บทที่ 4
สรุปผลโครงการวิจัย

4.1 สรุปผลโครงการวิจัย

1. ค่าความแข็งของโลหะเงินสเตอร์ลิงระบบ Ag-Cu-Pd และ Ag-Cu-Zn-Si สภาวะหลังหล่อมีค่าความแข็งเฉลี่ยประมาณ 60 และ 53 HV การปรับปรุงคุณสมบัติด้านความแข็งด้วยการอบละลายที่อุณหภูมิ 750°C เวลา 60 นาที และการบ่มแข็ง 300°C เวลา 60 นาที พบว่าสามารถเพิ่มความแข็งของชิ้นทดสอบได้เฉลี่ย 2 เท่า ของความแข็งเดิม โดยโลหะผสมระบบ Ag-Cu-Pd มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นมากที่สุดคือ 126.60 HV ในชิ้นทดสอบ 6.2Cu-0.3Pd ในขณะที่โลหะผสมระบบ Ag-Cu-Zn-Si มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นมากที่สุดคือ 103 HV ในชิ้นทดสอบ 93.5Ag-6.0Cu-0.5Zn อย่างไรก็ตามการปรับปรุงคุณสมบัติด้วยความร้อนที่อุณหภูมิอบละลาย 800°C เวลา 60 นาที ตามด้วยการอบบ่มที่อุณหภูมิ 300°C เวลา 60 นาที ค่าความแข็งในทุกชิ้นทดสอบมีค่าลดลง

2. เมื่อพิจารณาผลจากการทดสอบความสามารถในการต้านทานการหมองในโลหะผสมเงินสเตอร์ลิงระบบ Ag-Cu-Pd และ Ag-Cu-Zn-Si สามารถกล่าวได้ว่าความสามารถต่อการต้านทานการหมองของโลหะเงินสเตอร์ลิงมีมากขึ้น เมื่อส่วนผสมของ Pd Zn และ Si มีค่ามากขึ้น (ปริมาณของ Cu ลดลง) จากการวัดสีด้วย CIELAB พบว่าชิ้นทดสอบ 93.5Ag-5.5Cu-1.0Pd และ 93.5 Ag-5.4Cu-1.0Zn-0.1Si สามารถต้านการหมองได้ดีที่สุดทั้งสภาวะหลังหล่อและบ่มแข็ง โดยการเพิ่มขึ้นของสังกะสีและซิลิกอน และการลดลงของทองแดง ทำให้การต้านทานการหมองในโลหะผสมมีค่าเพิ่มขึ้น

3. ผลการวิเคราะห์โครงสร้างผลึกจากการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ในโลหะผสม 935Ag ระบบ Ag-Cu-Pd และ Ag-Cu-Zn-Si หล่อในระบบสุญญากาศ พบว่าเฟสหลักคือ Ag(111) และ Ag (200) และในบางสภาวะพบเฟส Cu(111) และ Cu(200) ซึ่งยืนยันการเกิดผลึกของทองแดง นั่นคือทองแดงบางส่วนเกิดการตกผลึกแยกจากสารละลายของแข็งของเงินและทองแดง (Ag-Cu solid solution)

4. โครงสร้างจุลภาคของโลหะผสมเงิน ประกอบด้วย 2 เฟส คือ เฟสที่มีปริมาณเงินสูงหรือเฟสอัลฟา (α-phase) และเฟสที่มีปริมาณทองแดงสูงหรือเฟสเบต้า (β-phase) โดยสามารถแบ่งลักษณะโครงสร้างเป็น 4 บริเวณ คือ 1) โครงสร้างเดนไดรต์เป็นเฟสหลักเป็นเฟสที่มีปริมาณเงินสูง 2) บริเวณขอบเดรไดรต์ซึ่งมีปริมาณทองแดงสูงและพบการแยกตัวของทองแดงตกตะกอนขนาดเล็กๆ (Copper segregation) กระจายตัวทั่วบริเวณ 3) โครงสร้างลาเมลายูเทกติก ซึ่งมีเฟสอัลฟาและเบต้าเรียงตัวสลับกันเป็นชั้นๆ และ 4) โครงสร้างดีเจน-

เนอเรตยูเทคติกซึ่งมีปริมาณของทองแดงสูง โดยแพลเลเดียมสามารถละลายได้ในทุกเฟส ขณะที่ สังกะสีและซิลิกอนมีแนวโน้นการละลายเฉพาะเฟสที่มีปริมาณทองแดงสูงเท่านั้น

5. การเจือด้วยสังกะสีและซิลิกอนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างลาเมลายูเทคติกหลังหล่อ คือมีผลต่อการสลายของโครงสร้างลาเมลายูเทคติกจากลักษณะเฟสขาวสลับดำของเฟสอัลฟาและเฟสเบต้า เป็นโครงสร้างที่มีเฟสทองแดงเป็นองค์ประกอบหลักโดยมีสังกะสีและซิลิกอนละลายในโครงสร้าง ในขณะที่แพลเลเดียมไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนเฟสของโครงสร้างลาเมลายูเทคติกหลังหล่อ

4.2 ผลงานอื่น ๆ

ในระยะเวลา 1 ปีของการรับทุนวิจัย โครงการวิจัยนี้ได้นำเสนอผลงานวิชาการในการประชุมวิชาการระดับชาติและได้รับรางวัลดังต่อไปนี้

- W. Kongmuang, **C. Chanmuang**, T. Chairuangsri and J.T.H. Pearce, Age-Hardening, Tarnish Resistance and Microstructure of 935Ag Jewelry Sterling, *The 4th Thailand Metallurgy Conference: Metallurgical Research for Thailand Development*, Oral presentations, November 17-19, 2010, Bangkok, Thailand, 43.

- **C. Chanmuang**, T. Chairuangsri and J.T.H. Pearce, Influence of Casting Techniques on 950Ag Jewelry Sterling, *28th Annual Conference of the Microscopy Society of Thailand*, Oral presentations, January 5-7, 2011, Chiang Rai, Thailand, 25.

- W. Kongmuang, **C. Chanmuang**, T. Chairuangsri and J.T.H. Pearce, Age-Hardening and Related Phase Transformation of 935Ag Jewelry Sterling, *28th Annual Conference of the Microscopy Society of Thailand*, Poster presentations, January 5-7, 2011, Chiang Rai, Thailand, 299.

4.3 งบประมาณที่ได้ใช้จ่ายไปแล้วนับตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยเป็นเงินทั้งสิ้น 196,500 บาท

4.4 งานตามแผนงานวิจัย/โครงการวิจัยที่จะทำต่อไป

- ตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน
- รวบรวมสรุปผลการทดลองเพื่อเตรียมผลงานเพื่อตีพิมพ์ในหัวข้อเรื่อง 'Age-Hardening, Tarnish Resistance and Microstructure of 935Ag Jewellery Sterling' โดยคาดว่าจะตีพิมพ์ในวารสาร Journal of Metals and Compound