บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

เทคโนโลยีการเชื่อมถือเป็นหนึ่งเทคโนโลยีหลัก ที่ใช้ในกระบวนการผลิตและก่อสร้างรวมทั้งการซ่อมบำรุงรักษาในหลายๆ ภาคอุตสาหกรรม นอกจากนี้การผลิตสินค้าอุปโภคบริโภคต่างๆยังอาศัยเทคโนโลยีงานเชื่อมเข้าไปเกี่ยวข้องเป็นจำนวนมาก ในทางการซ่อมบำรุงรักษา เทคโนโลยีงานเชื่อมถูกนำมาประยุกต์ใช้เป็นจำนวนมาก การซ่อมบำรุงรักษาสะพาน เช่น รอยแตกร้าว หรือการบิดงอตัวของสะพาน รวมทั้งการเสริมความแข็งแรงให้กับตัวสะพานเอง การซ่อมบำรุงเครื่องบินเครื่องจักร ไม่ว่าจะเป็นเชิงพาณิชย์หรือทางด้านความมั่นคง ล้วนแต่อาศัยกระบวนการเชื่อมประสานเข้าร่วมด้วยเช่นกัน ในต่างประเทศเทคโนโลยีการเชื่อมถือเป็นหนึ่งเทคโนโลยีหลักๆ ในปัจจุบันเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (Duplex Stainless Steel) ได้มีการนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายในด้านอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมเคมี, อุตสาหกรรมอาหาร, เรือเดินสมุทรและอุตสาหกรรมการเกษตร และยังมีอุตสาหกรรมอีกหลายด้านที่ได้ประยุกต์การเชื่อมในการประกอบชิ้นส่วนต่างๆที่ทำจากวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ เหล็กกล้าไร้สนิมชนิดนี้ได้รวมเอาคุณสมบัติด้านความเหนียว (Toughness) ของเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทเนติก (Austenitic Stainless Steel) และคุณสมบัติด้านความแข็งแรงทนต่อแรงดึง(Strength)และการต้านทานการกัดกร่อนของเหล็กกล้าไร้สนิมเฟอริติก (Ferrite Stainless Steel) ไว้ เนื่องมาจากเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ประกอบไปด้วยโครงสร้างจุลภาค 2 เฟสคือ ออสเทนไนต์และเฟอร์ไรท์ ที่มีปริมาณใกล้เคียงกันโดยที่สัดส่วนของทั้งสองเฟสนี้มีอิทธิพลอย่างมากต่อสมบัติทางกลและการต้านทานการกัดกร่อนและยังมีปริมาณธาตุ Cr และ Mo อยู่สูง ทำให้เหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์มีความสามารถในการทนต่อการกัดกร่อน(Corrosion)ได้สูงขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถเชื่อมและหล่อได้ง่าย[1] กระบวนการเชื่อมที่กำเนิดความร้อนที่ได้จากพลังงานไฟฟ้า จะทำให้เกิดวัฏจักรของความร้อน (Thermal Cycle) ขึ้นกับเนื้อโลหะงานที่อยู่ใกล้ชิดกับรอยเชื่อม ความร้อนที่เกิดขึ้นไม่เพียงแต่จะทำให้เกิดการหลอมละลายของโลหะตรงรอยต่อของชิ้นงานเท่านั้น มันยังมีผลต่อโครงสร้างของโลหะงานที่อยู่ใกล้กับบ่อหลอมละลายของรอยเชื่อม โดยแบ่งออกได้สามส่วน ดังนี้ คือ 1) ส่วนของรอยเชื่อม (Weld Metal) เป็นส่วนที่เกิดจากการเย็นตัวของบ่อหลอมละลาย 2) บริเวณได้รับผลกระทบจากความร้อน (Heat Affect Zone) อันได้แก่ส่วนของโลหะงานซึ่งอยู่ใกล้ชิดกับรอยเชื่อม ความร้อนจากบ่อหลอมละลายและการเย็นตัวของงานมีผลกระทบโดยตรงต่อโครงสร้างของโลหะงานในส่วนนี้มาก 3) บริเวณที่ถัดจากบริเวณกระทบร้อน (Bas) โครงสร้างของโลหะตลอดจนส่วนผสมทางเคมีในส่วนนี้ยังคงเดิม จากอิทธิพลของความร้อนที่ได้รับจากการเชื่อมอันเป็นผลทำให้เกิดปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในโลหะงานมากมายที่เกินจะควบคุมได้ เช่น การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางโลหะวิทยา การบิดตัวของชิ้นงาน การเกิดความเค้นอันเนื่องมาจากความร้อน ซึ่งปรากฏการณ์ต่าง ๆ

