บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการตรวจจับการเปลี่ยนเฟสของโลหะระหว่างการเชื่อมโดยเทคนิค Single Sensor Differential Thermal Analysis (SS-DTA) เพื่อใช้ในการตรวจสอบแบบมาทำลายสภาพในงานเชื่อมโลหะ โดยเน้นความสำคัญไปที่ระบบการตรวจจับการเปลี่ยนเฟสแบบอัตโนมัติ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถวิเคราะห์ผลของการเปลี่ยนเฟส และชนิดของเฟสได้ง่าย เพื่อประเมินโครงสร้างและสมบัติของรอยเชื่อม โดยไม่ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญ สำหรับในการทดลองนี้เราพบการเปลี่ยนเฟสของสเตนเลสเกรด SUS 321 ได้แก่ $Cr_{23}C_6$ และ TiC, Incoloy 800H พบการเปลี่ยนเฟส $Cr_{23}C_6$ และ γ' , Alloy 617 พบการเปลี่ยนเฟส TiN (Titanium nitride) , zinc alloy ตรวจพบโครงสร้างมีลักษณะเป็นเดนไดร์กับโครงสร้างยูเทคติดและโครงสร้างยูเทคตอยด์, และERCoCr-A กับ ER309 พบการเปลี่ยนเฟสยูเทคติกโครเมียมคาร์ไบด์ (M_7C_3)

เทคนิค SS-DTA เป็นเทคนิคที่นำอุณหภูมิการเย็นตัวหลังการเชื่อมโลหะมาเปรียบเทียบกับอุณหภูมิการเย็นตัวอ้างอิง ซึ่งผลของความแตกต่างของอุณหภูมิจะแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนเฟสและชนิดของเฟสที่เกิด โดยงานวิจัยนี้ทดสอบการสร้างอุณหภูมิอ้างอิง 4 วิธี ได้แก่ thermal cycle equations, polynomial approximation, 4–segment piecewise nonlinear approximation, และ piecewise linear approximation เพื่อหาอุณหภูมิอ้างอิงที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้กับระบบหาการเปลี่ยนเฟสแบบอัตโนมัติ ผลลัพธ์ที่ได้จากการทำ SS-DTA ต้องมีความเด่นชัด จากการทดสอบพบว่าวิธีการสร้างอุณหภูมิอ้างอิงด้วยวิธี piecewise linear approximation ให้ผลลัพธ์ในส่วนที่มีการเปลี่ยนและไม่เปลี่ยนเฟสแตกต่างกันชัดเจนที่สุด

การสร้างอุณหภูมิอ้างอิงด้วยวิธี piecewise linear approximation นั้นมีตัวแปรที่สำคัญคือค่า W ที่ต่อความเด่นชัดของผลลัพธ์ ระบบการปรับค่า W แบบอัตโนมัติจะเป็นตัวช่วยให้ค่าผลต่างอุณหภูมิที่ได้มีความชัดเจนมากขึ้น ในการออกแบบระบบจะทำการเลือกค่า W ที่ทำให้ได้ค่า peak to peak มากที่สุดในช่วง W = 1.25 ถึง 1.75 วินาที ผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับค่า W จะถูกนำไปวิเคราะห์เพื่อหาการเปลี่ยนเฟส โดยการเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิที่ได้จากการทำ SS-DTA กับเส้นอ้างอิง ซึ่งส่วนที่เกินเส้นอ้างอิงและอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่สามารถเปลี่ยนเฟสได้จะถูกพิจารณาว่าเกิดการเปลี่ยนเฟสขึ้น และส่วนที่อยู่ต่ำกว่าหรือสูงกว่านอกในช่วงอุณหภูมิที่สามารถเปลี่ยนเฟสได้จะถูกพิจารณ าว่าไม่มีการ

เปลี่ยนเฟสเกิดขึ้น สำหรับเส้นอ้างอิงที่สร้างขึ้นจะใช้ข้อมูลของผลต่างอุณหภูมิที่ทำการหาค่าสัมบูรณ์เพื่อลดขั้นตอนการวิเคราะห์ลงให้เหลือเพียงด้านบวกเท่านั้น หลักจากนั้นนำข้อมูลที่ผ่านการทำค่าสัมบูรณ์มาสร้างเส้นอ้างอิงโดยการใช้ zero order hold of data segment peak และ adaptive threshold โดยผลที่ได้จะแสดงในรูปของกราฟที่แสดง 0 กับ 1 โดยที่ 0 คือไม่เกิดการเปลี่ยนเฟส และ 1 คือมีการเปลี่ยนเฟสเกิดขึ้น

ความถูกต้องของระบบหาการเปลี่ยนเฟสแบบอัตโนมัติถูกทดสอบกับข้อมูลอุณหภูมิการเชื่อมกับหลายวัสดุที่ผ่านการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคมาแล้ว โดยข้อมูลอุณหภูมิที่มีการเปลี่ยนเฟสมีจำนวน 6 ชุด ที่ไม่พบการเปลี่ยนเฟสมีจำนวน 34 ชุด พบว่าระบบสามารถตรวจหาการเปลี่ยนเฟสได้ถูกต้อง 95% เมื่อค่า $\boldsymbol{\lambda}$ อยู่ในช่วง 2.2 ถึง 2.4

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. จากการวัดอุณหภูมิการเย็นตัวของรอยเชื่อม อัตราการ sampling อุณหภูมิมีผลต่อจำนวนข้อมูลที่ต้องนำมาวิเคราะห์ และความสามารถในการตรวจจับเฟสที่เกิดขึ้น ดังนั้นควรมีการศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นในอัตราการ sampling ข้อมูลที่ความถี่ต่างๆ กัน
2. เนื่องจากการเปลี่ยนเฟสของโลหะมีช่วงอุณหภูมิที่ชัดเจน และเกิดขึ้นในบริเวณกระทบร้อนรอบรอยเชื่อม หากหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเย็นตัวกับระยะทาง เราสามารถประมาณขอบเขตของบริเวณที่สามารถจะเปลี่ยนเฟสได้ เพื่อใช้ในการออกแบบตำแหน่งติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลที่ใช้วัดอุณหภูมิ
3. เพื่อศึกษาลักษณะการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นภายในวัสดุ หากหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเย็นตัวกับระยะทางต่อเวลา เราสามารถสร้างแบบจำลองการถ่ายเทความร้อนในงานเชื่อมโดยประมาณได้ เพื่อสำหรับใช้ในศึกษาต่อไป