บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 คุณสมบัติทางโครงสร้างจุลภาค

5.1.1.1 เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด AISI304, NTKD-7 และ AISI202 มีโครงสร้างเป็นแบบออสเทนนิติกมีโครงสร้างจุลภาคประกอบด้วยเฟส 2เฟสโดยเฟสที่โลหะพื้นเป็นเฟสออสเทนไนท์และบริเวณเนื้อเชื่อมเป็นเฟส เฟอร์ไรท์และออสเทนไนท์ โครงสร้างตั้งแต่บริเวณโลหะพื้น บริเวณการหลอมเหลว ไปจนถึงบริเวณเนื้อเชื่อมมีขนาดของเกรนที่มีขนาดเล็กและละเอียดมีการเกิดโครเมียมคาร์ไบด์บริเวณใกล้ HAZ ทั้ง 3 ชนิด บริเวณเนื้อเชื่อมจะมีเกรนที่ละเอียดมากกว่าบริเวณโลหะพื้น โดยที่เหล็กกล้าไร้สนิม AISI202 พบลักษณะการโตของเกรน (Grain growth) บริเวณโลหะพื้นใกล้แนวหลอมเหลว แต่เหล็กกล้าไร้สนิม AISI304 และ NTKD-7 ไม่พบการโตของเกรน

5.1.1.2 เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด JFE 433CT มีโครงสร้างเป็นแบบเฟอร์ริติก โดยมีเฟสเป็นเฟอร์ไรท์ทั้งหมด บริเวณขอบเกรนของเหล็กกล้าไร้สนิมชนิด JFE 433CT พบว่าไม่มีการตกผลึกของโครเมียมคาร์ไบด์พบแต่เพียงลักษณะการโตขึ้นของเกรน (Grain growth) ในบริเวณแนวเชื่อมเท่านั้นจึงทำให้เหล็กกล้าไร้สนิมชนิด JFE 433CT มีความคงทนต่อการกัดกร่อนใกล้เคียงกันทั้งในตำแหน่งเนื้อเกรนและขอบเกรนโดยเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดนี้จะมีโซน HAZ กว้างกว่าเหล็กกล้าไร้สนิม 3 ชนิดแรกเป็นอย่างมาก

5.1.2 ความแข็งของชิ้นงาน

ค่าความแข็งของเหล็กกล้าไร้สนิมที่ผ่านการเชื่อมทิก จะมีความแข็งเพิ่มขึ้นที่ตำแหน่ง HAZ และจะมีค่าสูงที่สุดเมื่ออยู่ที่ตำแหน่งกลางรอยเชื่อม และจากการทดสอบความแข็งนี้ทำให้ทราบว่าเหล็กกล้าไร้สนิมชนิด AISI202 มีความแข็งมากที่สุด ตามด้วยเหล็กกล้าไร้สนิม NTKD-7 ที่มีค่าความแข็งรองลงมาโดยที่บริเวณกลางรอเชื่อมมีความแข็งใกล้เคียงกับเหล็กกล้าไร้สนิม AISI202 เป็นอย่างมาก ส่วนเหล็กกล้าไร้สนิม AISI304 และ JFE 433CT นั้นมีความแข็งน้อยกว่าเหล็กกล้าไร้สนิม 2 ชนิดแรกโดยที่เหล็กกล้าไร้สนิม JFE 433CT มีความแข็งน้อยที่สุด

5.1.3 สารปนเปื้อนเนื่องจากกระบวนการเชื่อมแบบทิก

จากผลการวิเคราะห์สารปนเปื้อนด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometry ไม่พบสารตะกั่วเช่นเดียวกับโครเมียมและนิเกิล พบเพียงแค่ เหล็กและแมงกานีสเท่านั้นที่ปนเปื้อนออกมากับน้ำซึ่งหากไม่มีการทำความสะอาดรอยเชื่อมด้วยน้ำยาเช็ดรอยเชื่อมก่อนจะพบว่าเหล็กและแมงกานีสที่ปนเปื้อนออกมานั้นเป็นอันตรายต่อร่างกาย

5.1.4 แนวทางการเลือกเหล็กกล้าไร้สนิมเพื่อการทดแทน 304

การเลือกเหล็กกล้าสนิมเพื่อการทดแทน AISI304 สามารถเลือกโดยการนำผลการทดลองมาศึกษาซึ่งเหล็กกล้าไร้สนิมที่เหมาะกับการนำมาทดแทนเหล็กกล้าไร้สนิม AISI304 ควรจะเป็นเหล็กที่มีคุณสมบัติทางกลและคุณสมบัติทางเคมี ที่คล้ายกับเหล็กกล้าไร้สนิม AISI304 ซึ่งในที่นี้คือเหล็กกล้าไร้สนิม NTKD-7 เนื่องจากมีคุณสมบัติคล้ายเหล็กกล้าไร้สนิม AISI304 ทางด้านความแข็งที่มีค่าใกล้เคียงกับเหล็กกล้าไร้สนิม AISI304 และมีโครงสร้างจุลภาคที่คล้ายกันมาก

