

การศึกษาสมบัติเชิงกลและโครงสร้างทางโลหะวิทยาสำหรับการเชื่อมระหว่างเหล็ก Q235 และ AISI 304 โดยวิธีก๊าซทังสเตนอาร์ค GTAW

The Study of Mechanical Properties and Metallurgical for Steel Metal Welding between Q235 and AISI 304 by Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)

ณัฐวุฒิ มุขน้อย*, สุรินทร์ สไลวงษ์, ประวิทย์ มุลนนท์, มะขาม ปัญญา และ เมืองแก้ว ยุตัน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี

248 ซอย เพชรเกษม 110 แขวงหนองค้างพลู เขตหนองแขม กรุงเทพมหานคร 10160

Natthawuth Muknoy*, Surin Salaiwong, Prawit Moonnun, Makham Panya and Muangkaew Yutan

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Thonburi University,

248 Soi Phetkasem 110, Nong Khang Phlu Subdistrict, Nong Khaem District, Bangkok 10160

*Corresponding author Email: Nickzakata@hotmail.com

(Received: April 20, 2025 / Revised: June 8, 2025 / Accepted: June 14, 2025)

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสมบัติเชิงกลและโครงสร้างทางโลหะวิทยาของรอยเชื่อมบนแผ่นเหล็ก Q235 และ AISI 304 ที่มีขนาดความกว้าง 150 มม. ความยาว 200 มม. และความหนา 6 มม. โดยวิธีก๊าซทังสเตนอาร์ค GTAW ใช้ลวดเชื่อม AWS A5.9: ER309L และทำการเชื่อมโดยใช้เครื่อง RILON TIG 200S แรงดันอาร์ค 120 V ความเร็วในการเชื่อม 13.7 มม./นาที และกำหนดอัตราการไหลของแก๊สปกคลุม 16 ลิตร/นาที การทดสอบเชิงกลและการวิเคราะห์ทางโลหะวิทยาได้ดำเนินการเพื่อประเมินคุณภาพของรอยเชื่อม ผลการทดลองบ่งชี้ว่าคุณสมบัติเชิงกลและการเชื่อมที่สม่ำเสมอและการหลอมรวมที่มีประสิทธิภาพระหว่างโลหะเชื่อมและโลหะฐาน ความต้านทานแรงดึงเฉลี่ยของรอยเชื่อมคือ 467.85 MPa และความต้านทานแรงดึงครากเฉลี่ยคือ 345.86 HV ผลการวิจัยเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าพารามิเตอร์และวัสดุในการเชื่อมที่เลือกนั้นสามารถผลิตรอยเชื่อมคุณภาพสูงที่มีสมบัติทางกลและลักษณะทางโลหะวิทยาที่น่าพอใจ

คำสำคัญ: วิธีการเชื่อมแบบก๊าซทังสเตนอาร์ค, สมบัติทางกล, โครงสร้างทางโลหะวิทยา

Abstract

This study investigates the mechanical properties and metallurgical structure of welds on Q235 and AISI 304 steel plates with dimensions of 150 mm in width, 200 mm in length, and 6 mm in thickness. The welding was performed using the Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) process. AWS A5.9: ER309L filler metal was utilized, and the welding was carried out using a RILON TIG 200S machine with the arc voltage of 120 V. The welding speed was maintained at 13.7 mm/min, and the shielding gas flow rate was set at 16 liters/min. Mechanical testing and metallurgical analysis were conducted to evaluate the quality of the welds. The experimental results indicated consistent penetration depth and effective fusion between the weld metal and the base metals. The average tensile strength of the welds was 467.85 MPa, and the average hardness was 345.86 HV. These findings demonstrate that the selected welding parameters and materials produced high-quality welds with satisfactory mechanical properties and metallurgical characteristics.

Keywords: Gas tungsten arc, Mechanical Properties, Metallurgical

1. บทนำ

เหล็กแผ่นรีดร้อน ASTM Q235 เป็นเหล็กที่มีความเหนียว และความสามารถในการเชื่อม เช่นเดียวกับความแข็งแรงประสิทธิภาพการดัดเย็นที่ดี ใช้งานอย่างแพร่หลายในการก่อสร้างและเชื่อมโครงสร้างทางวิศวกรรม ส่วนเหล็กแผ่น AISI 304 เป็นเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีโครเมียม 18% และ Ni 8% SS304 มีความสามารถในการเชื่อมได้ดีเยี่ยม ทนความร้อนและการกัดกร่อน มีความแข็งแรงที่อุณหภูมิห้อง สามารถแปรรูปได้ คุณสมบัติทางกล ไม่แข็งตัวจากการบำบัดความร้อน

