



การศึกษาโครงสร้างทางโลหะวิทยาของการเชื่อมพอกผิวแข็งรางรถไฟขนาด 50 ปอนด์ โดยกระบวนการเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

The Study of Metallurgy Structure of 50-Pound Sized of Railway Hard Surfacing Welding by Shielded Metal Arc Welding Process

เอราวัณ ชาญพหล (Arawan Chanpahal)^{1*}

(Received: July 26, 2018; Revised: September 17, 2018; Accepted: September 22, 2018)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาโครงสร้างทางโลหะวิทยาโดยการเชื่อมพอกผิวแข็งรางรถไฟ จากการเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ ใช้วัสดุในการทดลองเป็นรางรถไฟขนาด 50 ปอนด์ มีตัวแปรที่สำคัญ 2 ตัว คือ ลวดเชื่อมพอกผิวแข็งที่ใช้ในการทดลองเชื่อมชนิด HF 350R และ HF 450R ซึ่งหลังจากการเชื่อมทำการตรวจสอบผิวหน้ารอยเชื่อมไม่มีข้อบกพร่องใดๆ ปรากฏบริเวณผิวหน้ารอยเชื่อม แต่พบว่ามีเม็ดโลหะเล็กๆ กระจายอยู่ทั่วผิวหน้ารอยเชื่อมของทั้งสองตัวแปร จากการตรวจสอบโครงสร้างมหภาคไม่มีข้อบกพร่องหรือรูพรุนในบริเวณรอยเชื่อม บริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากความร้อนจากการเชื่อมโดยใช้ลวดเชื่อมชนิด HF 350R มีลักษณะของการแผ่ความร้อนเป็นบริเวณกว้างน้อยกว่าจากการเชื่อมโดยใช้ลวดเชื่อมชนิด HF 450R และจากการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคที่ผ่านการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมแบบ HF 450R มีลักษณะของโครงสร้างที่ละเอียดมากกว่าจากการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมชนิด HF 350R ในบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากความร้อนประกอบไปด้วยเฟสเฟอร์ไรต์ผสมกับโครงสร้างแบบมาร์เทนไซต์ โดยเกิดขึ้นมากที่สุดจากการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมชนิด HF 450R จากการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคไม่พบรอยแตกและรูพรุนในบริเวณรอยเชื่อม

ABSTRACT

This study was focused on metallurgy structure by railway hard surfacing welding process from shielded metal arc welding (SMAW). The material in the study was 50-pound sized railway. The two major variables were hard surfacing electrodes: HF 350R and HF 450R. After welding experiment, there was no crack appearing on welding surface. However, small metal particles scattered distribution the surface of the welds of two variables. From macroscopic examination of metals, there were no crack or porosity in the welding zone. In heating influenced area of welding with HF 350R welding rod, the thermal radiation was less than welding with HF 450R. From microscopic examination of metals with HF 450R rod, the structure was clearer than welding with HF 350R. In the heating area, it consisted of ferrite mixed with martensite structures which mostly occurred from welding with HF 450R rod. From microscopic examination of metals, there were no crack or porosity in welding zone.

คำสำคัญ: การเชื่อมพอกผิวแข็งรางรถไฟขนาด 50 ปอนด์ การเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

Keywords: 50-Pound sized of railway hard surfacing welding, Shielded metal arc welding.

¹Correspondent author: Arawan2519@Hotmail.com

*อาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

บทนำ

ในปัจจุบันนี้การคมนาคมขนส่งเป็นเรื่องสำคัญที่ทั่วโลกกำลังให้ความสนใจ เนื่องจากระบบการคมนาคมขนส่งที่มีประสิทธิภาพนั้นต้องอาศัยความพร้อมในทุกๆ ด้าน ซึ่งมี 3 ทางสำคัญคือ ทางน้ำ ทางบก และ ทางอากาศ ในแต่ละทางนั้นก็มีความสำคัญแตกต่างกันออกไป หากจะกล่าวถึงระบบการขนส่งภายในประเทศที่ได้รับความนิยมทั้งในเรื่องของความรวดเร็ว ปลอดภัย ขนส่งได้ในปริมาณมากและประหยัดค่าใช้จ่ายนั้นคงหนีไม่พ้นการขนส่งด้วยรถไฟ กระบวนการขนส่งนี้ถือได้ว่าเป็น การขนส่งทางบกที่มีการยอมรับเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นการขนส่งคน สัตว์ สิ่งของต่างๆ หรืออื่นๆ สามารถขนส่งได้ในปริมาณมากโดยเฉพาะการขนส่งในระยะทางไกลและประหยัดค่าใช้จ่ายเมื่อเทียบกับการขนส่งด้วยวิธีอื่นๆ