เหล่านี้ส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและสมบัติทางกลของชิ้นงาน ปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้จะสะท้อนออกมาในรูปของความปลอดภัย และอายุต่อการใช้งานของงานเชื่อม หรือผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ในอดีตและปัจจุบันพบว่าในอุตสาหกรรมนั้นมีการใช้เหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (Duplex stainless steel) เป็นเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีโครงสร้างทางโลหะวิทยาประกอบด้วยโครงสร้างทางจุลภาคที่เป็นเฟอร์ไรท์กับออสเทนไนท์ด้วยสัดส่วนประมาณ 50 ต่อ 50 เปอร์เซ็นต์โดยทั่วไปเหล็กกล้าไร้สนิมที่นิยมใช้ได้แก่เหล็กกล้าไร้สนิมเฟอริติกกับเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก แต่เนื่องจากเหล็กกล้าไร้สนิมทั้งสองมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันคือเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนเนติกมีความสามารถในการเชื่อม (Weldability) และสมบัติความเหนียวที่อุณหภูมิต่ำ (Low – Temperature Toughness) ดีเยี่ยมแต่จะมีความต้านทานรอยแตกร้าวจากการกัดกร่อนเนื่องจากความเค้น (Stress Corrosion Cracking) และความต้านแรงของวัสดุต่ำ ในทางตรงกันข้ามเหล็กกล้าไร้สนิมเฟอริติกมีความต้านทานรอยแตกร้าวจากการกัดกร่อนเนื่องจากความเค้นสูง แต่กลับมีข้อเสียในด้านการเชื่อมคือสมบัติด้านความเหนียวต่ำ นักโลหะวิทยาจึงได้ค้นคว้าวิจัยเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ขึ้นมา เพื่อให้มีสมบัติด้านความต้านแรงของวัสดุที่สูงกว่าเหล็กกล้าไร้สนิมที่ใช้กันอยู่ทั่วไปและมีความต้านทานการเกิดรอยแตกร้าวจากการกัดกร่อนเนื่องจากความเค้นสูง กรรมวิธีการผลิตเพื่อให้ได้เหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ที่มีสมบัติดีดังกล่าว [2]

