

การศึกษาเปรียบเทียบสมบัติโลหะเชื่อมพอกแข็งบนเหล็กกล้าแรงไฟ เกรด 900 ด้วยลวดหุ้มฟลักซ์ H450R และ E120-18G

ธงชัย เครือผือ^{1*}

Thongchai010426@Gmail.com

^{1*} สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

Received	: 4-Nov-2019
Revised	: 8-Jan-2020
Accepted	: 9-Jan-2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบสมบัติโลหะเชื่อมพอกแข็งบนเหล็กกล้าแรงไฟเกรด 900 ด้วยลวดหุ้มฟลักซ์ 2 ชนิด คือ ลวดเชื่อมชนิด H450R และชนิด E120-18G ผลจากการทดลองเชื่อมด้วยลวดเชื่อมชนิด H 450R ตรวจสอบด้วยน้ำยาแทรกซึม พบว่า มีรอยแตกบริเวณผิวหน้ารอยเชื่อมความยาวประมาณ 1-3 มิลลิเมตร ซึ่งรอยแตกเกิดขึ้นบริเวณจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดรอยเชื่อม และจากการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมชนิด E120-18G รอยเชื่อมมีลักษณะสมบูรณ์ อีกทั้งโครงสร้างจุลภาคบริเวณรอยเชื่อม (WZ) จากการเชื่อมด้วยลวดเชื่อม H450R เกิดรอยแตกร้าวและโพรงอากาศขนาดความกว้างเฉลี่ย 50-600 ไมครอน และโครงสร้างบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากความร้อน (HAZ) เป็นมาร์เทนไซต์แบบเข็มซึ่งมีลักษณะเปราะและแข็ง จึงสามารถสรุปได้ว่าการเชื่อมด้วยลวดเชื่อม H450R ไม่เหมาะสมสำหรับการเชื่อมพอกผิวแข็งแรงไฟเกรด 900 อย่างไรก็ตามจากการเชื่อมด้วยลวดเชื่อม E120-18G ไม่พบรอยแตกร้าวหรือโพรงอากาศในรอยเชื่อม และมีลักษณะโครงสร้างแบบเฟอร์ไรต์ผสมกับโครงสร้างแบบเบนไนต์ ซึ่งส่งผลให้มีความต้านทานแรงดึงและการรับแรงสั่นสะเทือนได้ดี

คำสำคัญ: แรงไฟเกรด 900 การเชื่อมพอกแข็ง ลวดเชื่อม H450R และลวดเชื่อม E120-18M

Comparative Study of Hard-facing Weld Metal Properties on Grade 900 Railway Steel using H450R and E120-18G SMAW Electrodes

Thongchai Khruaphue^{1*}
Thongchai010426@Gmail.com^{1*}

^{1*} Program in Production Technology, Faculty of Agricultural and Industrial Technology, Phetchabun Rajabhat
University

Received	: 4-Nov-2019
Revised	: 8-Jan-2020
Accepted	: 9-Jan-2020

Abstract

This research aimed to comparative study of hard-facing weld metal properties that were produce on grade 900 Railway Steel using H450R and E120-18G SMAW Electrodes. The experimental results were as following. The penetration test results showed that the cracks with 1-3 mm in length were clearly found on the welding surface at the start and finish point on the weld bead surface. However, the crack could not be found when the penetration test was conducted on the welding bead surface of the hard-facing weld metal that produced by E120-18G SMAW electrode. Microstructure of a welding zone (WZ) showed the crack and pore that was about 50-600 micron in length was found when H450R electrode was applied. Furthermore, the sound weld metal could be produced when E120-18G electrode was applied and showed the existence of pearlite and bainite phases in the weld which implied to indicate high tensile strength and vibration absorption.

Keywords: 900 Grade Railway, Hard-facing Welding, Electrode Types H450R, E120-18G.