จากลักษณะประโยชน์ของการคมนาคมขนส่งโดยใช้รถไฟที่มีอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน ผู้วิจัยได้ทำการลงพื้นที่เพื่อศึกษาปัญหาที่มีผลกระทบหลังจากการใช้รถไฟในการคมนาคมขนส่ง พบว่าในระบบการขนส่งโดยใช้รถไฟนั้นมีหลายลักษณะ เช่น การขนส่งผู้โดยสารโดยสารรถไฟแบบปกติที่มีจำนวนตู้รถไฟหลายตู้พ่วงกัน การขนส่งก๊าซหรือน้ำมันในจำนวนหลายโบกี้ การขนส่งสิ่งของตู้คอนเทนเนอร์จำนวนหลายๆ ตู้ทำให้มีน้ำหนักในการบรรทุกแต่ละครั้งเป็นจำนวนมาก ซึ่งน้ำหนักเหล่านี้ส่งผลไปยังตัวของรถไฟและระบบรางที่ต้องรองรับน้ำหนักทั้งหมดของรถไฟ [1] ข้อมูลจากพิชัย วัฒนศรีมงคล วิศวกรกำกับการกองบำรุงทางเขตขอนแก่น การรถไฟแห่งประเทศไทย ได้ชี้ให้เห็นว่าความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการใช้งานของรางรถไฟนั้นโดยส่วนมากแล้วจะเกิดขึ้นกับแนวเชื่อมต่อรางและผิวหน้าของรางไฟที่สัมผัสกับล้อ [2] มีลักษณะการสึกหรอคล้ายกับร่องบริเวณผิวรางรถไฟ (วงรี) ดังภาพที่ 1 ปัญหาดังกล่าวเกิดจากอัตราความเร็วของรถไฟขณะเคลื่อนที่ออกจากสถานีหรือบริเวณทางขึ้นภูเขา ที่จะต้องใช้แรงในการผลักดันตัวรถไฟทั้งขบวน แม้ว่าข้อกำหนดในการเร่งเครื่องขณะออกจากสถานีมีไว้ว่ามีอัตราเร่งเกินกำหนด แต่ก็กระทำได้ยากหากในขณะนั้นขบวนรถไฟมีปริมาณน้ำหนักที่มากก็ไม่สามารถที่จะเคลื่อนขบวนออกจากสถานีได้ ดังนั้นจึงต้องเพิ่มอัตราเร่งขึ้นไปเกินข้อกำหนดจึงเป็นปัญหาให้เกิดการฟร็อกของล้อขณะออกตัว จากปัญหาดังกล่าวทางกองบำรุงทางต้องเปลี่ยน รางรถไฟ เนื่องด้วยรางรถไฟที่เกิดความเสียหายจะเกิดการแตกในเวลาต่อมาเมื่อมีการรับน้ำหนักบ่อยครั้งจากการวิ่งของรถไฟ



ภาพที่ 1 การสึกหรอจากการเสียดสีของล้อกับผิวหน้ารางรถไฟ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำเอากระบวนการเชื่อมพอกผิวแข็งเข้ามาแก้ปัญหาและป้องกันการแตกของรางรถไฟ ซึ่งทำการศึกษาเบื้องต้นในการหาความเป็นไปได้ของการเชื่อมพอกผิวแข็งรางรถไฟ โดยใช้กระบวนการ



เชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ อันเนื่องมาจากการเชื่อมพอกผิวแข็งนี้เป็นการเติมเนื้อวัสดุที่ได้จากลวดเชื่อมสามารถปิดข้อบกพร่องบนผิวหน้ารางรถไฟ แต่ในขณะเดียวกันระหว่างทำการเชื่อมจะมีข้อจำกัดเรื่องของความร้อนก่อนและหลังการเชื่อม ความร้อนที่ถ่ายเทขณะทำการเชื่อมและการเย็นตัวหรือหดตัวของรอยเชื่อม ส่งผลให้เกิดการแตกร้าวหลังจากทำการเชื่อม อีกทั้งการเลือกลวดเชื่อมที่มีคุณสมบัติเหมาะสมก็เป็นเรื่องสำคัญยิ่งในกระบวนการเชื่อมพอกผิวแข็ง หลังจากการเชื่อมทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางโลหะวิทยาของรอยเชื่อมเพื่อเปรียบเทียบตัวแปรในการเชื่อมพอกผิวแข็งของรางรถไฟ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นในการเชื่อมพอกผิวแข็งรางรถไฟที่ไม่ส่งผลให้เกิดรอยแตกของรอยเชื่อม
2. เพื่อศึกษาโครงสร้างทางโลหะวิทยาของการเชื่อมพอกผิวแข็งรางรถไฟหลังจากการเชื่อม
3. เพื่อเปรียบเทียบผลของตัวแปรจากกระบวนการเชื่อมพอกผิวแข็งรางรถไฟ

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษากระบวนการเชื่อมพอกผิวแข็งรางรถไฟ จากการเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์โดยใช้วัสดุในการทดลองเป็นรางรถไฟขนาด 50 ปอนด์ ซึ่งเป็นชนิดของรางรถไฟที่ประเทศไทยยังมีการใช้งานในปัจจุบัน มีส่วนผสมทางเคมีดังตารางที่ 1 ทำเตรียมชิ้นงานทดลองขนาดความยาว 100 มิลลิเมตร ซึ่งจากการสำรวจพบว่าขนาดของร่องที่เกิดจากการสึกหรอมีความยาวสูงสุดไม่เกิน 80 มิลลิเมตร

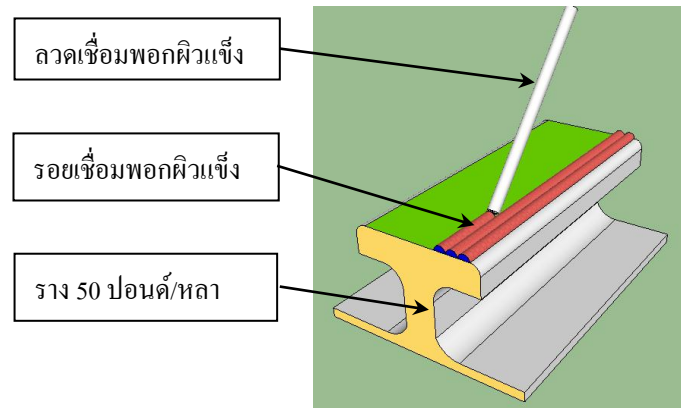
ตารางที่ 1 ส่วนผสมทางเคมีของเหล็กรางรถไฟและลวดเชื่อมพอกผิวแข็ง

ส่วนผสมเคมี	Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr
ราง 50 ปอนด์/หลา	Balance	0.25	0.03	0.70	0.09	0.08	-
ลวดเชื่อม HF 350R	Balance	0.16	0.43	1.32	-	-	1.45
ลวดเชื่อม HF 450R	Balance	0.2	0.2	0.7	-	-	4

ในการเชื่อมพอกผิวแข็งนี้มีตัวแปรที่สำคัญ 2 ตัว คือ ลวดเชื่อมพอกผิวแข็งที่ใช้ในการทดลองชนิด HF 350R และ HF 450R ขนาด 4 มิลลิเมตร ส่วนผสมทางเคมีดังตารางที่ 1 ซึ่งมีค่าความแข็งอยู่ที่ 319 HV และ 442 HV ตามลำดับ การเลือกลวดเชื่อมพอกผิวแข็งนี้เป็นเรื่องสำคัญต้องพิจารณาจากค่าความแข็งซึ่งไม่ให้มีความแข็งน้อยกว่าความแข็งของรางรถไฟ ซึ่งขนาดราง 50 ปอนด์/หลา มีความแข็งอยู่ที่ 272 HV และพิจารณาลวดเชื่อมที่มีความแข็งใกล้เคียงกับความแข็งของปลอกสักรถไฟซึ่งมีความแข็งอยู่ที่ 350 HV [3] เพื่อป้องกันการสึกหรอของล้อที่สัมผัสกับ รางรถไฟ