มีงานวิจัยที่ทำการศึกษาศสมบัติ โครงสร้างทางโลหะวิทยา และความเค้นตกค้างของแนวเชื่อมซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ Hongduo Wang และคณะ [7] ได้ทำการเชื่อมแบบกวนด้วยแรงเสียดทาน (FSW) ในการเชื่อมโลหะต่างชนิด (เหล็กกล้าไร้สนิมชนิด 304 (SS304) และเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ Q235) ผลการทดลองพบว่าโครงสร้างโลหะวิทยาในบริเวณแนวเชื่อมประกอบไปด้วยเฟอร์ไรต์รูปเข็มและเฟิร์ลไลต์ ความต้านทานแรงดึงบริเวณแนวเชื่อมคือ 493 MPa ซึ่งมากกว่าบริเวณโลหะฐานเหล็ก Q235 ประมาณ 4% อย่างไรก็ตาม ค่าการยืดตัวอยู่ที่ 17% ซึ่งลดลงประมาณ 50% นอกจากนี้ พื้นผิวรอยแตกยังแสดงให้เห็นรอยแตกแบบเหนียวที่มีรอยปุ่ม Chang'an Li และคณะ [8] ได้ทำการทดลองโดยใช้โลหะเติมเสริมเหล็กกล้าคาร์บอนลงในโลหะฐานของแผ่นหุ้มเหล็กกล้าไร้สนิม ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบโลหะผสมในบริเวณรอยเชื่อมประกอบด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมและเหล็กกล้าคาร์บอนเนื่องมาจากการก่อตัวของเฟสมาร์เทนไซต์ในชั้นแรกของรอยเชื่อมด้วยโลหะเสริมเหล็กกล้าคาร์บอน ความแข็งในโลหะเชื่อมจะสูงกว่าโลหะฐาน และรอยแตกร้าวของชิ้นงานจะเกิดขึ้นใกล้กับบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน

โครงการนี้มุ่งเน้นไปที่การศึกษาศสมบัติทางกลและโครงสร้างทางโลหะวิทยาของรอยเชื่อมด้วยวิธีก๊าซทั้งสแตนอาร์ค (GTAW) โดยใช้ลวดเชื่อม AWS A5.9: ER309L ที่มีผลต่อเหล็ก Q235 และ AISI 304 เพื่อเลือกกระบวนการเชื่อมที่เหมาะสมสำหรับรอยเชื่อมของวัสดุทั้ง 2 ชนิด คือ เหล็กแผ่น Q235 และ เหล็กแผ่น AISI 304 ซึ่งจะทำการวิเคราะห์โครงสร้างมหภาคและจุลภาค การตรวจสอบแรงดึง การตรวจสอบความแข็ง และในขั้นตอนสุดท้ายมีการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง ซึ่งจะนำผลการทดลองที่ได้ไปใช้เป็นส่วนอ้างอิงในการพัฒนาและปรับปรุงในชิ้นส่วนที่ต้องการใช้โลหะที่ต่างชนิดกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. วัสดุและวิธีการทดลอง

การศึกษาศสมบัติเชิงกลและโครงสร้างทางโลหะวิทยาสำหรับการเชื่อมเหล็ก Q235 และ AISI 304 ด้วยลวดเชื่อม AWS A5.9: ER309L โดยใช้ก๊าซทั้งสแตนอาร์ค (GTAW) ทำการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคของเหล็กทั้ง 2 ชนิด และ สมบัติทางกล โดยมีวิธีการดำเนินการศึกษาดังต่อไปนี้

2.1 เครื่องเชื่อมอาร์กอน RILON TIG 200S แรงดันอาร์ค 120 โวลต์ เป็นตู้เชื่อมอาร์กอนขนาดเล็ก เคลื่อนย้ายสะดวก เชื่อมทีละระบบเดียว เหมาะกับงาน สแตนเลส และ เหล็ก

2.2 วัสดุเชื่อม

วัสดุเชื่อมเป็นเหล็กแผ่น กว้าง 100 มม. ยาว 150 มม. และหนา 6 มม. โดยวัสดุเชื่อมชิ้นแรกเป็นเหล็ก Q235 ส่วนผสมทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 1 และชิ้นที่สองเป็นเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304 ในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้า Q235 (%wt) [1]

Materials	C	Si	Mn	P	S
Q235	0.22	0.35	1.40	0.045	0.050

ตารางที่ 2 ส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304 (%wt) [2]

Materials	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	N
AISI 304	0.0-0.07	0.0-2.0	0.0-1.0	0.0-0.05	0.0-0.03	17.5-19.5	8.0-10.5	0.0-0.11

2.3 ลวดเชื่อม

ลวดเชื่อม เลือกใช้ลวดเชื่อมชนิด AWS A5.9: ER309L ให้มีความเหมาะสมกับวัสดุทดลองเชื่อมทั้งสองชนิด สมบัติทางเคมีดังของลวดเชื่อมดังแสดงในตารางที่ 3 ส่วนพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเชื่อมดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ส่วนผสมทางเคมีของลวดเชื่อม AWS A5.9: ER309L (%wt) [2]

