

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้ ผู้วิจัยต้องการศึกษาอิทธิพลของพารามิเตอร์การเชื่อม ต่อสมบัติทางกลและโครงสร้างจุลภาค ของการเชื่อมโลหะต่างชนิด เหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก (AISI 304) กับเหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริก (AISI 2205) ด้วยกรรมวิธีการเชื่อมมิก ป้อนในการศึกษาแบ่งตามชนิดและระดับ ดังนี้

1. ความเร็วในการเชื่อม 3 ระดับ คือ 250 มม./นาที่ 300 มม./นาที่ 350 มม./นาที่
2. แก๊สปกคลุม 3 ชนิด คือ Ar+CO₂(95:5%) Ar+CO₂(90:10%) Ar+CO₂(85:15%)
3. กระแสเชื่อม 3 ระดับ คือ 150 แอมป์ 170 แอมป์ 200 แอมป์

5.1 สรุปผลการทดลอง

สรุปผลการทดลองแยกตามวัตถุประสงค์การวิจัยเป็น 4 ส่วน คือ

1. ผลของพารามิเตอร์การเชื่อมต่อสมบัติทางกลด้านความแข็ง
2. ผลของพารามิเตอร์การเชื่อม ต่อสมบัติทางกลด้านความเค้นแรงดึงสูงสุด ของงานเชื่อม
3. ผลของพารามิเตอร์การเชื่อม ต่อโครงสร้างจุลภาค บริเวณรอยเชื่อม บริเวณกระทบร้อน บริเวณโลหะงาน ของชิ้นงานเชื่อมที่มีความแข็งสูงที่สุดและความแข็งต่ำที่สุด
4. ผลของพารามิเตอร์การเชื่อม ต่อโครงสร้างจุลภาค บริเวณรอยเชื่อม บริเวณกระทบร้อน บริเวณโลหะงาน ของชิ้นงานเชื่อมที่มีความเค้นแรงดึงสูงที่สุดและความเค้นแรงดึงต่ำที่สุด

5.1.1 ผลของพารามิเตอร์การเชื่อมต่อสมบัติทางกลด้านความแข็ง

จากการทดสอบความแข็ง พารามิเตอร์การเชื่อมที่ให้ค่าความแข็งสูงที่สุด เมื่อเชื่อมด้วยความเร็ว 350 มม./นาที่ กระแสเชื่อม 150 แอมป์ ใช้แก๊สปกคลุม Ar+CO₂(85:15%) มีค่าความแข็งที่ 258.89 HV ส่วนพารามิเตอร์การเชื่อมที่ให้ค่าความแข็งที่ต่ำที่สุด เมื่อเชื่อมด้วยความเร็ว 350 มม./นาที่ กระแสเชื่อม 200 แอมป์ ใช้แก๊สปกคลุม Ar+CO₂(90:10%) มีค่าความแข็งที่ 225.61 HV

จากความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์การเชื่อม พบว่า อิทธิพลร่วม คู่ของความเร็วในการเชื่อมกับกระแสเชื่อม มีอิทธิพลต่อสมบัติทางกลด้านความแข็ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อิทธิพลหลัก พบว่า ความเร็วในการเชื่อม กระแสเชื่อม มีอิทธิพลต่อสมบัติทางกลด้านความแข็ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.1.2 ผลของพารามิเตอร์การเชื่อม ต่อสมบัติทางกลด้านความเค้นแรงดึงสูงสุด

จากการทดสอบความเค้นแรงดึงสูงสุด พารามิเตอร์การเชื่อมที่ให้ค่าความเค้นแรงดึงสูงสุด เมื่อเชื่อมด้วยความเร็ว 350 มม./นาที่ กระแสเชื่อม 150 แอมป์ ใช้แก๊สปกคลุม Ar+CO₂(95:5%) มีค่าความเค้นแรงดึงสูงสุดที่ 58.58 kn. ส่วนพารามิเตอร์การเชื่อมที่ให้ค่าความเค้นแรงดึงต่ำที่สุด เมื่อทำเชื่อมด้วยความเร็ว 250 มม./นาที่ กระแสเชื่อม 200 แอมป์ ใช้แก๊สปกคลุม Ar+CO₂(90:10%) มีค่าความเค้นแรงดึงสูงสุดที่ 43.43 kn.