กระบวนการเชื่อมพอกผิวแข็งโดยใช้การเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ ทำการเชื่อมโดยช่างเชื่อมที่ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติระดับ 1 ซึ่งกระบวนการเชื่อมอาศัยหลักการอาร์กระหว่างลวดเชื่อม (Electrode) กับชิ้นงาน ดังภาพที่ 2 ทำการเชื่อมแบบเรียงซ้อนแนวให้เต็มผิวหน้ารางรถไฟ งานวิจัยนี้ทำการอุ่นชิ้นงานก่อนทำการเชื่อมที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส ด้วยแก๊สอะเซทิลีน+ออกซิเจน (เปลวไฟคาร์บูไรซิ่ง) ทำการวัดอุณหภูมิด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด ปรับกระแสไฟในการเชื่อมอยู่ระหว่าง 130 แอมป์ กระแสเชื่อมแบบ DCEN (ลวดเชื่อมเป็นขั้วลบ) ทำการเชื่อมเพื่อเปรียบเทียบตัวแปรอย่างน้อย 3 ขั้นตอนการทดลอง และทำการเลือกตัวอย่างนำเสนอ

ข้อมูลเพียง 1 ชั่วโมงทดลอง ซึ่งหลังจากการเชื่อมพอกผิวทำการเตรียมชิ้นงานเพื่อตรวจสอบผิวหน้ารอยเชื่อม โครงสร้างมหภาคและโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อม

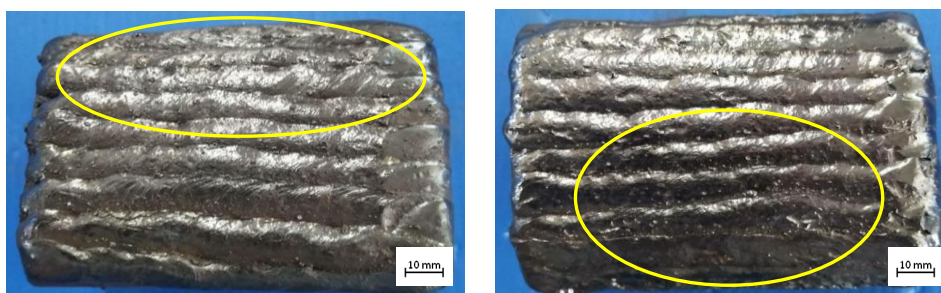


ภาพที่ 2 การจำลองลักษณะกระบวนการเชื่อมพอกผิวแข็งรางรถไฟ

ผลการวิจัย

1. การตรวจสอบผิวหน้ารอยเชื่อมจากการเชื่อมพอกผิวแข็งรางรถไฟ

จากการตรวจสอบผิวหน้ารอยเชื่อมด้วยแว่นขยายที่เกิดจากกระบวนการเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลัก โดยใช้ลวดเชื่อมพอกผิวแข็งชนิด HF 350R และ HF 450R พบว่า ไม่มีรอยแตกหรือรูพรุนปรากฏบริเวณผิวหน้า รอยเชื่อมและบริเวณจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดรอยเชื่อม รวมไปถึงระหว่างแนวเชื่อมแต่ละแนวไม่พบรอยแตกแต่พบว่ามีเม็ดโลหะเล็กๆ กระจายอยู่ทั่วผิวหน้ารอยเชื่อมของทั้งสองตัวแปร (วงรี) [4] จากภาพที่ 3 (ก) เป็นผิวหน้ารอยเชื่อมที่ผ่านการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมชนิด HF 350R จะเห็นว่าลักษณะผิวหน้ารอยเชื่อมมีความเรียบและสม่ำเสมอมากกว่า ภาพที่ 3 (ข) ซึ่งเป็นผิวหน้ารอยเชื่อมที่ผ่านการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมชนิด HF 450R



(ก)

(ข)