1. บทนำ

ปัจจุบันนี้ระบบการขนส่งทางบกภายในประเทศมีความสำคัญเป็นอย่างมาก แต่ที่กำลังได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง คือ ระบบการขนส่งทางรางหรือทางรถไฟ ซึ่งเป็นระบบการขนส่งหลักเกี่ยวกับเครื่องอุปโภคบริโภคที่จำเป็นกับมนุษย์ทั้งประเทศ และอื่นๆ ระบบการขนส่งด้วยรถไฟมีข้อดี คือ ขนส่งได้ครั้งละจำนวนมากๆ มีความปลอดภัย ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย [1,2] อย่างไรก็ตามจากความนิยมใช้รถไฟในการขนส่งก็มีปัญหาตามมาเช่นกัน ซึ่งเป็นปัญหาในเรื่องของน้ำหนักตัวรถไฟรวมกับน้ำหนักในการบรรทุกสิ่งของ น้ำหนักที่มหาศาลนี้ส่งผลกระทบต่อรางรถไฟจากการลงพื้นที่ที่สอบถามกองบำรุงทางเขตขอนแก่น การรถไฟแห่งประเทศไทย พบว่า ผิวหน้ารางรถไฟมีลักษณะของการสึกหรอ ซึ่งเกิดจากการเสียดสีระหว่างล้อรถไฟกับผิวหน้ารางในขณะการเบรคและการออกตัวของรถไฟ [3,4] ด้วยน้ำหนักที่มากนี้ทำให้ตัวของรถไฟต้องใช้แรงฉุดลากที่มากทำให้เกิดการเสียดสีบริเวณผิวหน้ารางรถไฟจนเกิดเป็นรอยสึกหรอ [5] มีความยาวจากการวัดโดยเฉลี่ยประมาณ 5-8 เซนติเมตร ลึกประมาณ 2-4 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 1 (วงรี) ซึ่งรอยสึกหรอนี้หากไม่ทำการซ่อมแซมเมื่อใช้งานไปนานๆ จะเกิดการแตกร้าวจากการสั่นสะเทือนขณะรถไฟวิ่งผ่านซ้ำๆ จนนำไปสู่การเปลี่ยนรางรถไฟใหม่ซึ่งทำให้มีค่าใช้จ่ายสูง และต้องใช้เวลาในการสั่งซื้อรางรถไฟเป็นเวลานาน

การเชื่อมพอกผิวแข็งเป็นอีกหนึ่งวิธีที่ช่วยในการซ่อมแซม [6] ซึ่งประหยัดค่าใช้จ่ายมากกว่าการเปลี่ยนรางรถไฟใหม่ งานวิจัยนี้นำเอากระบวนการเชื่อมด้วยลวดหุ้มฟลักซ์มาใช้ในการทดลอง [7] เป็นกระบวนการเชื่อมโดยใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ไม่มีความซับซ้อน ราคาไม่แพง เครื่องเชื่อมมีลักษณะเล็กเหมาะสำหรับงานภาคสนาม สามารถเชื่อมวัสดุได้หลากหลายประเภท อย่างไรก็ตามการเลือกใช้ลวดเชื่อมที่เหมาะสมมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากธาตุที่ผสมในลวดเชื่อมจะส่งผลโดยตรงกับเหล็กกล้ารางรถไฟหลังจากการเชื่อม ซึ่งรางรถไฟนี้มีส่วนผสมของธาตุคาร์บอนและธาตุแมงกานีสเป็นจำนวนมาก [7,8] ต้องพึงระวังในการเชื่อมเพราะความร้อนที่สะสมในระหว่างการเชื่อมอาจส่งผลให้รอยเชื่อมเกิดการแตกร้าว [4] ดังนั้นจึงควรพิจารณาเลือกลวดเชื่อมจากสมบัติของลวดเชื่อมให้ใกล้เคียงกับสมบัติรางรถไฟใน

งานวิจัยนี้นำเอาลวดเชื่อมประเภทเหล็กกล้ามาใช้ในการทดลอง ซึ่งจะเป็นการเปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมรางรถไฟของลวดเชื่อม 2 ชนิด คือ ลวดเชื่อมเหล็กกล้าทนแรงดึงสูง E120-18G มีความสามารถในการทนต่อแรงกระแทกและลวดเชื่อมเหล็กกล้าพอกผิวแข็ง H450R มีความสามารถในการทนต่อแรงดึงสูง



รูปที่ 1 รอยสึกหรอบนผิวหน้ารางรถไฟ

2. วัสดุและวิธีการ (Materials and Methods)

วัสดุที่ใช้ในการทดลองเชื่อม ได้รับความอนุเคราะห์จากกองบำรุงทางเขตขอนแก่น การรถไฟแห่งประเทศไทย เป็นรางรถไฟที่ประเทศไทยใช้ในปัจจุบันเกรด 900 ตามมาตรฐาน UIC 1986 [9,10] ซึ่งมีส่วนผสมทางเคมีดังตารางที่ 1 ค่าความต้านทานแรงดึง 880-1,030 N/mm² และมีค่าความแข็งในบริเวณผิวหน้าราง 276-328 HV [4,10,11]

ตารางที่ 1 ส่วนผสมทางเคมีรางรถไฟ (wt. %).