อิทธิพลหลัก พบว่า ความเร็วในการเชื่อม มีอิทธิพลต่อความเค้นแรงดึงสูงสุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.1.3 ผลของพารามิเตอร์การเชื่อม ต่อโครงสร้างจุลภาคชิ้นงานเชื่อม ที่มีค่าความแข็งสูงที่สุด

ลักษณะโครงสร้างจุลภาคบริเวณกระแทบร้อน ที่ถัดจากเส้นแบ่งการหลอมละลาย (Fusion Line) จะเริ่มฟอร์มตัวตามขอบเกรน จะเติบโตขยายเข้าไปในเกรนของเฟอร์ไรต์ ตามระนาบของการตกผลึกคล้ายกับการหล่อโลหะ เกิดเกรนหรือผลึกที่มีลักษณะเป็นลำ (columnar grain) ยาวจากขอบเขตการหลอมละลาย พุ่งเข้าหาทึ่งกลางของเนื้อเชื่อม (weld metal) ดังนั้น เกรนของเนื้อเชื่อมที่อยู่ใกล้กับเส้นแบ่งเขตการหลอมละลาย จะเย็นตัวเร็วกว่า ทำให้มีเกรนที่หยาบกว่าเกรนที่อยู่ทึ่งกลางเนื้อเชื่อม การใช้ความเร็วในการเชื่อมที่สูง กระแสเชื่อมต่ำ ทำให้โลหะงานได้รับความร้อนที่ต่ำ โลหะหลอมเหลวจึงใช้เวลาในการแข็งตัวรวดเร็ว ทำให้เกรนของเนื้อโลหะเชื่อมมีขนาดเล็ก ส่วนบริเวณกระแทบร้อนพบว่าขนาดของเกรนสามารถโตเล็กน้อยและมีโครเมียมคาร์ไบด์เกิดขึ้น ทำให้มีค่าความแข็งสูง

5.1.4 ผลของพารามิเตอร์การเชื่อม ต่อโครงสร้างจุลภาคชิ้นงานเชื่อม ที่มีค่าความแข็งต่ำที่สุด

โครงสร้างจุลภาคบริเวณกระแทบร้อน ที่ถัดจากเส้นแบ่งการหลอมละลาย ขนาดเกรนโตกว่าบริเวณที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากความร้อน ขอบเกรนที่อยู่ในขอบเขตกระแทบร้อนพบว่าเกิดโครเมียมคาร์ไบด์ขึ้น ส่วนศูนย์กลางของการอาร์คจะเกิดโครงสร้าง Columnar Dendrite ขนาดที่โตกว่า Columnar Dendrite ของชิ้นงานเชื่อมที่มีค่าความแข็งสูงที่สุด ทิศทางพุ่งเข้าหาศูนย์กลางของการอาร์ค การใช้กระแสเชื่อมระดับสูงกว่าชิ้นงานเชื่อมที่มีค่าความแข็งสูงที่สุด ทำให้โลหะงานได้รับความร้อนที่สูงกว่า โลหะหลอมเหลวจึงใช้เวลาในการแข็งตัวช้าขึ้น ทำให้เกรนของเนื้อโลหะเชื่อมโตกว่าชิ้นงานเชื่อมที่มีค่าความแข็งสูงที่สุด ส่วนบริเวณกระแทบร้อนพบว่าขนาดของเกรนโตขึ้นเล็กน้อยและมีโครเมียมคาร์ไบด์เกิดขึ้น

5.1.5 ผลของพารามิเตอร์การเชื่อม ต่อโครงสร้างจุลภาคชิ้นงานเชื่อม ที่มีค่าความเค้นแรงดึงสูงสุด

ผลการทดสอบโครงสร้างจุลภาคชิ้นงานพบว่าพื้นที่บริเวณกระแทกร้อน ส่วนที่ถัดจาก Fusion Line จะมีขนาดเกรนโตกว่าบริเวณที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากความร้อนและตามขอบเกรนที่อยู่ในขอบเขตของบริเวณกระแทกร้อน โครเมียมคาร์ไบด์สามารถเกิดขึ้นได้และจะรวมตัวกันที่บริเวณขอบเกรน สามารถมองเห็นเป็นสีดำ ถัดจากบริเวณกระแทกร้อนเข้าหาจุดศูนย์กลางของการอาร์ค ส่วนบริเวณที่เกิดการหลอมละลายและมีการแข็งตัวเกิดขึ้น โดยจะเกิดโครงสร้าง Columnar Dendrite ที่มีขนาดเล็กมีทิศทางพุ่งเข้าหาศูนย์กลางของการอาร์ค อธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดจึงทำให้พารามิเตอร์ที่ทำการเชื่อมให้ค่าความเค้นแรงดึงสูงสุด มีค่าสูงกว่าทุกพารามิเตอร์การเชื่อม เนื่องจากโลหะงานได้รับ Heat Input ที่ต่ำและใช้ความเร็วในการเชื่อมที่สูง ดังนั้นโลหะหลอมเหลวจึงใช้เวลาในการแข็งตัวเป็นโครงสร้าง Columnar Dendrite ที่รวดเร็วมาก ทำให้ได้โครงสร้างของโลหะเดิมที่เล็กมากอัดกันแน่น เมื่อพิจารณาบริเวณกระแทกร้อน พบว่าขนาดของเกรนโตเล็กน้อยและมีโครเมียมคาร์ไบด์เกิดขึ้น จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้การเชื่อมที่พารามิเตอร์การเชื่อมนี้ให้ค่าความเค้นแรงดึงสูงสุด