สำหรับเหล็กกล้าไร้สนิม AISI202 และ JFE 433CT นั้นอาจมีคุณสมบัติที่ไม่เหมือนเหล็กกล้าไร้สนิม AISI304 เนื่องจากเหล็กกล้าไร้สนิม AISI202 มีความแข็งที่มากกว่า AISI304 มากจึงอาจทำให้ขึ้นรูปได้ยากกว่า ในขณะที่เหล็กกล้าไร้สนิม JFE 433CT มีความแข็งน้อยกว่า AISI304 และอาจมีความเปราะมากกว่าหลังจากผ่านการเชื่อมเนื่องจากมีเกรนขนาดใหญ่บริเวณกระทบร้อน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ปัญหาของเหล็กกล้าไร้สนิมภายหลังการเชื่อม

จากการทดลองในบทที่ 4 สามารถนำมาสรุปปัญหาของเหล็กกล้าไร้สนิมได้หลายประเภทยกตัวอย่างเช่นการเกิดโครเมียมคาร์ไบด์ในเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก หรือการที่เหล็กกล้าไร้สนิมมีเกรนขนาดใหญ่ทำให้ขาดความแข็งแกร่งเป็นต้น ซึ่งจะสามารถสรุปปัญหาที่พบได้ตามตารางที่ 5.1

5.2.2 วิธีการแก้ไขการเกิดโครเมียมคาร์ไบด์

สามารถทำได้หลายวิธีดังต่อไปนี้

5.2.2.1 การใช้วิธีการจุ่มลงในน้ำ การเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมที่ไม่ใช่เกรดที่มีคาร์บอนต่ำเหล็กกล้าไร้สนิมประเภทนี้จะมีปริมาณ Sensitization สูงหลังการเชื่อมจึงต้องอบที่อุณหภูมิ 1,050 °C แล้วทำให้เย็นตัวทันทีโดยเช่นการใช้วิธีการจุ่มลงในน้ำคาร์ไบด์ที่แยกตัวออกมาจะละลายเข้าเป็นเนื้อเดียวกันในเนื้อเกรนใหม่อีกครั้ง ทั้งนี้วิธีนี้อาจทำได้ยากขึ้นถ้าชิ้นงานมีขนาดใหญ่

ตารางที่ 5.1 แสดงปัญหาของเหล็กกล้าไร้สนิม

ชนิดของเหล็กกล้าไร้สนิม	ปัญหาที่พบ
AISI304 NTKD-7 AISI202	การเกิดโครเมียมคาร์ไบด์บริเวณใกล้ HAZ , มีปริมาณ Delta Ferrite บริเวณเนื้อเชื่อมมาก
JFE 433CT	มีขนาดของเกรนใหญ่

5.2.2.2 ลดปริมาณของคาร์บอนในเหล็กให้ต่ำ จนถึงปริมาณ 0.03% เพื่อให้คาร์บอนละลายในเฟอร์ไรท์ได้หมดไม่มีส่วนเกินมารวมกับโครเมียม (อาจจะทำให้เหล็กมีราคาสูงเพราะการลดปริมาณคาร์บอนให้ต่ำมาก ๆ จะต้องใช้ฟลักซ์มาก และความร้อนสูง) เช่นการเปลี่ยนจากเหล็กกล้าไรสนิม AISI304 มาเป็น เหล็กกล้าไร้สนิม AISI304L

5.2.2.3 เพิ่มปริมาณโครเมียมให้สูงมาก ๆ อาจจะสูงถึง 18-20% เพื่อให้มีโครเมียมเหลืออยู่ไม่ต่ำกว่า 12% ตามขอบเกรน

5.2.3 วิธีการแก้ไขปริมาณ Delta Ferrite บริเวณเนื้อเชื่อมมาก

สามารถแก้ไขได้โดยการใช้ลวดเชื่อมที่มีปริมาณ Ni มากขึ้นเช่น ลวดเชื่อมชนิด TIG Ni625, TIG NiTi4 ซึ่งสามารถช่วยลด Delta ferrite ในแนวเชื่อมได้

5.2.4 วิธีการแก้ไขขนาดของเกรนใหญ่

การโตของเกรนอย่างมากบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน (Heat Affected Zone, HAZ) ทำให้ รอยเชื่อมเปราะ แก้ไขได้โดยการ preheat ชิ้นงานที่อุณหภูมิ 10-120 องศาเซลเซียสก่อนเชื่อมและในการเชื่อมต้องควบคุมปริมาณความร้อนที่ให้กับชิ้นงาน (heat input) ให้น้อยที่สุด

5.2.5 วิธีการแก้ไขสารปนเปื้อนให้ได้ตามมาตรฐาน

จากผลการวิเคราะห์สารปนเปื้อนด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometry แม้จะไม่มีการตรวจพบสารตะกั่วในปริมาณที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย แต่จากการทดสอบได้พบว่ามีปริมาณเหล็ก (Fe) และแมงกานีส (Mn) ปนเปื้อนในปริมาณที่สูงซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อร่างกายของมนุษย์ได้ การทำความสะอาดด้วยน้ำยาเช็ดรอยเชื่อมเป็นการลดปริมาณเหล็ก (Fe) และแมงกานีส (Mn) ที่ปนเปื้อนออกมาจากเหล็กกล้าไร้สนิมลงได้