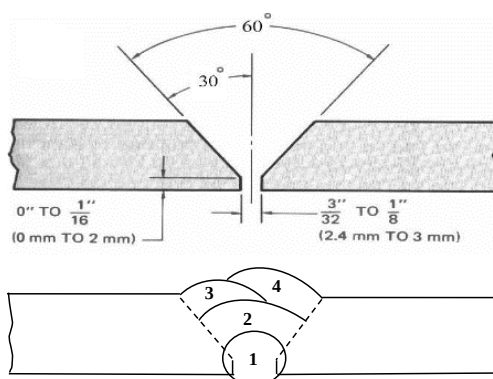
C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P	Mo	Cu
0.03 max	1.0-2.5	0.30-0.65	23-25	12-14	0.03 max	0.03 max	0.75 max	0.75 max

ตารางที่ 4 ลวดเชื่อมและตัวแปรในการเชื่อม

เงื่อนไข	รายละเอียด
กระบวนการเชื่อม	การเชื่อมอาร์คทั้งสแตนเลสสปีคกลุ่ม (GTAW)
ชนิดลวดเชื่อม	ER309L
ขนาดของลวดเชื่อม (mm)	2.4
แรงดันอาร์ค (V)	120
กระแสเชื่อมไฟฟ้า (A)	14
ความเร็วในการเชื่อม (มม./นาที)	13.4
ปริมาณการไหลของแก๊สสปีคกลุ่ม (ลิตร/นาที)	16 (Argon)

2.4 การเตรียมชิ้นงาน

ในการศึกษาสมบัติเชิงกลและโครงสร้างทางโลหะวิทยาสำหรับการเชื่อมเหล็ก Q235 และ AISI 304 ด้วยวิธี ก๊าซทั้งสแตนเลสอาร์ค ตามมาตรฐาน AWS D1.1 มีชิ้นงานตัวอย่างทดสอบเชื่อมทั้งหมด 3 ชิ้น การกำหนดรอยต่อโดยการบากร่อง 60 องศา และกำหนดลำดับการเชื่อมแต่ละแนว ดังแสดงในรูปที่ 1 สำหรับกระบวนการเชื่อมโดยใช้ลวดเชื่อมทั้งสแตนเลสเป็นตัว อาร์คให้เกิดความร้อน และใช้แก๊สสปีคกลุ่มการเชื่อมด้วยมือ (GTAW) แก๊สสปีคกลุ่มขณะทำการเชื่อม คือ แก๊สอาร์กอน (Argon)

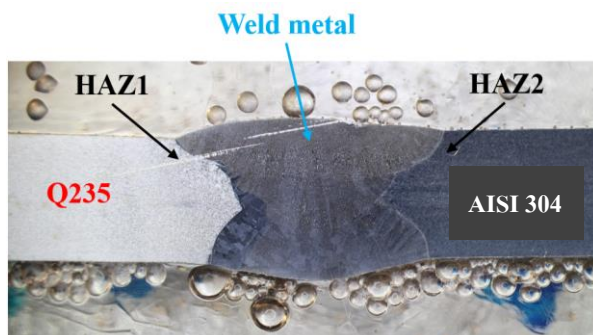


รูปที่ 1 ข้อกำหนดมาตรฐานรอยต่อและการกำหนดลำดับการเชื่อม

2.5 การตรวจสอบโครงสร้างโลหะวิทยา

การตรวจสอบโครงสร้างทางโลหะวิทยาจะตรวจสอบโครงสร้างมหภาค เพื่อดูลักษณะทางกายภาพของแนวเชื่อม เช่น ความกว้าง ความสูง การซึมลึก และจุดบกพร่องของแนวเชื่อม บริเวณอิทธิพลทางความร้อน ซึ่ง บริเวณอิทธิพลทางความร้อนแบ่งได้เป็นส่วน ๆ ตามความมากน้อยของอุณหภูมิที่ได้รับ

การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Light microscope) เพื่อตรวจสอบลักษณะของเกรนในบริเวณแนวเชื่อม (Weld metal zone: WM) บริเวณพื้นที่กระทบร้อน (Heat affected zone: HAZ) และ บริเวณเนื้อโลหะเดิม (Base metal: BM) ตามมาตรฐาน ASTM E340 และ E407 [7-8] ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ตำแหน่งของตรวจสอบโครงสร้างทางโลหะวิทยาในชิ้นงานตัวอย่าง

2.6 เครื่องทดสอบแรงดึง (Universal Testing Machine)