5.1.6 ผลของพารามิเตอร์การเชื่อม ต่อโครงสร้างจุลภาคชิ้นงานเชื่อม ที่มีค่าความเค้นแรงดึงต่ำที่สุด

ผลการทดสอบโครงสร้างจุลภาค พบว่าบริเวณกระแทกร้อนที่ถัดจาก Fusion Line จะมีขนาดเกรนโตกว่าบริเวณที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากความร้อน บริเวณของขอบเกรนที่อยู่ในขอบเขตบริเวณกระแทกร้อน มีโครเมียมคาร์ไบด์เกิดขึ้น โดยรวมตัวกันบริเวณของขอบเกรนมีลักษณะสีดำ บริเวณกระแทกร้อนใกล้จุดศูนย์กลางของการอาร์คเป็นบริเวณที่เกิดการหลอมละลาย (Fusion Zone) จะเกิดการแข็งตัวและปรากฏโครงสร้าง Columnar Dendrite ที่มีขนาดที่โตกว่า Columnar Dendrite ของชิ้นงานเชื่อมที่มีค่าความแข็งแรงดึงที่สูงที่สุด เนื่องจากการใช้ความเร็วในการเดินแนวเชื่อมที่ต่ำกว่า ดังนั้นเวลาในการแข็งตัวของแนวเชื่อมจึงช้ากว่า ส่วนทิศทางการโตของเกรนจะพุ่งเข้าหาศูนย์กลางของการอาร์คเหมือนกัน

5.2 อภิปรายผล

จากการศึกษาอิทธิพลของพารามิเตอร์การเชื่อม ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสมบัติทางกลและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจุลภาค คือ ความเร็วในการเชื่อม มีผลต่อปริมาณความร้อนและอัตราการเย็นตัว ส่วนระดับกระแสเชื่อมทำให้เกิดความร้อนในระดับที่ต่างกัน ซึ่งมีผลต่อบริเวณขอบเขตการหลอมละลาย บริเวณกระแทกร้อน สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Yasuda et, al. (1986) และ Ume et, al. (1987) [16] พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณความร้อนเข้าในการเชื่อม (increasing heat input) จะมีผลทำให้แนว

เชื่อมมีอัตราการเย็นตัวช้าลง ทำให้โครงสร้างอสเทนไนท์มีเวลาการฟอร์มตัวขึ้นตามขอบเกรนและในเฟสเฟอร์ไรท์ ของบริเวณเขตหลอมละลาย (fusion zone) มากขึ้น Donal T Hawkins and Ralph Hultgren [17] ได้ศึกษาพบว่า ผลกระทบของธาตุคาร์บอนต่อการตกผลึกของเฟสโครเมียมคาร์ไบด์ มีความสัมพันธ์ ต่ออุณหภูมิและเวลาในการเย็นตัว

5.3 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาอิทธิพลของพารามิเตอร์ ในการเชื่อมต่อเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (AISI 2205) กับเหล็กกล้าไร้สนิมอสเทนนิติก (AISI 304) ด้วยกรรมวิธีการเชื่อมมิก ผู้วิจัยพบปัญหาและมีข้อเสนอแนะเพื่อประโยชน์ต่อการนำข้อมูลไปพัฒนาการวิจัยต่อไป ดังนี้

5.3.1 การเชื่อมโลหะต่างชนิด จำเป็นต้องมีความรู้ทางด้านโลหะวิทยาการเชื่อมของโลหะทั้งสองชนิดด้วย

5.3.2 ความเสถียรภาพของการอาร์คและลักษณะรูปร่างของรอยเชื่อม อาจ会有ความผันแปรได้เนื่องจากสภาพแวดล้อมของการเชื่อมที่แตกต่างกัน

5.3.3 ในการวิจัยครั้งนี้ทำให้เห็นประโยชน์ของการศึกษา และวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยในการเชื่อม ที่ส่งต่อสมบัติทางกล และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ดังนั้นการศึกษารั้งต่อไปในอนาคตสิ่งที่น่าสนใจเพิ่มเติม คือ การศึกษาผลกระทบจากการเชื่อมโลหะต่างชนิด (Dissimilar) ที่มีใช้ในงานอุตสาหกรรม เพื่อจะได้ใช้เป็นพื้นฐานความรู้กับผู้ที่มีความสนใจ