กระบวนการเชื่อมทิกเป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยมีการพัฒนาเครื่องเชื่อมและวิธีการเชื่อมใหม่ๆ ขึ้นให้สามารถเชื่อมต่อโลหะได้เกือบทุกชนิด รวมทั้งโลหะผสม เหล็กกล้าไร้สนิม อะลูมิเนียมและอะลูมิเนียมผสม ทองแดงและทองแดงผสม เป็นต้น ซึ่งผู้ปฏิบัติงานเชื่อมหรือช่างเชื่อมจะต้องปรับวิธีการทำงานของตนเองให้สามารถทำงานกับวิธีการเชื่อมนี้ให้ได้ ดังนั้นช่างเชื่อมจะต้องมีความรู้และความเข้าใจถึงการปรับตั้งค่าตัวแปรแต่ละตัวว่า เมื่อทำการปรับแล้วแนวโน้มของผลการเชื่อมจะเป็นอย่างไร โดยเฉพาะระยะการหลอมละลายลึก ระยะความกว้าง และระยะความสูงของแนวเชื่อมจากการศึกษาข้างต้น ในปัจจุบันเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (Duplex Stainless Steel) ได้มีการนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายในด้านอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมเคมี, อุตสาหกรรมอาหาร, เรือเดินสมุทรและอุตสาหกรรมการเกษตร และยังมีอุตสาหกรรมอีกหลายด้านที่ได้ประยุกต์การเชื่อมในการประกอบชิ้นส่วนต่างๆที่ทำจากวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ เหล็กกล้าไร้สนิมชนิดนี้ได้รวมเอาคุณสมบัติด้านความเหนียว(toughness)ของเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทเนติก (Austenitic Stainless Steel) และคุณสมบัติด้านความแข็งแรงทนต่อแรงดึง(Strength)และการต้านทานการกัดกร่อนของเหล็กกล้าไร้สนิมเฟอริติก (Ferrite Stainless Steel) ไว้เนื่องมาจากเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ประกอบไปด้วยโครงสร้างจุลภาค 2 เฟสคือ ออสเทนไนต์ และเฟอร์ไรท์ ที่มีปริมาณใกล้เคียงกันโดยที่สัดส่วนของทั้งสองเฟสนี้มีอิทธิพลอย่างมากต่อสมบัติทางกลและการต้านทานการกัดกร่อนและยังมีปริมาณธาตุโครเมี่ยม Cr และโมลิบดินั่ม Mo อยู่สูง ทำให้เหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์มีความสามารถ

ในการทนต่อการกัดกร่อน (Corrosion) ได้สูงขึ้นนอกจากนี้ยังสามารถเชื่อมและหล่อได้ง่ายในการเชื่อมมีตัวแปรสำคัญหลายประการที่ส่งผลต่อสมบัติทางกลและการกัดกร่อนของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์และตัวแปรหนึ่งที่ส่งผลต่อสัดส่วนเฟสออสเทนไนท์และเฟอร์ไรท์ของชิ้นงานเชื่อม คือ อัตราการเย็นตัวที่แตกต่างกันภายในชิ้นงานเชื่อม ซึ่งอัตราการเย็นตัวภายในชิ้นงานเชื่อมนั้นขึ้นอยู่กับความร้อนที่เข้าสู่ชิ้นงาน การให้ความร้อนหลังการเชื่อม และที่สำคัญ คือ วัฏจักรอุณหภูมิ (Thermal Cycle) ของการเชื่อมโดยเฉพาะบริเวณเขตอิทธิพลความร้อน เมื่ออัตราการเย็นตัวของรอยเชื่อมต่ำ จะทำให้ออสเทนไนท์เกิดได้มากขึ้นและขยายขนาดใหญ่ขึ้นด้วยทำให้พบออสเทนไนท์เป็นจำนวนมากในบริเวณเนื้อรอยเชื่อม (Weld Metal) แต่กลับลดลงเหลือเพียงเล็กน้อยในเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ) โดยเฉพาะบริเวณแนวเชื่อมรากหน้าเนื่องจากมีอัตราการเย็นตัวที่สูง กรณีงานเชื่อมที่ต้องเชื่อมทับหลายครั้ง นอกจากนี้อัตราการเย็นตัวที่แตกต่างกันภายในชิ้นงานเชื่อม ยังส่งผลให้เกิดการรวมตัวของธาตุต่างๆได้ง่าย เกิดเป็นเฟสโลหะผสม (Intermetallic Phase) หรือ คาร์ไบด์ เนื่องจากในเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์มีธาตุที่ผสมอยู่ปริมาณสูง เช่น Cr ซึ่งบางครั้งรวมตัวกับเหล็ก (Fe) เกิดเป็นเฟสที่มีความเป็นอันตรายต่อชิ้นงานเชื่อม คือ ซิกมาเฟส (σ) การตกผลึกของซิกมาเฟสส่งผลให้คุณสมบัติด้านความเหนียว และการต้านทานการกัดกร่อนลดลง การบ่มแข็งเป็นกระบวนการทำให้เกิดความแข็งแรงโดยการตกตะกอน (Strengthening Precipitates) และควบคุมเฟสที่สองอื่นๆ ซึ่งรวมไปถึงคาร์ไบด์และเฟสที่เป็นอันตราย (Detrimental Topologically Closed-packed; TCP Phase)ด้วย และการ Precipitation Treating นั้นยังสามารถคายความเค้น(stress)ได้ในการวิจัยครั้งนี้จึงเลือกใช้เหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (Duplex Stainless Steel) เกรด S31803 มาทำการเชื่อมและบ่มแข็งด้วยอายุ (Aging) ที่อุณหภูมิและเวลาที่แตกต่างกันได้แก่ อุณหภูมิ $650^{O}C$, $750^{O}C$ และ $850^{O}C$ โดยจะใช้เวลาบ่มแข็งชิ้นงานคือ 1, 4 และ 8 ชั่วโมง เพื่อหาผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อคุณสมบัติทางกลของการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาอิทธิพลของกระบวนการทางความร้อนต่อโครงสร้างและสมบัติของงานเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์เกรด UNS S31803