เครื่องทดสอบแรงดึงที่ใช้ในการทดลองนี้แสดงดังรูปที่ 3 ยี่ห้อ INSTRON รุ่น 8801 ขนาด 10 ตัน เป็นเครื่องสำหรับทดสอบแรงดึงในแนวตามยาวของเนื้อ โลหะเชื่อม (All Weld Metal) โดยเตรียมชิ้นงาน ทดสอบแบบลดขนาด การทดสอบสามารถป้อนค่าพารามิเตอร์ได้โดยตรงจากหน้าจอ การประมวลผลการทดสอบจะเป็นลักษณะของตัวเลขและกราฟ โดยในงานวิจัย ครั้งนี้ใช้ทดสอบเพื่อหาค่าความแข็งแรงดึงสูงสุดของงานเชื่อม (Ultimate Tensile Strength) ความแข็งแรงที่จุดคราก (Yield Strength) และ เปอร์เซ็นต์ในการยืดตัว (Percent Elongation) ตามมาตรฐาน ASTM E8M-22



รูปที่ 3 เครื่องทดสอบแรงดึงยี่ห้อ INSTRON รุ่น 8801

2.7 เครื่องทดสอบความแข็ง (Hardness Testing)

การทดสอบความแข็งแบบวิกเกอร์จะใช้เครื่องทดสอบความแข็ง SHIMADZU รุ่น HMV-G ดังรูปที่ 4 ขึ้นงานทดสอบได้จากบริเวณรอยเชื่อมดังแสดงในรูปที่ 5 การตรวจสอบโครงสร้างโลหะวิทยา มีการวัดโปรไฟล์ความแข็งของรอยเชื่อมโดยแบ่งออกเป็น 3 โซน ได้แก่ บริเวณเนื้อโลหะฐาน (Base metal) บริเวณพื้นที่กระทบร้อน (Heat affected zone) บริเวณแนวเชื่อม (Weld metal: WM) การทดสอบเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM E3-11 ใช้แรงกด 200 kgf (HV0.2 (1.961N) เวลาทดสอบ 15 วินาที เพื่อเปรียบเทียบความแข็งบริเวณเนื้อเชื่อม บริเวณอิทธิพลทางความร้อน และบริเวณโลหะฐาน



รูปที่ 4 เครื่องทดสอบความแข็ง SHIMADZU รุ่น HMV-G



รูปที่ 5 การเตรียมชิ้นงานสำหรับทดสอบความแข็ง

3. ผลการทดลอง

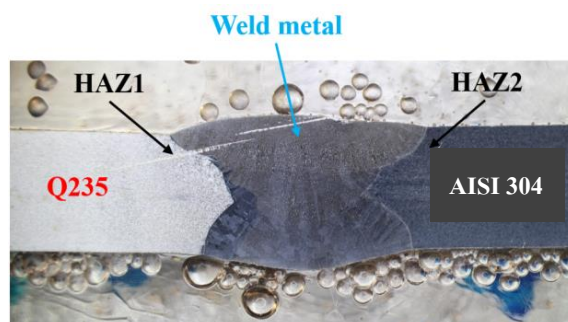
3.1 ผลการตรวจสอบโครงสร้างทางโลหะวิทยา

3.1.1 ผลการตรวจสอบทางกายภาพ ลักษณะทางกายภาพของรูปร่างแนวเชื่อมดังรูปที่ 6 การเกิดเม็ดโลหะบริเวณของ ชิ้นงาน ลักษณะผิวหน้าของแนวเชื่อม การซึมลึก การหลอมละลาย ระหว่างชั้นของเนื้อเชื่อมกับโลหะงาน ความกว้างบริเวณเขตอิทธิพลทาง ความร้อน และจุดบกพร่องของแนวเชื่อม พบว่ากระบวนการเชื่อมแบบ GTAW เกิดแนวเชื่อมมีความเรียบสม่ำเสมอ ลักษณะการซึมลึกและการหลอมละลายระหว่างเนื้อเชื่อมกับ โลหะงานสม่ำเสมอ