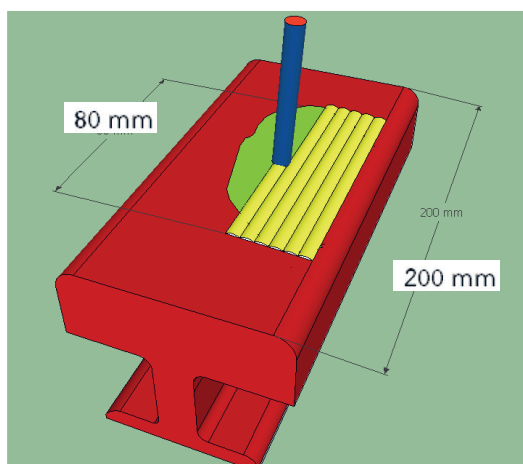
ส่วนผสม	C	Si	Mn	P	S
เกรด 900	0.60 — 0.80	0.10 — 0.50	0.80 — 1.30	≤0.04	≤0.04

งานวิจัยนี้ทดลองโดยใช้ลวดเชื่อมตามมาตรฐาน AWS ชนิด E120-18G ซึ่งให้ค่า ความแข็งของรอยเชื่อมหลังการเชื่อม 301 HV และลวดเชื่อมชนิด H450R ที่ค่าความแข็งของรอยเชื่อมหลังการเชื่อม 442 HV [1] ซึ่งมีส่วนผสมทางเคมีดังตารางที่ 2 ทำการตัดชิ้นงานทดลองเชื่อมขนาดความยาว 20 เซนติเมตร เชื่อมเรียงแนว 1 ชั้น ระยะเกยแต่ละแนวเชื่อมประมาณ 1/3 ดังรูปที่ 2 ทดลองเชื่อม 3 ซ้ำ จำนวน 6 ชิ้น

ตารางที่ 2 ส่วนผสมทางเคมีลวดเชื่อม (wt. %).

ส่วนผสม	C	Si	Mn	Mo	Cr
H450R	0.20	0.20	0.70	1.00	4.00
E120-18G	0.08	0.44	1.40	0.42	0.25

งานวิจัยนี้ทำการเชื่อมโดยช่างเชื่อมที่ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติระดับ 1 ใช้กระบวนการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ ซึ่งเป็นกระบวนการเชื่อมอาร์ก จากอิเล็กตรอนขั้วลบ (-) โหลดเข้าหาขั้วบวก (+) ทำให้เกิดการอาร์กกระหว่างผิวชิ้นงานกับปลายลวดเชื่อมเกิดเป็นบ่อหลอม อุณหภูมิประมาณ 1,100 ถึง 1,500 องศาเซลเซียส [12] ลวดเชื่อมหลอมละลายเติมเนื้อโลหะผสมกับผิวหน้ารางรถไฟ ดังรูป 2 เชื่อมเรียงแนว เต็มรอยลึกหรือ (จากการวัดโดยเฉลี่ย 5-8 เซนติเมตร และลึกประมาณ 2-4 มิลลิเมตร) ใช้กระแสไฟเชื่อม 130 แอมป์ [1] ชนิดกระแส DCEP ลวดเชื่อมขนาด 3.2 มิลลิเมตร ก่อนทำการเชื่อมอุ่นชิ้นงานที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที [13] ด้วยแก๊สออกซิเจน-อะเซทิลีน (เปลวไฟคาร์บูไรซิง) เพื่อให้ความร้อนกระจายอย่างสม่ำเสมอในบริเวณผิวหน้ารางรถไฟ ทำการวัดอุณหภูมิด้วยเครื่องตรวจสอบแบบอินฟราเรดชนิด K



รูปที่ 2 แบบจำลองการเชื่อมพอกแข็งบนเหล็กกล้ารางรถไฟ

หลังจากทำการเชื่อมแต่งผิวหน้าให้เรียบเสมอผิวรางด้วยการเจียรไน, ตรวจสอบผิวหน้ารอยเชื่อมด้วยน้ำยาแทรกซึม (PT) ตามมาตรฐาน ISO 3452 ตรวจสอบโครงสร้างมหภาค (Macrostructure) ด้วยกล้องถ่ายภาพ ดิจิทัล และทำการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค (Microstructure) ด้วยกล้องจุลทรรศน์ แบบใช้แสง (Optical microscope) ซึ่งการเตรียมชิ้นงานตรวจสอบโครงสร้างโดยการขัดเตรียมผิวด้วยเครื่องขัดผิวโลหะ ใช้กระดาษทรายเบอร์ 150-1,200 หลังจากนั้นทำการขัดผิวหน้าบนผ้าสักหลาด ซึ่งมีผงขัดอะลูมินาผสมกับน้ำ ผงอะลูมินาใช้ความละเอียด 1 ไมครอน และผ่านการกัดด้วยกรด (ประกอบด้วยกรดไนตริก 5% แอลกอฮอล์ 20%) [2] เป็นเวลาประมาณ 3 ถึง 5 วินาที เป่าให้แห้งด้วยลมร้อน หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ผลเพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องในบริเวณรอยเชื่อม (WZ) และบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากความร้อน (HAZ)