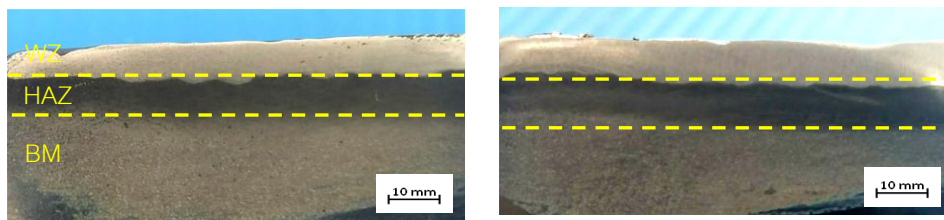
ภาพที่ 3 (ก) ผิวหน้ารอยเชื่อมจากการเชื่อมด้วยลวดเชื่อม HF 350R

(ข) ผิวหน้ารอยเชื่อมจากการเชื่อมด้วยลวดเชื่อม HF 450R



2. การตรวจสอบโครงสร้างมหภาคจากการเชื่อมพอกผิวแข็งรางรถไฟ

จากภาพที่ 4 เป็นการตรวจสอบโครงสร้างมหภาคจากการเชื่อมพอกผิวแข็งของรางรถไฟด้วยกล้องดิจิทัลกำลังขยาย 5 เท่า พบว่า จากการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมพอกผิวแข็งชนิด HF 350R และ HF 450R ไม่มีรอยแตกหรือรูพรุนในบริเวณรอยเชื่อม (WZ) และบริเวณ ที่ได้รับอิทธิพลจากความร้อน (HAZ) บริเวณชั้นระหว่างรอยเชื่อมกับบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากความร้อนรอยเชื่อมมีการประสานกันอย่างสมบูรณ์ อย่างไรก็ตามพบว่าบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากความร้อนจากการเชื่อมโดยใช้ลวดเชื่อมชนิด HF 350R มีลักษณะของการแผ่ความร้อนและเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเป็นบริเวณกว้างน้อยกว่าจากการเชื่อมโดยใช้ลวดเชื่อมชนิด HF 450R แสดงให้เห็นถึงความร้อนมีการสะสมในปริมาณมากซึ่งเสี่ยงต่อการแตกร้าวของรอยเชื่อม เนื่องจากรอยเชื่อมมีความความแข็งแรงมากจากธาตุคาร์บอนในลวดเชื่อมเข้าไปผสมในรอยเชื่อม [5]



(ก)

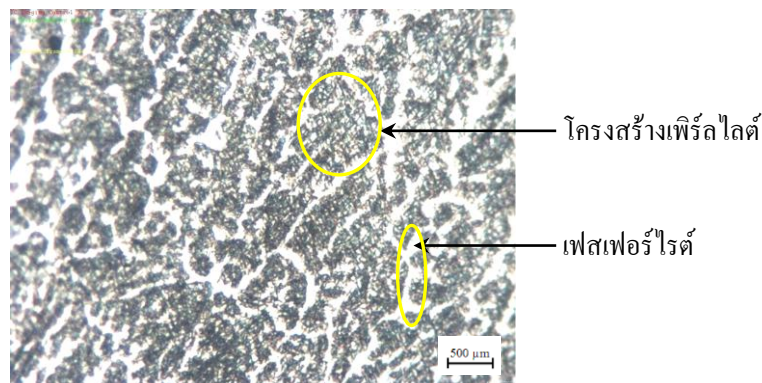
(ข)