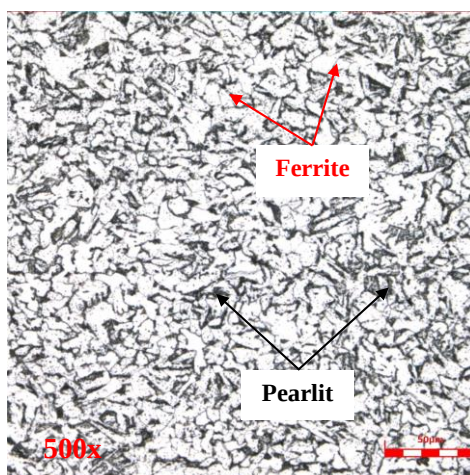


รูปที่ 6 ลักษณะทางกายภาพและโครงสร้างมหภาค

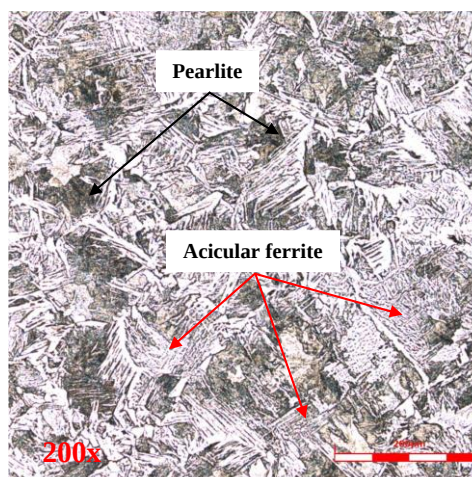
3.1.2 การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคด้วยกล้องจุลภาคแบบใช้แสง (OM) รูปที่ 7 จะเป็นภาพตำแหน่งที่ทำการตรวจสอบทั้ง 5 จุด รูปที่ 8 เป็นภาพบริเวณเนื้อโลหะเดิมของเหล็ก Q235 (Base metal: BM) ที่กำลังขยาย 500 เท่า 50 μm โครงสร้างจุลภาคโดยทั่วไปประกอบไปด้วย เฟอร์ไรต์และเพิร์ลไลต์ โดยเพิร์ลไลต์กระจายตัวอยู่บนขอบเกรนของเฟอร์ไรต์ [7] รูปที่ 9 เป็นภาพบริเวณแนวพื้นที่กระทบร้อน (Heat affected zone: HAZ1) ที่กำลังขยาย 200 เท่า 200 μm เห็นได้ชัดว่าโครงสร้างจุลภาคของโลหะเชื่อมทั้งสองประกอบด้วยออสเทนไนต์ที่สมบูรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับโครงสร้างจุลภาคของเฟอร์ไรต์รูปเข็มที่มีเศษส่วนสูง เฟอร์ไรต์รูปเข็มบ่งชี้ว่าอุณหภูมิสูงสุดอยู่ภายในของเหล็ก Q235 จะเข้าใกล้อุณหภูมิการหลอมละลายของเหล็ก AISI 304 ที่ 1,050 $^{\circ}\text{C}$ [7]



รูปที่ 7 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แบบแสงของรอยเชื่อมเหล็ก Q235 และ AISI 304

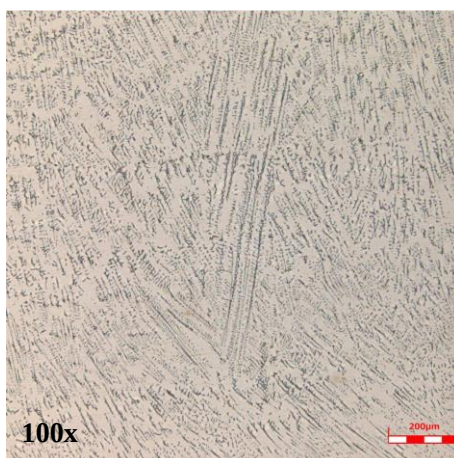


รูปที่ 8 โครงสร้างจุลภาคในบริเวณเนื้อโลหะพื้นของเหล็ก Q235 (Base metal)

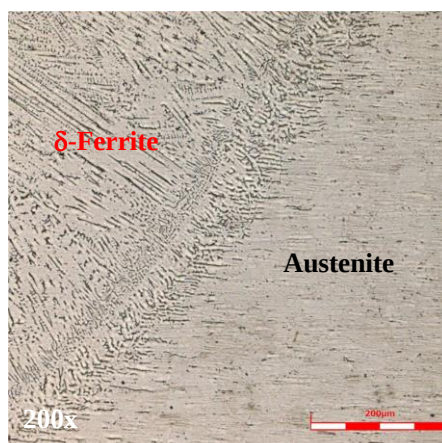


รูปที่ 9 โครงสร้างจุลภาคในบริเวณแนวพื้นที่กระทบร้อน (Heat affected zone: HAZ1)

