บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ชั้นสารประกอบเชิงโลหะ

จากการศึกษากลไกการเติบโตและเปลี่ยนแปลงของชั้นประกอบเชิงโลหะระหว่างโลหะบัดกรีชนิด Sn-58Bi กับแผ่นรองทองแดง สามารถสรุปผลได้ว่า หลังการจุ่มแผ่นทองแดงลงในโลหะบัดกรีเหลวที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่าที่อุณหภูมิ 170°C, 190°C และ 210°C ที่เวลา 5, 15 และ 25 วินาที จะเกิดสารประกอบเชิงโลหะ Cu_6Sn_5 ขึ้นที่บริเวณรอยต่อในทุกกรณี โดยไม่พบเฟสอื่นๆที่เป็นสารประกอบเชิงโลหะระว่าง Cu และ Sn โดยชั้นสารประกอบเชิงโลหะที่เกิดขึ้นจะมีความหนาเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิหรือเวลาในการบัดกรี การเพิ่มความหนาของชั้นสารประกอบเชิงโลหะจะเป็นความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นกับเวลาในการบัดกรี และเป็นแบบโพลิโนเมียลกำลังสองกับอุณหภูมิในการบัดกรี

5.1.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากการศึกษารูปแบบการเจริญเติบโตของชั้นสารประกอบเชิงโลหะเทียบกับเวลาและอุณหภูมิในการบัดกรี ทำให้ทราบว่าเป็นความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นและแบบโพลิโนเมียลกำลังสอง ดังนั้นจึงนำการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุมาใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อรวมความสัมพันธ์ทั้งสองแบบเข้าด้วยกัน ในการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุจะเลือกพิจารณารูปแบบความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระและตัวแปรตามโดยใช้รูปแบบความสัมพันธ์แบบควอดราติกเต็มรูป (Full Quadratic) แล้วพิจารณาค่าสถิติทดสอบ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ และผลของการตรวจสอบเงื่อนไขเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อนต่างๆ โดยใช้โปรแกรมทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล (Minitab 16) โดยได้สมการถดถอยเชิงพหุในการประมาณค่าความหนาของชั้นสารประกอบเชิงโลหะดังนี้

$$y = 0.026167 + 0.182583x_1 + 0.022x_2 - 0.02075x_1^2 + 0.007x_1x_2$$

เมื่อ y คือ ค่าความหนาของชั้นสารประกอบเชิงโลหะ (μm) x_1คือ อุณหภูมิในการบัดกรี (^{o}C) และ x_2 คือ เวลาในการบัดกรี (s) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ *adjusted* R^2 เท่ากับ 99.86% และเพื่อเป็นการทดสอบความแม่นยำในการทำนายของแบบจำลองสมการถดถอย จึงทำการบัดกรีที่อุณหภูมิ 180°C และ 200°C ด้วยเวลา 5, 15 และ 25 วินาที มาทดสอบแบบจำลอง และพบว่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนในการทำนายมีค่าเท่ากับ 1.83% แสดงว่าสมการที่สร้างขึ้นมีความแม่นยำในการทำนายเป็นอย่างดี

5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรทำการศึกษาที่ระยะเวลาการบัดกรีที่นานขึ้น เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมในการเจริญเติบโตของชั้นสารประกอบเชิงโลหะ เนื่องจากผลการวิจัยที่ได้พบว่าพฤติกรรมการเจริญเติบโตของชั้นสารประกอบเชิงโลหะในช่วงระยะเวลาการบัดกรี 5-25 วินาที เป็นการเจริญเติบโตแบบ Linear kinetics ซึ่งมีค่า Growth exponent ตามกฎ Power law เท่ากับ 1 ซึ่งแตกต่างจากค่า Growth exponent ที่พบโดยทั่วไป ที่มีค่าเท่ากับ 1/3 หรือ 1/2 ดังนั้นจึงควรจะทำการศึกษาว่า การเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมในการเจริญเติบโตของชั้นสารประกอบเชิงโลหะเมื่อผ่านการเวลาการบัดกรีที่นานขึ้น จะมีลำดับการเปลี่ยนแปลงค่า Growth exponent อย่างไร