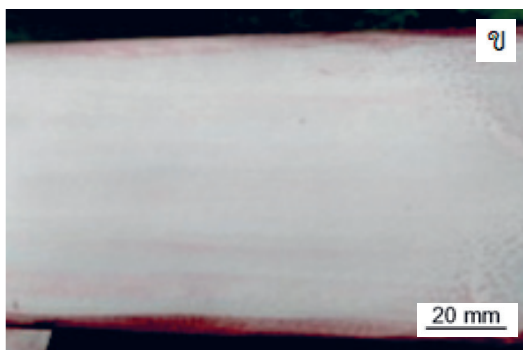
3. ผลการศึกษา (Results)

3.1 การตรวจสอบรอยเชื่อมด้วยน้ำยาแทรกซึม (PT)

น้ำยาแทรกซึมมีความสามารถในการแทรกซึมเข้าในรอยแตกที่มีขนาดเล็กมากในระดับไมครอนซึ่งมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า โดยจากการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมชนิด H450R พบรอยแตกบริเวณผิวหน้ารอยเชื่อมดังรูปที่ 3ก. (วงรี) มีความยาวโดยเฉลี่ย 1-3 มิลลิเมตร ซึ่งรอยแตกเกิดขึ้นจากการหดตัวของเนื้อเชื่อมบริเวณจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดรอยเชื่อม และจากการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมชนิด E120-18G ดังรูปที่ 3ข. รอยเชื่อมมีลักษณะสมบูรณ์ ไม่พบรอยแตกร้าวหรือไม่มีโพรงอากาศเกิดขึ้นบนผิวหน้ารอยเชื่อม



ก. ลวดเชื่อมชนิด H450R



ข. ลวดเชื่อมชนิด E120-18G

รูปที่ 3 การตรวจสอบรอยเชื่อมด้วยน้ำยา
แทรกซึม (PT)



ก. ลวดเชื่อมชนิด H450R

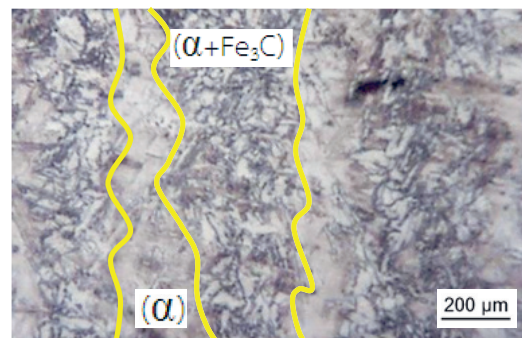


ข. ลวดเชื่อมชนิด E120-18G

รูปที่ 4 การตรวจสอบโครงสร้างมหภาค

3.2 การตรวจสอบโครงสร้างมหภาค

โครงสร้างมหภาค ดังรูปที่ 4ก. และ รูปที่ 4 ข. จากการเชื่อมด้วยลวดเชื่อม E120-18G ทั้งในบริเวณรอยเชื่อม (WZ) และบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากความร้อน (HAZ) มีลักษณะของการเชื่อมลวดเชื่อม 18 มิลลิเมตร ซึ่งมากกว่าจากการเชื่อมด้วยลวดเชื่อม H450R ที่มีการเชื่อมลวดเชื่อม 10 มิลลิเมตร เนื่องจากอิทธิพลของธาตุคาร์บอนที่มากจะส่งผลต่อการเย็นตัวของรอยเชื่อมอย่างรวดเร็ว ทำให้มีการเชื่อมลวดที่น้อยตามไปด้วย [14] ความสามารถในการเชื่อมที่ดีทำให้รอยเชื่อมมีความแข็งแรงและทนต่อการสึกหรอ อย่างไรก็ตามจากการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมทั้ง 2 ชนิด ไม่พบรอยแตกร้าวหรือโพรงอากาศด้วยตาเปล่า

