

บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาอิทธิพลของพารามิเตอร์การเชื่อมต่อโครงสร้างและสมบัติทางกล ของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (AISI 2205) กับ เหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก (AISI 304) นั้น มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ

1. เพื่อศึกษาผลของพารามิเตอร์การเชื่อม ที่มีต่อค่าความเค้นแรงดึงสูงสุดของงานเชื่อม
2. เพื่อศึกษาผลของพารามิเตอร์การเชื่อม ที่มีต่อค่าความแข็งแรงบริเวณรอยเชื่อม บริเวณกระทบ ร้อนของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (AISI 2205) บริเวณกระทบร้อนของเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก (AISI 304) บริเวณโลหะงานของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (AISI 2205) และ บริเวณโลหะงานของเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก(AISI 304)
3. เพื่อศึกษาผลของพารามิเตอร์การเชื่อมที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจุลภาค บริเวณรอยเชื่อม (Weld metal) บริเวณกระทบร้อน (HAZ) และ บริเวณโลหะงาน ของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (AISI 2205) และ เหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก(AISI 304) ของชิ้นงานเชื่อมที่มีความเค้นแรงดึงสูงสุดและต่ำสุด

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การสรุปผลการทดลองต่อสมบัติทางกล

5.1.1.1 อิทธิพลของพารามิเตอร์ต่อความแข็งแรงดึงสูงสุด

จากการศึกษาผลของพารามิเตอร์การเชื่อมที่มีอิทธิพลต่อความแข็งแรงดึงสูงสุด (Ultimate Tensile Strength) พบว่า อิทธิพลหลัก (Main Effect) คือ กระแสไฟเชื่อม ส่วนอิทธิพลร่วม (Interaction) คือ กระแสไฟเชื่อม ความเร็วในการเชื่อม และ แก๊สปกคลุม ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งแรงดึงสูงสุด จากผลการทดลองที่พิจารณาจากค่าความแข็งแรงดึงสูงสุด ของพารามิเตอร์การเชื่อมที่มีค่าสูงสุด ได้แก่การเชื่อมที่พารามิเตอร์ กระแสไฟเชื่อม 180 แอมแปร์ ความเร็วในการเชื่อม 350 มม./นาทีก และแก๊สปกคลุมด้วยแก๊ส Ar+CO₂ (95:5) มีค่าเท่ากับ 55.37 KN/mm²

5.1.1.2 อิทธิพลของพารามิเตอร์ต่อความเค้นแรงดึงจุดคราก

จากการศึกษาผลของพารามิเตอร์การเชื่อมที่มีอิทธิพลต่อความแข็งแรงดึงจุดคราก (Yield Point) พบว่า อิทธิพลหลัก (Main Effect) ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลง คือ กระแสไฟเชื่อม ส่วนอิทธิพลร่วม (Interaction) คือ 1) กระแสไฟเชื่อม แก๊สปกคลุม 2) กระแสไฟเชื่อม ความเร็วในการเชื่อม และ แก๊ส

ปกคลุม ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งแรงดึงจุดคราก จากผลการทดลองที่พิจารณาจากค่าความแข็งแรงดึงจุดครากของพารามิเตอร์การเชื่อมที่มีค่าสูงสุดได้แก่การเชื่อมที่พารามิเตอร์ กระแสไฟเชื่อม 160 แอมแปร์ ความเร็วในการเชื่อม 350 มม./นาทีก และแก๊สปกคลุม $Ar+O_2+Co_2$ มีค่าเท่ากับ 52.77 KN/mm^2

5.1.1.3 อิทธิพลของพารามิเตอร์ต่ออัตราการยืดตัว

จากการศึกษาผลของพารามิเตอร์การเชื่อมที่มีอิทธิพลต่ออัตราการยืดตัว (Elongation) พบว่า อิทธิพลหลัก (Main Effect) คือ กระแสไฟเชื่อม แก๊สปกคลุม (Gas) ส่วนอิทธิพลร่วม (Interaction) คือ 1) กระแสไฟเชื่อม และ แก๊สปกคลุม 2) กระแสไฟเชื่อม ความเร็ว และแก๊สปกคลุม ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าอัตราการยืดตัว จากผลการทดลองที่พิจารณาจากค่าอัตราการยืดตัว (Elongation) ของพารามิเตอร์การเชื่อมที่มีค่าสูงสุดได้แก่การเชื่อมที่พารามิเตอร์ กระแสไฟเชื่อม 160 แอมแปร์ ความเร็วในการเชื่อม 300 มม./นาทีก แก๊สปกคลุม $Ar+Co_2$ มีค่าเท่ากับ 44 %

5.1.1.4 อิทธิพลของพารามิเตอร์ต่อความแข็ง

จากการศึกษาผลของพารามิเตอร์การเชื่อมที่มีอิทธิพลต่อความแข็ง (Hardness) พบว่า อิทธิพลของพารามิเตอร์การเชื่อมไม่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็ง

