

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาอิทธิพลของอนุภาคนาโน Mn-doped TiO_2 , TiO_2 และ In ที่มีต่อคุณสมบัติของโลหะบัดกรีไร้สารตะกั่วแบบครีม SAC305 สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. การเติมอนุภาคนาโน Mn-doped TiO_2 และ TiO_2 สามารถช่วยลดอุณหภูมิโซลิดัสของโลหะบัดกรีได้ อย่างไรก็ตามเมื่อเติม In ร่วมกับ Mn-doped TiO_2 หรือ TiO_2 พบว่าอุณหภูมิโซลิดัสมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่เติมเฉพาะ Mn-doped TiO_2 หรือ TiO_2

2. การเติมอนุภาคนาโน Mn-doped TiO_2 และ TiO_2 สามารถช่วยลดอุณหภูมิลิควิดัสของโลหะบัดกรีได้ ขณะที่การเติม In ร่วมกับ Mn-doped TiO_2 หรือ TiO_2 พบว่าสามารถช่วยลดอุณหภูมิลิควิดัสของโลหะบัดกรีได้

3. ช่วงอุณหภูมิการหลอมของโลหะบัดกรีจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อยเมื่อเติมอนุภาคนาโน Mn-doped TiO_2 หรือ TiO_2 โดยช่วงอุณหภูมิการหลอมจะมีช่วงแคบลงอย่างชัดเจนเมื่อทำการเติม In ร่วมกับ Mn-doped TiO_2 หรือ TiO_2

4. การเติมอนุภาคนาโน Mn-doped TiO_2 และ TiO_2 สามารถช่วยปรับปรุงความสามารถในการเปียกของโลหะบัดกรีได้ เมื่อเติมในปริมาณไม่เกิน 0.5 wt% ซึ่งถ้าปริมาณของอนุภาคนาโนในโลหะบัดกรีมีมากกว่า 0.5 wt% จะทำให้ความสามารถในการเปียกมีค่าที่ลดลง ขณะที่การเติม In ร่วมกับ Mn-doped TiO_2 หรือ TiO_2 สามารถช่วยปรับปรุงความสามารถในการเปียกให้ดีขึ้น

5. ความสามารถในการพิมพ์จะมีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเติมอนุภาคนาโน Mn-doped TiO_2 และ TiO_2 ในปริมาณมาก แต่เมื่อเติม In ร่วมกับ Mn-doped TiO_2 หรือ TiO_2 พบว่าความสามารถในการพิมพ์มีค่าดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่เติมเฉพาะ Mn-doped TiO_2 หรือ TiO_2

6. จากการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของโลหะบัดกรีแต่ละชนิดหลังการบัดกรีพบว่าโลหะบัดกรีที่เติมอนุภาคนาโน Mn-doped TiO_2 หรือ TiO_2 ในปริมาณน้อยจะสามารถลดความหนาของชั้นสารประกอบเชิงโลหะ Cu_6Sn_5 ที่เกิดขึ้นได้ ขณะที่การเติม In ร่วมกับ Mn-doped TiO_2 หรือ TiO_2 พบว่าการเติม In ไม่มีผลต่อชั้นสารประกอบเชิงโลหะที่เกิดขึ้นหลังการบัดกรี

7. หลังจากการบ่มความร้อนเป็นระยะเวลา 1, 10, 100 และ 1000 ชั่วโมง ชั้นสารประกอบเชิงโลหะจะมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น และมีชั้นสารประกอบเชิงโลหะชั้นที่ 2 เกิดขึ้น คือ Cu_3Sn จากการวัดขนาดของชั้นสารประกอบเชิงโลหะรวม $\text{Cu}_6\text{Sn}_5 + \text{Cu}_3\text{Sn}$ ของโลหะบัดกรีแต่ละชนิดพบว่า การเติมอนุภาคนาโน Mn-doped TiO_2 หรือ TiO_2 ในปริมาณมากจะสามารถช่วยลดความหนาของชั้นสารประกอบเชิงโลหะรวมได้ ขณะที่การเติม In ร่วมกับ Mn-doped TiO_2 หรือ TiO_2 พบว่าไม่มีผลต่อความหนาของชั้นสารประกอบรวม ความหนาของชั้นสารประกอบ Cu_6Sn_5 มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกับชั้นสารประกอบเชิงโลหะรวม และชั้นสารประกอบ Cu_3Sn ของโลหะบัดกรีแต่ละชนิดจะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกับความหนาของชั้นสารประกอบเชิงโลหะหลังการบัดกรี

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการศึกษาในอนาคต

ควรมีการศึกษาความสามารถของรอยต่อบนแผ่นโลหะที่สนใจ เช่น การทดสอบแรงดึง ทดสอบความล้า ทดสอบการคืบ และการนำไฟฟ้าของรอยต่อ หรือทดสอบกับสภาวะการใช้งานจริง