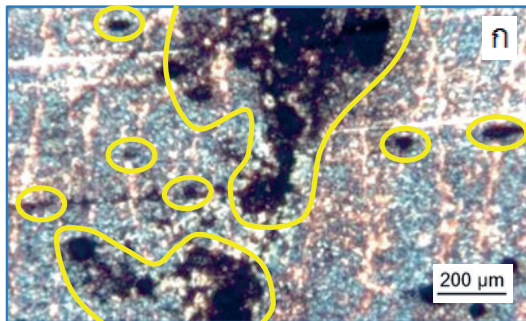


รูปที่ 5 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคบริเวณเนื้อโลหะเดิม (BM)

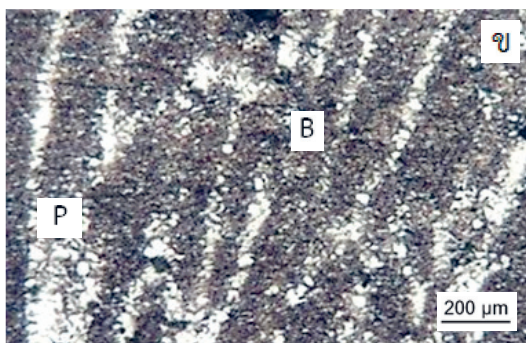
3.3 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค

โครงสร้างจุลภาคบริเวณเนื้อโลหะเดิม ของเหล็กกล้าแรงรถไฟเกรด 900 ดังรูปที่ 5 ประกอบไปด้วยโครงสร้างแบบเพิร์ลไลต์ ($\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$) ประมาณร้อยละ 95 โดยน้ำหนัก (สีดำสลับสีขาว) ซึ่งใช้วิธีการลากเส้นตัดผ่าน (Intercept Method) ตามมาตรฐาน ASTM บริเวณที่เป็นสีขาว คือ เฟสเฟอร์ไรต์ (α) และสีดำ คือ เฟสซีเมนไทต์ (Fe_3C) [14,15] โครงสร้างราง

รถไฟชนิดนี้ มีสมบัติทางกลด้านความแข็งแรงและความต้านทานแรงดึงสูงมาก และมีความสามารถในการเชื่อมต่อที่ดี [9]



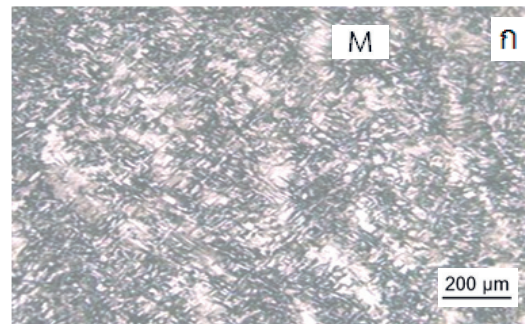
ก. ลวดเชื่อมชนิด H450R



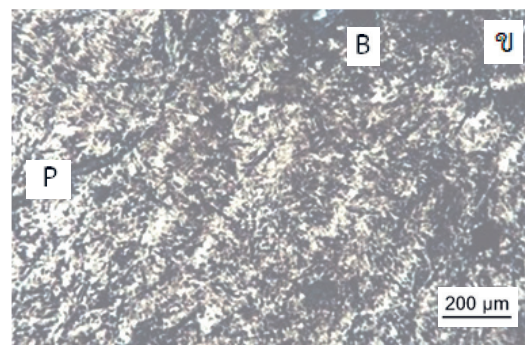
ข. ลวดเชื่อมชนิด E120-18G

รูปที่ 6 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคบริเวณรอยเชื่อม (WZ)

โครงสร้างจุลภาคบริเวณรอยเชื่อม (WZ) มีลักษณะหยาบซึ่งประกอบไปด้วยโครงสร้างแบบเพิร์ลไลต์ (Pearlite: P) ที่เกิดจากการเย็นตัวอย่างช้าๆ ผสมกับโครงสร้างแบบเบนไนต์ (Bainite: B) ที่มีบางส่วนเย็นตัวอย่างรวดเร็ว การเชื่อมด้วยลวดเชื่อม H450R เกิดรอยแตกกว้างเฉลี่ย 50-600 ไมครอน และเกิดโพรงอากาศขนาดเฉลี่ย 20-50 ไมครอน ดังรูปที่ 6ก. จึงสามารถสรุปได้ว่าจากการเชื่อมด้วยลวดเชื่อม H450R ไม่เหมาะสมสำหรับการเชื่อมพอกผิวเชิงรางรถไฟเกรด 900 และจากการเชื่อมด้วยลวดเชื่อม E120-18G ไม่พบรอยแตกหรือโพรงอากาศเกิดขึ้นบนผิวหน้ารอยเชื่อม ดังรูปที่ 6ข.