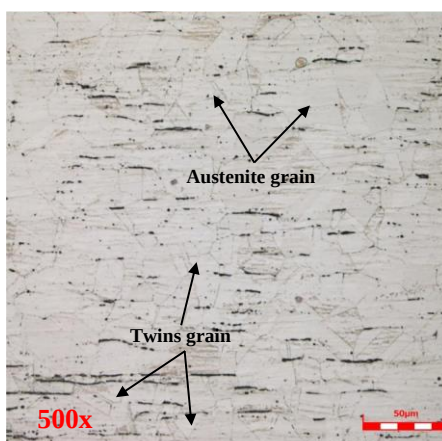
จากรูปที่ 10 โครงสร้างจุลภาคในบริเวณแนวเชื่อม (Weld metal zone: WM) ที่กำลังขยาย 100 เท่า 200 μm ประกอบด้วยเดนไดรต์เฟอร์ไรต์ และ เมทริกซ์ออสเทนไนต์ [7] รูปที่ 11 เป็นภาพในบริเวณแนวพื้นที่กระทบร้อนต่อการเชื่อมของเหล็ก AISI 304 (Heat affected zone: HAZ2) ที่กำลังขยาย 200 เท่า 200 μm เห็นได้ชัดว่าโครงสร้างจุลภาคของโลหะเชื่อมทั้งสองประกอบด้วยเดนไดรต์เฟอร์ไรต์ปฐภูมิ กับออสเทนไนต์ระหว่างเดนไดรต์ เป็นที่น่าสนใจว่าทั้งสองมีปริมาณเดลต้าเฟอร์ไรต์ค่อนข้างสูง อาจเนื่องมาจากผลกระทบของปริมาณคาร์บอนต่ำในโลหะตัวเดิมทั้งสองตัวในการเชื่อมในงานนี้ ซึ่งสอดคล้องกับบทบาทที่คาร์บอนมีแนวโน้มที่จะทำให้เฟสออสเทน-ไอต์เสถียรในโลหะเชื่อม [7] รูปที่ 12 เป็นภาพบริเวณเนื้อโลหะเดิมของเหล็ก AISI 304 (Base metal: BM2) ที่กำลังขยาย 500 เท่า 50 μm โครงสร้างจุลภาคโดยทั่วไปเกรนออสเทนไนต์มีลักษณะหยาบและเป็นสเดนเลสชนิดออสเทนนิติกแบบทวิน [7]



รูปที่ 10 โครงสร้างจุลภาคในบริเวณแนวเชื่อม (Weld metal zone: WM)



รูปที่ 11 โครงสร้างจุลภาคในบริเวณแนวพื้นที่กระทบร้อน (Heat affected zone: HAZ2)

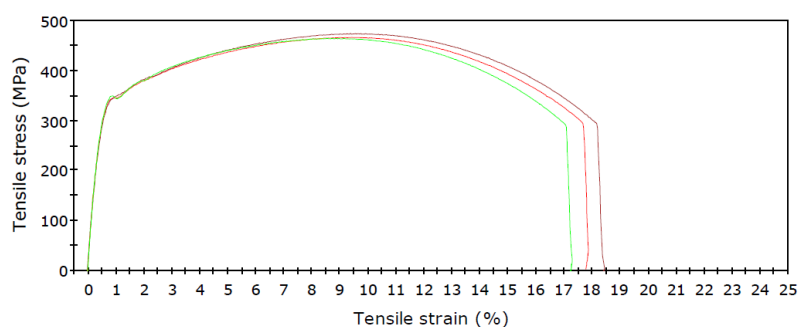


รูปที่ 12 โครงสร้างจุลภาคในบริเวณเนื้อโลหะเดิมของเหล็ก AISI 304 (Base metal)

3.2 การทดสอบแรงดึง (Tensile test)

ผลการทดสอบแรงดึงจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของชิ้นงานเชื่อมตัวอย่างในรูปที่ 13 พบว่าความเค้นทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกันเนื่องจากการแตกหักจากของชิ้นงานอันเป็นผลจากการทดสอบแรงดึง [8] อย่างไรก็ตามยังตรวจพบว่าการแตกหักทั้งหมดเกิดขึ้นในด้านโลหะพื้นฐาน Q235 ดังแสดงในรูปที่ 14 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าส่วนที่เปราะบางที่สุดของชิ้นงานเชื่อมตัวอย่างคือบริเวณโลหะพื้นฐาน Q235 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3

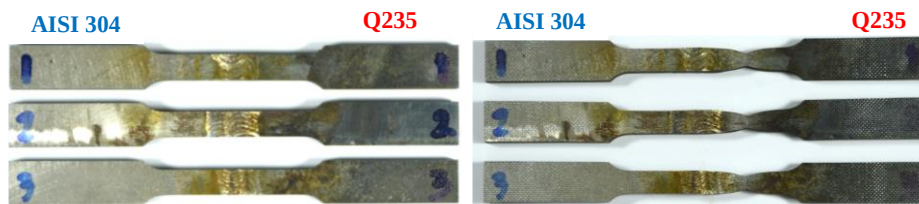
Tensile test



รูปที่ 13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของชิ้นงานตัวอย่างทั้ง 3 ชิ้น

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบแรงดึง

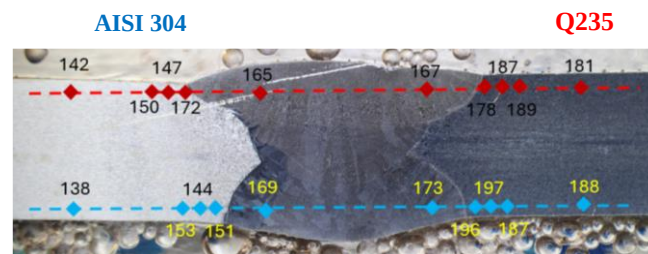
ชิ้นงาน	Yield strength (MPa)	UTS (MPa)	Elongation %	Location of fracture
1	345.48	465.88	17.68	Base metal Q235
2	342.71	473.76	18.18	Base metal Q235
3	349.38	463.92	17.07	Base metal Q235
ค่าเฉลี่ย	345.86	467.85	17.64	Base metal Q235