ภาพที่ 4 (ก) โครงสร้างมหภาคจากการเชื่อมด้วยลวดเชื่อม HF 350R

(ข) โครงสร้างมหภาคจากการเชื่อมด้วยลวดเชื่อม HF 450R

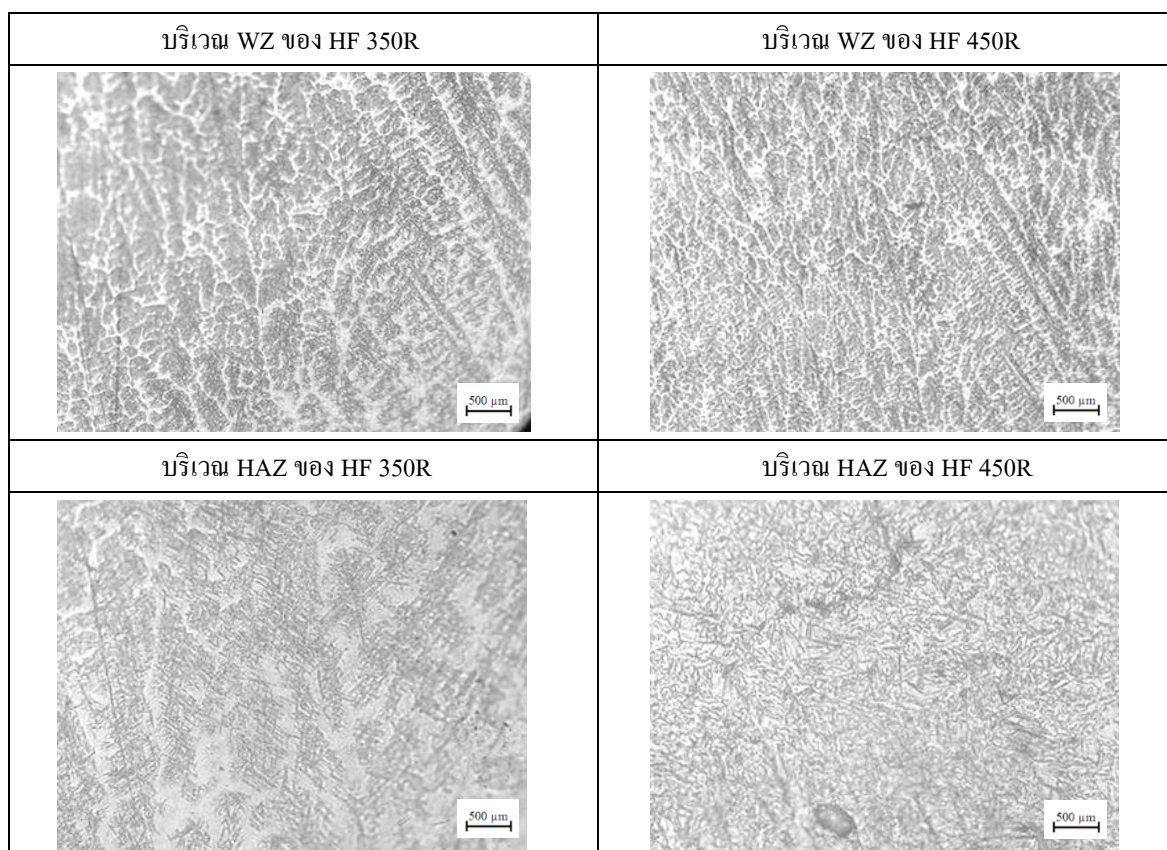
3. การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคจากการเชื่อมพอกผิวแข็งรางรถไฟ

การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (OM) โครงสร้างจุลภาคบริเวณเนื้อโลหะเดิม (BM) ของเหล็กรางรถไฟแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ โครงสร้างเพิร์ลไลติก (Pearlitic structure) และ โครงสร้างเบนิติก (Bainitic structure) [5] ซึ่งโครงสร้างจุลภาคชนิดหลังนี้จะพบได้ในเหล็กกล้ารางรถไฟที่ต้องการเพิ่มความต้านแรงดึงและความแข็งให้สูงขึ้น [6] ประกอบไปด้วย โครงสร้างเพิร์ลไลต์ (สีดำสลับสีขาว) บริเวณที่เป็นสีดำคือเฟสซิเมนไทต์ (Fe_3C) และบริเวณที่เป็นสีขาวคือเฟสเฟอร์ไรต์ (α) [7] ในเหล็กกล้ารางรถไฟที่มีปริมาณคาร์บอนประมาณ 0.25% โครงสร้างจุลภาคประกอบด้วยโครงสร้างเพิร์ลไลต์ 30-45% และเฟสเฟอร์ไรต์ 70-55% ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 โครงสร้างจุลภาคบริเวณเนื้อโลหะเดิมของเหล็กรางรถไฟ