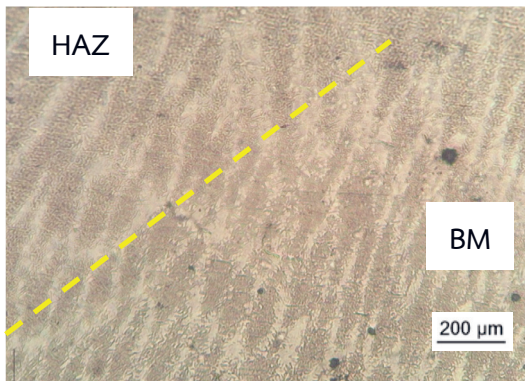
ก. ลวดเชื่อมชนิด H450R



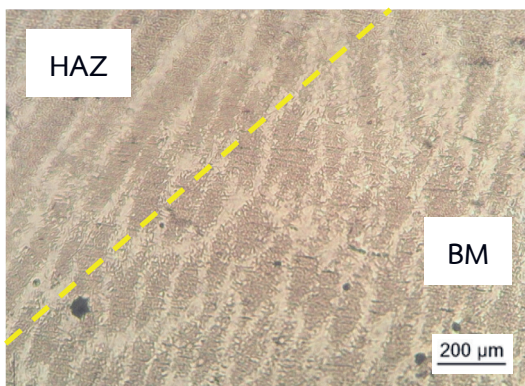
ข. ลวดเชื่อมชนิด E120-18G

รูปที่ 7 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากความร้อน (HAZ)

โครงสร้างจุลภาคบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากความร้อน (HAZ) จากการเชื่อมด้วย ลวดเชื่อมทั้ง 2 ชนิดประกอบไปด้วยเฟส เพอร์ไรต์ (สีขาว) ผสมกับโครงสร้างแบบ มาร์เทนไซต์ (สีดำ) กระจายสม่ำเสมอ ซึ่งเป็นผลมาจากบริเวณนี้มีลักษณะการเย็นตัวอย่างรวดเร็ว และจากการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมชนิด H450R ดังรูปที่ 7ก. มีลักษณะของโครงสร้างแบบมาร์เทนไซต์แบบเข็มเกิดขึ้นมากกว่าการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมชนิด E120-18G ซึ่งโครงสร้างมาร์เทนไซต์แบบเข็มนี้นำมาซึ่งค่าความแข็งแรงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ส่งผลให้เหล็กรางรถไฟเสี่ยงต่อการแตกหักหลังจากการเชื่อมเมื่อเปรียบเทียบกับโครงสร้างจุลภาคที่ทำการเชื่อมด้วยลวดเชื่อม E120-18G ดังรูปที่ 7ข. พบลักษณะโครงสร้างแบบเพิร์ลไลต์ผสมกับโครงสร้างแบบเบนไนต์ ส่งผลให้มีค่าความต้านทานแรงดึงและการรับแรงล้นสะท้อน ได้ดีกว่า [1]



รูปที่ 8 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคบริเวณ ที่ได้รับอิทธิพลจากความร้อน (HAZ) กับบริเวณรอยเชื่อม (WZ) ของลวดเชื่อม H450R



รูปที่ 9 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคบริเวณ ที่ได้รับอิทธิพลจากความร้อน (HAZ) กับบริเวณรอยเชื่อม (WZ) ของลวดเชื่อม E120-18G

รูปที่ 8 และ 9 แสดงโครงสร้างจุลภาคบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากความร้อน (HAZ) กับบริเวณรอยเชื่อม (WZ) จากการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมทั้ง 2 ชนิด ประกอบไปด้วยเฟส เฟอร์ไรต์ (สีขาว) ผสมกับโครงสร้างแบบ มาร์เทนไซต์ (สีดำ) กระจายสม่ำเสมอ [1] ซึ่งเป็นลักษณะของการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจากเกรนหยาบบริเวณเนื้อโลหะเดิมเป็นเกรนละเอียดในบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากความร้อน อย่างไรก็ตามการตรวจสอบ พบว่า การเชื่อมด้วยลวดเชื่อมชนิด E120-18G เกิดเป็นโครงสร้างแบบเพิร์ลไลต์ ($\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$) ผสมกับโครงสร้างแบบเบนไนต์ ซึ่งส่งผลให้บริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากความร้อนของลวดเชื่อมแบบ E120-18G