1.3 สมมติฐานของงานวิจัย

การบ่มแข็งด้วยอายุมีผลต่อสมบัติทางกล และ โครงสร้างจุลภาคของการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ เกรด UNS S31803

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบถึงสมบัติทางกลหลังการบ่มแข็งด้วยอายุของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์เกรด UNS S31803 ที่ผ่านการเชื่อมด้วยกระบวนการเชื่อมแบบแก๊สปกคลุมGTAW (Gas Tungsten Arc Welding)

1.4.2 เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาด้านคุณสมบัติทางกลในเหล็กกล้าไร้สนิมที่ผ่านการเชื่อม

1.4.3 เพื่อสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรม ที่มีการเชื่อมประกอบเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์เกรด UNS S31803

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

1.5.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลองใช้เหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ เกรด UNS S31803 เชื่อมร่องรูปตัววี ด้วยกระบวนการเชื่อมแบบแก๊สปกคลุม GTAW (Gas Tungsten Arc Welding)

1.5.2 เหล็กกล้าไร้สนิมกลุ่มดูเพล็กซ์เกรด UNS S31803 การเชื่อม GTAW ใช้แก๊สที่ใช้ปกคลุมใช้แก๊สอาร์กอน Ar, ขนาดชิ้นงาน105 ม.ม. X 280 ม.ม. หนา 10 ม.ม.ใช้ลวดเติมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.6 ม.ม.

ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาปัจจัยในกระบวนการเชื่อม GTAWโดยมีตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาดังนี้

1. ตัวแปรต้น
   - การทำการบ่มแข็งด้วยอายุ (Aging)มี 3 ระดับ ที่อุณหภูมิ 650^{O}C ,750^{O}C และ 850^{O}C
   - เวลาบ่มแข็งชิ้นงานมี 3 ระดับ คือ 1,4 และ 8 ชั่วโมง
2. ตัวแปรตาม สมบัติทางกลของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์เกรด UNS S31803 คือ
   - ความแข็ง
   - โครงสร้างจุลภาค

1.6 นิยามศัพท์

1.6.1 การบ่มแข็งด้วยอายุ (Aging) คือ กระบวนการที่อาศัยการเปลี่ยนแปลงเฟสที่เกิดขึ้นในสภาวะของแข็ง โดยมีการเกิดเฟสของแข็งที่เป็นอนุภาคเล็ก ที่เกิดขึ้นจากการตกตะกอนและมีแรงยึดเหนี่ยวกับแมทริกซ์ที่มีความอ่อนเหนียว ทำให้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น การตกตะกอนแล้วมีแรงยึดเหนี่ยวกับเมทริกซ์ เรียกว่า โคเฮเรนต์พรีซิพิเตต (coherent precipitate)

1.6.2 Duplex Stainless Steel คือ ประเภทของเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีโครงสร้างของเฟอริติก กับออสเทนเนติก

1.6.3 สมบัติทางกลของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์เกรด UNS S31803 คือ ความแข็ง และโครงสร้างจุลภาค