จากภาพที่ 6 เป็นการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างแบบเพิร์ลลิติกจากความร้อนสะสมหลังการเชื่อม บริเวณรอยเชื่อมประกอบไปด้วยเฟสเฟอร์ไรต์ (สีขาว) สลับกับโครงสร้างเพิร์ลไลต์ (ดำสลับขาว) ซึ่งถือว่าเป็นโครงสร้างที่ประกอบไปด้วยซิเมนไทต์ (Fe_3C) และสีขาวเป็นเฟสเฟอร์ไรต์ (α) [8] จากการตรวจสอบพบว่าโครงสร้างจุลภาคบริเวณรอยเชื่อมที่ผ่านการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมชนิด HF 450R มีลักษณะของโครงสร้างแบบเพิร์ลลิติกที่ละเอียดกระจายสม่ำเสมอมากกว่าจากการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมชนิด HF 350R [9] ในขณะที่บริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากความร้อนประกอบไปด้วยเฟสเฟอร์ไรต์ผสมกับโครงสร้างแบบมาร์เทนไซต์ โดยโครงสร้างแบบมาร์เทนไซต์นี้เกิดขึ้นมากที่สุดจากการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมชนิด HF 450R [10] ซึ่งส่งผลให้เห็นว่ารอยเชื่อมมีค่าความแข็งที่มาก [7] รอยเชื่อมอาจจะเกิดการแตกร้าวเมื่อนำไปใช้งาน อย่างไรก็ตามจากการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคไม่พบรอยแตกและรูพรุนในบริเวณรอยเชื่อม



ภาพที่ 6 โครงสร้างจุลภาคจากการเชื่อมพอกผิวแข็งรางรถไฟ บริเวณรอยเชื่อม (WZ)
บริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากความร้อน (HAZ) บริเวณเนื้อโลหะเดิม (BM)

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

1. อภิปรายผล

ผลจากการเชื่อมพอกผิวแข็งรางรถไฟโดยกระบวนการเชื่อมอาร์คด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ ปริมาณของธาตุคาร์บอนและธาตุอื่นๆ จากลวดเชื่อมเกิดการรวมตัวกับธาตุคาร์บอนในเนื้อวัสดุ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางโลหะวิทยา จากโครงสร้างแบบเพิร์ลไลต์เปลี่ยนไปเป็นโครงสร้างแบบมาร์เทนไซต์ละเอียดกระจาย



สม่ำเสมอในบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากความร้อน [7] ซึ่งการเกิดโครงสร้างแบบมาร์เทนไซต์ที่มากจะส่งผลให้บริเวณดังกล่าวมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น [3, 9] และค่าความแข็งแรงที่มากขึ้นไปนั้นจะทำให้รอยเชื่อมเกิดการแตกร้าวเมื่อนำไปใช้งาน [11] และในบริเวณรอยเชื่อมมีลักษณะโครงสร้างเฟิร์ลโลด์ผสมกับเฟสเฟอร์ไรต์ที่หยาบกว่าบริเวณเนื้อโลหะเดิม ซึ่งเกิดจากอิทธิพลของความร้อนในรอยเชื่อม อย่างไรก็ตามตัวแปรต่างๆ ในการเชื่อมไม่ส่งผลให้รอยเชื่อมมีความบกพร่องเกิดขึ้นหลังจากการเชื่อมทั้งรูพรุนและรอยแตก เนื่องจากการอุ่นขึ้นงานที่อุณหภูมิ 250 °C [3] ก่อนทำการเชื่อมจึงไม่มีความเค้นตกค้างในรอยเชื่อมหลังจากการเชื่อม [12]

2. สรุปผลการวิจัย

2.1 ผิวหน้ารอยเชื่อมไม่มีรอยแตกหรือรูพรุนปรากฏบริเวณผิวหน้ารอยเชื่อม บริเวณจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดรอยเชื่อม รวมไปถึงระหว่างแนวเชื่อมไม่พบรอยแตก แต่พบว่ามีเม็ดโลหะเล็กๆ กระจายอยู่ทั่วผิวหน้ารอยเชื่อมของทั้งสองตัวแปร

2.2 โครงสร้างมหภาคไม่มีข้อบกพร่องหรือรูพรุนในบริเวณรอยเชื่อมและบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากความร้อน รอยเชื่อมมีการประสานกันอย่างสมบูรณ์ บริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากความร้อนจากการเชื่อมโดยใช้ลวดเชื่อมชนิด HF 350R มีลักษณะของการแผ่ความร้อนและเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเป็นบริเวณกว้างน้อยกว่าจากการเชื่อมโดยใช้ลวดเชื่อมชนิด HF 450R