มีค่าความต้านทานแรงดึงและการรับแรงสั่นสะเทือนได้ดีกว่าจากการเชื่อมด้วยลวดเชื่อม H450R ที่มีโครงสร้างแบบมาเทนไซต์แบบเข็ม [2]

4. วิจัยรณผล (Discussion)

การเชื่อมพอกผิวแข็งด้วยลวดเชื่อม แต่ละชนิดให้สมบัติรอยเชื่อมที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อโครงสร้างทางโลหวิทยาและสมบัติทางกลในรอยเชื่อม [14] โดยเฉพาะธาตุผสมใน ลวดเชื่อม เช่น คาร์บอน ซิลิกอน และแมงกานีส ทำให้คุณสมบัติของเหล็ก ($\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$) เปลี่ยนเป็นเหล็กคาร์ไบด์ (Fe_3C) จากความร้อนการเชื่อม [5,14] เหล็กจึงมีลักษณะที่แข็งมากขึ้น และเป็นสาเหตุของการสะสมความเค้นตกค้างในรอยเชื่อม [15] ทำให้รอยเชื่อมแตกร้าจากการหดตัว รอยแตกรนี้ส่งผลต่อการสั่นสะเทือนขณะรถไฟวิ่งผ่านในลักษณะของความล้า (Fatigue) จนขยายเป็นรอยแตกตลอดหน้าตัดรางรถไฟ [2,16] ดังพบได้จากการตรวจสอบพบรอยแตกร้าบริเวณผิวหน้าแนวเชื่อมด้วยการตรวจสอบด้วยน้ำยาแทรกซึม นอกจากนั้นการเกิดการแตกร้าที่ตำแหน่งเหล่านี้เกิดขึ้นได้เนื่องจากอัตรา การเย็นตัวที่เร็วเกินไปของโลหะเชื่อมที่เกิดขึ้นภายใต้ ปริมาณฟลักซ์ที่น้อย และในบริเวณจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดรอยเชื่อม [4] เป็นสาเหตุมาจากบริเวณดังกล่าวมีฟลักซ์ ปกคลุมหลังจากการอาร์กเชื่อมน้อย ทำให้บริเวณดังกล่าวมีลักษณะการเย็นตัวอย่างรวดเร็ว [13,17] เนื่องจากฟลักซ์ที่หุ้มลวดเชื่อม H450R มีลักษณะบางกว่าลวดเชื่อม E120-18G

การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคปัจจัยที่ทำให้เกิดรอยแตกและโพรงอากาศ จากการเชื่อมด้วยลวดเชื่อม H450R เกิดจากปริมาณของธาตุคาร์บอนในลวดเชื่อมที่มีอยู่มากถึงร้อยละ 0.20 โดยน้ำหนัก ซึ่งเมื่อธาตุคาร์บอนหลอมละลายเข้ากับรอยเชื่อมทำให้รอยเชื่อมมีพฤติกรรมการเย็นตัวที่รวดเร็ว [14] อีกทั้งมีปริมาณของไฮโดรเจนสะสมมากเกิดความเค้นตกค้างในรอยเชื่อมระหว่างการเย็นตัว [8,17] นอกจากนั้นการเกิดการแตกร้าที่ตำแหน่งนี้สามารถเกิดขึ้นได้เนื่องจากอัตราการเย็นตัวที่เร็วเกินไปของโลหะเชื่อม ขณะที่ลวดเชื่อม E120-18G มีปริมาณธาตุคาร์บอนเพียงร้อยละ 0.08 โดยน้ำหนัก

5. สรุปผล (Conclusion)

งานวิจัยนี้ได้เลือกลวดเชื่อมชนิด H450R และลวดเชื่อมชนิด E120-18G เพื่อเปรียบเทียบให้เห็นถึงความสามารถในการเชื่อมพอกผิวแข็งรางรถไฟเกรด 900 จากกระบวนการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ รอยแตกที่เกิดขึ้นจากการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมชนิด H450R ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนผสมอยู่มาก ถึงร้อยละ 0.20 โดยน้ำหนัก เมื่อธาตุคาร์บอนหลอมละลายเข้า กับรอยเชื่อมทำให้รอยเชื่อมมีพฤติกรรมการเย็นตัวที่ รวดเร็ว ในขณะที่ลวดเชื่อม E120-18G มีปริมาณธาตุ คาร์บอนเพียงร้อยละ 0.08 โดยน้ำหนัก ซึ่งส่งผลน้อย มากในกระบวนการทางความร้อนหลังจากการเชื่อม อีกทั้งการเย็นตัวอย่างช้าๆ ก่อให้เกิดโครงสร้างแบบ เฟอร์ไรต์ผสมกับโครงสร้างแบบเบนไนต์ในรอยเชื่อม พอกแข็งบนเหล็กกล้ารางรถไฟ

6. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีการ ผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยี อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่ สนับสนุนงบประมาณ และสาขาวิชาวิศวกรรมการ เชื่อม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่ให้ การสนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ในการดำเนินงาน วิจัย รวมไปถึงขอขอบคุณนายพิชัย วัฒนศรีมงคล วิศวกรกำกับการกองบำรุงทางเขตขอนแก่น การรถไฟ แห่งประเทศไทย และ ผศ.ดร.ประกาศ เมืองจันทร์บุรี ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรม ศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ช่วยเหลือในด้าน ข้อมูลความรู้เกี่ยวกับรางรถไฟและวัสดุ รางรถไฟใน งานวิจัยนี้

7. เอกสารอ้างอิง (References)

[1] Chanpahal A. The Study of metallurgy structure of 5 0 -pound sized of railway hard surfacing welding by shielded metal arc welding process. KKU RESEARCH JOURNAL (GRADUATE STUDIES). 2019; 19(3): 28-35. (in Thai).

[2] Kenchi Reddy KM, Jayadeva CT. Abrasive wear behavior of hardfaced fe-cr-c alloy and mild steel under two body

conditions. Global Journal of Engineering Science and Researches. 2015; 2(4): 32-40. (in India).

[3] Sladojevic B, et al. New requirements for the quality of steel rails. Association of Metallurgical Engineers of Serbia. 2011; 17(4): 213-9.

[4] Byeong-Choo C, Young-Jin L. Railway vehicle wheel restoration by submerged arc welding and its characterization. Advanced Railroad Vehicle Division. Korea Railroad Research Institute. 2019; 1(25): 1-11. (in Korea).

[5] Kenchi Reddy KM, Jayadeva CT, Sreenivasan A. The effects of welding parameters on abrasive wear resistance for hardfacing alloys. Sri Krishna Institute of Technology. 2014; 3(4): 6-12. (in India).

[6] Chowda Reddy C, Kenchi Reddy KM, Jayadeva CT, Satish MS, Chandrashekar KM. Some studies on shielded metal arc welding hardfacing on mildsteel. Sri Krishna Institute of Technology. 2018; 7(7): 241-5. (in India).

[7] Morcillo M, De La Fuente D, Díaz I, Cano H. Atmospheric corrosion of mild steel. Revista De Metalurgia. 2011; 47(5): 426-44.

[8] Syahida N, et al. Influence of heat input on carbon steel microstructure. Advanced Materials Research Cluster. Universiti Malaysia Kelantan. Jeli. 2017; 12(8): 2689-97. (in Malaysia).

[9] UIC 860 Technical specification for the supply of rails. 9th ed. International Union of Railways. 2008. (in France).

[10] Vitez I, Krumes D, Vitez B, UIC- Recommendations for the USE of Rail Steel Grades. 2005; 44(2): 137-40.

[11] Markisha LI, Poznyakov VD, Gajvoronsky AA, Berdinkova EN, Alekseenko TA. Structure and properties of railway

- wheel surface after restoration surfacing and service loadin. Paton Weld. 2015; (5-6): 96-100.
- [12] Sloderbach Z, Pajak J. Determination of ranges of components of heat affected zone including changes of structure. Archives of Metallurgy and Materials. 2015; 60(4): 2607-12.
- [13] Fydrych D, Rogalski G. Effect of shielded-electrode wet welding conditions on diffusion hydrogen content in deposited metal. Welding International. 2011; 3: 166-71.
- [14] Buchanan VE, Shipway PH, McCartney DG. Microstructure and abrasive wear behavior of shielded metal arc welding hard-facings used in the sugarcane industry. University of Technology, Jamaica, West Indies. Wear 263. 2007; 99-110.
- [15] Nasir NSM, Razab MKAA, Mamat S, Ahmad MI. Review on welding residual stress. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2016; 11(9): 6166-75.
- [16] Kenchi reddy KM, Jayadeva CT. A study on microstructure and abrasive wear behavior of Fe-Cr-C based hard facing alloys deposited by smaw processes. 2014; 3: 344-9.
- [17] Fydrych D, Labanowski J, Rogalski G. Weldability of high strength steels in wet welding conditions. Gdansk University of Technology. Poland. 2013; 20: 67-73.