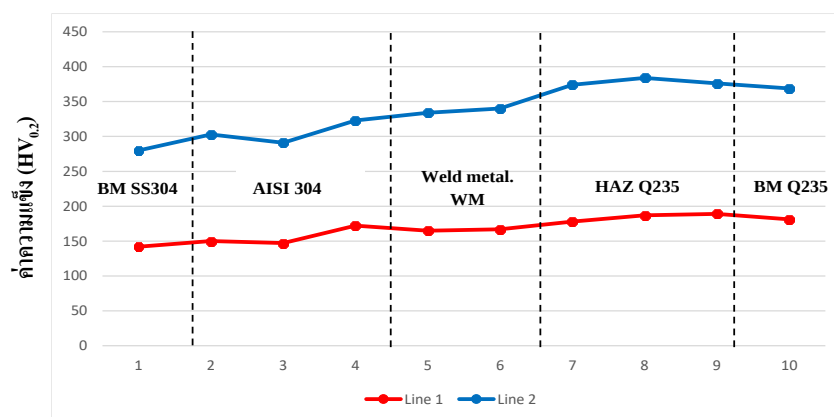
รูปที่ 14 ภาพชิ้นงานตัวอย่างก่อนและหลังการทดสอบแรงดึง

3.3 การทดสอบความแข็ง (Hardness test)

ตำแหน่งของบริเวณจุดทดสอบดังแสดงในรูปที่ 15 ผลจากการทดสอบความแข็งจากกระบวนการเชื่อมแบบ GTAW ดังแสดงในรูปที่ 16 โปรไฟล์ความแข็งของรอยเชื่อมแบ่งออกเป็น 5 โซน ได้แก่ บริเวณเนื้อโลหะเดิม (Base metal: BM AISI 304) บริเวณพื้นที่กระทบร้อน (Heat affected zone: HAZ AISI 304) บริเวณแนวเชื่อม (Weld metal: WM) บริเวณพื้นที่กระทบร้อน (Heat affected zone: HAZ Q235) และบริเวณเนื้อโลหะเดิม (Base metal: BM Q235) [8]



รูปที่ 15 บริเวณตำแหน่งจุดทดสอบทั้ง 10 จุด



ตำแหน่งจุดทดสอบ

รูปที่ 16 ผลการทดสอบความแข็งแบบวิกเกอร์

แนวโน้มของการค่าความแข็งในแต่ละบริเวณจุดทดสอบทั้ง 10 จุด ในแนวเส้นที่ 1 (เส้นสีแดง) พบว่ามีค่าความแข็งมากที่สุดในจุดที่ 9 บริเวณอิทธิพลทางความร้อนเท่ากับ 189 HV และค่าความแข็งได้น้อยสุดคือจุดที่ 1 เท่ากับ 142 HV และบริเวณอิทธิพลทางความร้อน (HAZ Q235) จากตำแหน่งจุดทดสอบที่ 7 - 9 จะมีค่าความแข็งที่สูงกว่าบริเวณแนวเชื่อมเล็กน้อย (WM) ตำแหน่งจุดทดสอบที่ 5 - 6 แต่จะมีค่าความแข็งที่มากกว่าบริเวณอิทธิพลทางความร้อน (HAZ AISI 304) ตำแหน่งจุดทดสอบที่ 2 - 4 ส่วนแนวโน้มของการค่าความแข็งในแต่ละบริเวณจุดทดสอบทั้ง 10 จุด ในแนวเส้นที่ 2 (เส้นสีน้ำเงิน) พบว่ามีค่าความแข็งมากที่สุดในจุดที่ 8 บริเวณอิทธิพลทางความร้อนเท่ากับ 197 HV และค่าความแข็งได้น้อยสุดคือจุดที่ 1 เท่ากับ 138 HV และบริเวณอิทธิพลทางความร้อน (HAZ Q235) จากตำแหน่งจุดทดสอบที่ 7 - 9 จะมีค่าความแข็งที่สูงกว่าบริเวณแนวเชื่อมเล็กน้อย

จากการทดสอบพบว่าบริเวณเนื้อเชื่อมเมื่อได้รับความร้อนจากการเชื่อมทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างกลายเป็นโครงสร้างของแข็งจึงส่งผลต่อค่าความแข็งที่เพิ่มขึ้น [6] และกระบวนการเชื่อมบริเวณอิทธิพลทางความร้อนที่อยู่ติดกับบริเวณโลหะฐานจะมีค่าความแข็งที่มากกว่าบริเวณเนื้อเชื่อมแต่จะมากกว่าบริเวณโลหะฐาน และจะให้ผลที่เหมือนกันทั้ง 2 เส้นของการทดสอบ