2.3 โครงสร้างจุลภาคบริเวณรอยเชื่อมที่ผ่านการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมชนิด HF 450R มีลักษณะของโครงสร้างแบบเฟิร์ลโลดที่ละเอียดกระจายสม่ำเสมอมากกว่าจากการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมชนิด HF 350R ในขณะที่ผิวหน้าบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากความร้อนประกอบไปด้วยเฟสเฟอร์ไรต์ผสมกับโครงสร้างแบบมาร์เทนไซต์ โดยโครงสร้างแบบมาร์เทนไซต์นี้เกิดขึ้นมากที่สุดจากการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมชนิด HF 450R ซึ่งส่งผลให้เห็นว่ารอยเชื่อมมีค่าความแข็งแรงที่มาก อย่างไรก็ตามจากการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคไม่พบรอยแตกและรูพรุนในบริเวณรอยเชื่อม

2.4 ผู้วิจัยนำเสนอข้อมูลผลการทดลองกับกองบำรุงทางขอนแก่นและประยุกต์งานวิจัยในการเชื่อมพอกผิวเชิงรางรถไฟเพื่อแก้ปัญหาข้อบกพร่องและการแตกร้าวของรางรถไฟในบริเวณสถานีรถไฟขอนแก่นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และสาขาวิชาวิศวกรรมการเชื่อม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ในการดำเนินงานวิจัย รวมไปถึงขอขอบคุณนายพิชัย วัฒนศรีมงคล วิศวกรกำกับการกองบำรุงทางเขตขอนแก่น การรถไฟแห่งประเทศไทย และ ผศ.ดร.ประกาศ เมืองจันทร์บุรี ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์ ที่ช่วยเหลือในด้านข้อมูลเกี่ยวกับรางรถไฟและวัสดุรางรถไฟในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Parighatprecha R, Suthasupradit S, Paoleng P. Engineering Viewpoint in Raising the Speed of Railway, Engineering Journal. 2014; Vol.67, No.5
2. Correa N, Vadillo EG, Santamaria J, Herreros J. A Versatile Method in the Space Domain to Study Short-Wave Rail Undulatory Wear Caused by Rail Surface Defects. University of the Basque Country UPV/EHU. 2016; 48013 Bilbao. Spain
3. Herbst B. Wear Investigations on Wheel and Rail Materials. Research Report 6119704, Research and Technology Center of the DB AG, Kirchmöser; 1998
4. Dunyakul Y, Maunkhaw D, Kwangtung S. Investigation of Wear Behaviors of Surface Welding Steel AS3678 Grade 350. IE Network Conference. 2012; Cha-am Phetchaburi, Thailand
5. Poznyakov VD, Kiriakov VM, Gajvoronsky AA, Klapatyuk AV, Shishkevich OS. Properties of Welding Joints of Rail Steel in Electric Arc Welding. Paton Electric Welding Institute, NASU, Kiev, Ukraine; 2010
6. Embury JD, Fisher RM. The Structure and Properties of Drawn Pearlite. Acta Met. 1966; 14, 147-159
7. Sojiphan K, Lertpatipolchai A, Krittapas S, Chaichumpoo N. Microstructure and Hardness Analysis of Railway Steel Subjected to Thermite Welding. TRAS Conference Paper. 2017; Thailand
8. Allie A, Aglan H, Fateh M. Mechanical and Fracture Analysis of Welded Pearlitic Rail Steels. Journal of Mechanics of Material and Structure. 2010; Vol.5, No.2
9. Callister WD, Rethwisch DG. Phase Transformations Development of Microstructure and Alteration of Mechanical Properties, Materials Science and Engineering An Introduction, Ninth Edition. 2014; New Jersey
10. Hee-jin L, Hae-woo L. Effect of Cr Content on Microstructure and Mechanical Properties of Low Carbon Steel Welds. Department of Materials Science and Engineering, Dong-A University, 840 Hadan-dong, Saha-gu, Busan. 2015; 604-714. Korea
11. Wetscher F. Fracture Processes in Severe Plastic Deformed Rail Steels. Erich Schmid Institute for Materials Science, Austrian Academy of Science, Leoben. 2007; Austria
12. Zerbst U, Lund R, Edel K.-O, Smith RA. Introduction to the Damage to Lrance Behaviour of Railway Rails – a Review. Engineering Fracture Mechanics. 2009; 2563–2601. Germany