5.1.2 การสรุปผลต่อโครงสร้างจุลภาค

5.1.2.1 ลักษณะโครงสร้างของชิ้นงานที่มีค่าความแข็งแรงดึงสูงสุดมากที่สุด

จากผลการทดสอบโครงสร้างจะเห็นพื้นที่ของบริเวณกระทบร้อน (HAZ) ที่ถัดออกมาจาก Fusion Line ได้อย่างชัดเจน ที่มีขนาดเกรนโตกว่าบริเวณที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากความร้อน และที่ตามบริเวณของขอบเกรนที่อยู่ขอบเขตของบริเวณกระทบร้อนโครเมียมคาร์ไบด์สามารถเกิดขึ้นได้ และจะมารวมตัวกันที่บริเวณขอบเกรนที่มองเห็นเป็นสีดำ ๆ และถัดจากบริเวณกระทบร้อนเข้าไปหาจุดศูนย์กลางของการอาร์ค จะปรากฏเห็นบริเวณที่เกิดการหลอมละลาย (Fusion Zone) และมีการแข็งตัวเกิดขึ้น บริเวณดังกล่าวจะปรากฏโครงสร้าง Columnar Dendrite ที่มีขนาดเล็กมีทิศทางพุ่งเข้าหาศูนย์กลางของการอาร์ค จากปรากฏการณ์ดังกล่าวสามารถอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดจึงทำให้การเชื่อมที่พารามิเตอร์การเชื่อมที่จึงให้ค่าความแข็งแรงดึงสูงสุด มีค่ามากกว่าทุก ๆ พารามิเตอร์การเชื่อม เนื่องจากว่า เป็นการที่โลหะงานได้รับ Heat Input ที่ต่ำ (กระแสเชื่อมระดับต่ำสุด) พร้อม ๆ กับการใช้ความเร็วในการเชื่อมที่สูงสุด (500 มม./นาทีก) ฉะนั้นโลหะเหลวจึงใช้เวลาในการแข็งตัวเป็นโครงสร้าง Columnar Dendrite ที่รวดเร็วมาก จึงทำให้ได้โครงสร้างของโลหะเดิมที่เล็กมาก ๆ อัดกันแน่นกันอยู่ เมื่อพิจารณาที่บริเวณกระทบร้อน พบว่าขนาดของเกรนสามารถโตได้เล็กน้อยมีโครเมียมคาร์ไบด์

เกิดขึ้นได้บ้าง ด้วยเหตุผลข้างต้นดังกล่าวจึงสามารถทำให้การเชื่อมที่พารามิเตอร์การเชื่อมนี้ได้ค่าความแข็งแรงดึงสูงสุด (Ultimate Tensile Strength) สูงที่สุดกว่าทุก ๆ พารามิเตอร์ของการเชื่อม

5.1.2.2 ลักษณะโครงสร้างของชิ้นงานที่มีค่าความแข็งแรงดึงสูงสุดต่ำสุด

จากการทดสอบโครงสร้าง จะเห็นพื้นที่ของบริเวณกระทบร้อน (HAZ) ที่ตัดออกมาจาก Fusion Line ได้อย่างชัดเจน ที่มีขนาดเกรนโตกว่าบริเวณที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากความร้อน และที่ตามบริเวณของขอบเกรนที่อยู่ในขอบเขตของบริเวณกระทบร้อนโครเมียมคาร์ไบด์สามารถเกิดขึ้นได้ จะมารวมตัวกันที่บริเวณของขอบเกรนที่มองเห็นเป็นสีดำ ๆ และถัดจากบริเวณกระทบร้อนเข้าไปหาจุดศูนย์กลางของการอาร์ค จะปรากฏเห็นบริเวณที่เกิดการหลอมละลาย (Fusion Zone) และมีการแข็งตัวเกิดขึ้น บริเวณดังกล่าวจะปรากฏโครงสร้าง Columnar Dendrite ที่มีขนาดที่โตกว่า Columnar Dendrite ของชิ้นงานเชื่อมที่มีค่าความแข็งแรงดึงสูงสุด (Ultimate Tensile Strength) ที่มีค่ามากที่สุด เนื่องจากว่าในกรณีนี้จะใช้ความเร็วในการเดินแนวเชื่อมที่ต่ำกว่า ฉะนั้นเวลาในการแข็งตัวของรอยเชื่อมจึงต่ำกว่า ส่วนทิศทางการโตจะพุ่งเข้าหาศูนย์กลางของการอาร์คเหมือนกัน