4. สรุป

การศึกษาสมบัติทางกลและโครงสร้างทางโลหะวิทยาของการเชื่อมเหล็ก Q235 และ AISI 304 ด้วยลวดเชื่อม AWS A5.9: ER309L โดยวิธีก๊าซทั้งสตนอาร์ค (GTAW) โดยมีการวิเคราะห์โครงสร้างทางมหภาคและจุลภาคของโลหะทั้ง 2 ชนิด สมบัติทางกล ข้อสรุปที่ได้จากการตรวจสอบสามารถอธิบายได้ดังนี้

4.1 การตรวจสอบโครงสร้างทางมหภาค พบว่า ลักษณะการซึมลึกและการหลอมละลายระหว่างเนื้อเชื่อมกับโลหะฐานสม่ำเสมอ และมีความสมบูรณ์ระหว่างเนื้อเชื่อมและโลหะฐาน ความกว้างของเขตบริเวณอิทธิพลทางความร้อนของกระบวนการเชื่อมใกล้เคียงกัน และไม่มีจุดบกพร่องของแนวเชื่อม

4.2 การทดสอบแรงดึง พบว่าสมบัติทางกลที่ใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามยังตรวจพบว่าการแตกหักทั้งหมดเกิดขึ้นในด้านโลหะพื้นฐาน Q235 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าส่วนที่เปราะบางที่สุดของชิ้นงานเชื่อมตัวอย่างคือบริเวณโลหะพื้นฐาน Q235

4.3 การทดสอบความแข็งแบบวิกเกอร์ พบว่าบริเวณเนื้อเชื่อมเมื่อได้รับความร้อนจากการเชื่อมทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างกลายเป็นโครงสร้างของแข็งจึงส่งผลต่อค่าความแข็งที่เพิ่มขึ้น และกระบวนการเชื่อมบริเวณอิทธิพลทางความร้อนที่อยู่ติดกับบริเวณโลหะฐาน (HAZ Q235) จะมีค่าความแข็งที่มากกว่าบริเวณเนื้อเชื่อม (WM) แต่จะมากกว่าบริเวณโลหะฐาน

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] UNION CONSTRUCTION GROUP. (2024, October 15). Q235 Steel Equivalent [Online]. Available: <https://www.unionyl.com/blog/q235-steel-equivalent-properties-specification-composition.html>
- [2] AZO MATERIALS. (2024, June 11). Grade 304 Stainless Steel [Online]. Available: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=2867>
- [3] Aircraft Materials. (2024, December 18). AWS ER 309/309L [Online]. Available: <https://aircraftmaterials.com/data/weld/er309.html>
- [4] สลิตา เพชรสังข์ และประภาศ เมืองจันทร์บุรี, “โครงสร้างจุลภาคและสมบัติทางกลของชิ้นงานเชื่อมเหล็กกล้าโครเมียม-โมลิบดีนัมเกรด 2.25Cr-1Mo,” การประชุมวิชาการระดับชาติ “วลัยลักษณ์วิจัย” ครั้งที่ 10 วันที่ 27-28 มีนาคม 2561, pp. 1-9. (in Thai)

- [5] วรณา วัฒนจิตศิริ สุรัตน์ ตริยวนพงศ์ และกิตติพงษ์ กิมะพงศ์, “โครงสร้างจุลภาคและการแตกร้าวในโลหะเชื่อมอาร์คโลหะแก๊สคลุมของรอยต่อตัวที่ระหว่างเหล็กกล้า SS400/SUS304,” วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา, vol. 29, 2561, pp. 27–36.
- [6] เดช เหมือนขาว ยงยุทธ ดุลยกุล ชัยยุทธ มีงาม และวรวิทย์ ศรีวิทยากุล, “การศึกษาสมบัติทางกลและโครงสร้างทางโลหะวิทยาของรอยเชื่อมเหล็กกล้าโครงสร้าง SS400,” การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 27 วันที่ 24-26 สิงหาคม 2565 จ.เชียงใหม่.
- [7] Hongduo Wang, Kuaishe Wang, Wen Wang, Liying Huang, Pai Peng, Hailiang Yuo, “Microstructure and mechanical properties of dissimilar friction stir welded type 304 austenitic stainless steel to Q235 low carbon steel,” Materials Characterization, vol. 115, 2019, pp. 109803.
- [8] Chang’ an Li, Guoliang Qina, Yuansheng Tang, Binggang Zhang, Sanbao Lin, Peihao Geng, “Microstructures and mechanical properties of stainless steel clad plate joint with diverse filler metals,” Journal of Materials Research and Technology, vol. 9, no. 2, 2020, pp. 2522–2534.