5.2 อภิปรายผล

เมื่อพิจารณาผลการทดลองพบว่า อิทธิพลของปัจจัยในการเชื่อมทั้ง 3 ปัจจัยคือ กระแสไฟเชื่อม ความเร็วในการเชื่อม และ แก๊สปกคลุม ที่มีผลต่อความเค้นแรงดึงสูงสุด อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 กล่าวคือ อิทธิพลหลัก (Main Effect) ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงได้แก่ กระแสไฟเชื่อม ส่วนอิทธิพลร่วม (Interaction) ได้แก่ กระแสไฟเชื่อม ความเร็ว และ แก๊สปกคลุม ที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 55.37 กิโลนิวตันต่อตารางมิลลิเมตร คือ กระแสไฟเชื่อมที่ 150 แอมแปร์ ความเร็วในการเชื่อม 350 มิลลิเมตรต่อนาที แก๊สปกคลุม Ar+Co₂ (95:5) เมื่อพิจารณาจากการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคแล้วพบว่า ปริมาณโครเมียมคาร์ไบด์ที่ชิ้นงานทั้งสองด้าน และในส่วนของรอยเชื่อมมีปริมาณน้อยกว่าชิ้นงานเชื่อมที่มีค่าความเค้นแรงดึงสูงสุดที่ต่ำที่สุด สอดคล้องกับ Donal T Hawkins and Ralph Hultgren [14] ที่กล่าวไว้ว่า ผลกระทบของธาตุคาร์บอนต่อการตกผลึกของเฟสโครเมียมคาร์ไบด์ มีความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลา กับสอดคล้องกับงานวิจัยของ Odegard, et, al. (1994) [15] ได้ทำการศึกษาการเชื่อมต่อเหล็กกล้าสเตนเลสซูเปอร์ดูเพล็กซ์ (super-duplex alloy SAF 2507) กับเหล็กกล้าคาร์บอน (carbon steels) เกี่ยวกับสมบัติเชิงกลในเขตพื้นที่การหลอมละลาย (fusion zone) ได้รายงานไว้ว่า ความเสถียรของเฟส (phase stability) และสมบัติต่างๆในเขตพื้นที่การหลอมละลายจะขึ้นอยู่กับอิทธิพลของค่าตัวแปรที่ใช้ในการเชื่อม (welding parameter) และจำเป็นต้องใช้ปริมาณความร้อนเข้าต่ำ (low heat inputs) ในการเชื่อมเพื่อจะได้แน่ใจว่าโครงสร้างเนื้อเชื่อมที่ได้จะมีความสมบูรณ์ (integrity) และมีความต้านทานต่อการแตกร้าวขณะแข็งตัว (solidification cracking

resistance) กรณีใช้ปริมาณความร้อนเข้าในการเชื่อมสูง (High heat input) มีรายงานว่าจะทำให้เพิ่มความไว (Sensitization) ต่อการแตกร้าวขณะแข็งตัว (solidification cracking) ตามขอบเกรน ในพื้นที่การหลอมละลายสูงขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาอิทธิพลของพารามิเตอร์การเชื่อมต่อโครงสร้างและสมบัติเชิงกลของเหล็กกล้าไร้สนิม ออสเทนนิติก (AISI 304) กับเหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริกซ์ (AISI 2205) ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อประโยชน์ต่อการนำข้อมูลไปพัฒนาการวิจัยต่อไป ดังนี้

5.3.1 จะเป็นการดีเป็นอย่างยิ่งถ้าหากผู้ที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับการเชื่อมโลหะ โดยเฉพาะงานเชื่อมที่มีความเสี่ยงต่อชีวิต และทรัพย์สินของประชาชน จะนำผลการวิจัยเพื่อนำไปเป็นข้อมูลของการปรับพารามิเตอร์การเชื่อมของการเชื่อมโลหะแต่ละชนิด เพราะในการปฏิบัติงานจริง ๆ ส่วนใหญ่แล้ว การปรับพารามิเตอร์การเชื่อมจะอาศัยผลของลักษณะและรูปร่างของรอยเชื่อมภายนอกเป็นเกณฑ์ในการนำค่าไปใช้เท่านั้น ซึ่งในความเป็นจริงนั้นรูปร่างภายนอกมันไม่สามารถบอกอะไรที่จะเกิดขึ้นภายในของรอยเชื่อม และโลหะฐาน (Base Metal) ได้

5.3.2 กรณีการเชื่อมโลหะสองชนิดเข้าด้วยกัน ซึ่งมันมีความแตกต่างกันอย่างมากรุนแรง จำเป็นต้องมีความรู้ทางด้านโลหะวิทยาการเชื่อมของโลหะทั้งสองชนิดเป็นอย่างมาก เพราะกลไกการเปลี่ยนแปลงภายหลังจากได้รับอิทธิพลทางความร้อนมันเดินไปคนละทางกันอยู่แล้ว ฉะนั้นการจัดการจึงเป็นสิ่งที่ยากมาก

5.3.3 การเชื่อมด้วยกระแสสูง ๆ ความเร็วต่ำ ๆ ต้องระวังการทะลุด้านหลังงานเป็นอย่างมาก วิธีในการแก้ปัญหาคือ บาก Root Opening ให้มาก หรือให้ช่องว่างระหว่างงานแคบ ๆ ก็จะสามารถลดปัญหาดังกล่าวได้