# บทที่ 5

# บทสรุป

## สรุปผลการวิจัย

1. โครงสร้างจุลภาคในสภาพหล่อของอะลูมิเนียมผสมหล่อ เอ319 (Al-4.93Si-3.47Cu) ประกอบด้วยเดนไดร์ทของ α-Al ล้อมรอบด้วยโครงสร้างยูเทคติกที่ประกอบด้วยเฟสซิลิกอนยูเทคติกกับสารประกอบโลหะของเฟส $Al_2Cu$ และเฟส $Al_5FeSi$

2. การปรับสภาพด้วยความร้อนทำให้โครงสร้างยูเทคติกมีลักษณะกลมมนขึ้น เมื่อเวลาในการอบละลายหรือบ่มแข็งนานขึ้น ทำให้โครงสร้างยูเทคติกมีขนาดและสัดส่วนโดยพื้นที่ลดลง เนื่องจากการสลายของสารประกอบโลหะลงสู่เมทริกซ์ รวมทั้งทำให้การกระจายตัวของธาตุต่างๆ ในเมทริกซ์สม่ำเสมอมากขึ้น

3. การบ่มแข็งทำให้มีการตกตะกอนในเมทริกซ์ของ α-Al โดยช่วง Under-aged ตะกอนเกิดจากการรวมตัวของทองแดงมีรูปร่างกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 7-20 นาโนเมตร ส่วนในช่วง Peak-aged ตะกอนมีลักษณะเป็นแผ่น มีความหนาประมาณ 3-10 นาโนเมตร และมีความยาวประมาณ 15-120 นาโนเมตร และในช่วง Over-aged ตะกอนมีขนาดใหญ่ขึ้น โดยมีความหนาประมาณ 3-15 นาโนเมตร และมีความยาวประมาณ 30-200 นาโนเมตร

4. ตะกอนในเมทริกซ์หลังการบ่มแข็งน่าจะเป็นเฟส θ''-$Al_2Cu$ หรือ θ'-$Al_2Cu$ โดยมีลำดับการตกตะกอน คือ

สารละลายอิ่มตัวยิ่งยวด (α) $\rightarrow$ โซน GP[1] $\rightarrow$ GP[2] หรือ θ''-$Al_2Cu$ $\rightarrow$ θ'-$Al_2Cu$

5. การปรับสภาพด้วยความร้อนแบบ T6 ทำให้ความแข็งและความแข็งแรงเพิ่มขึ้นจากสภาพหล่อที่มีค่าความแข็งโดยรวมและความแข็งจุลภาคภายในเดนไดร์ทเท่ากับ 34 $HR_B$ และ 73 $HV_{0.05}$ ตามลำดับ ส่วนค่า 0.2% ความเค้นพิสูจน์และความแข็งแรงดึงสูงสุดเท่ากับ 170 MPa และ 227 MPa ตามลำดับ เมื่ออบละลายที่อุณหภูมิ 503 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง และตามด้วยการบ่มแข็งที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ความแข็งโดยรวมและความแข็งจุลภาคภายในเดนไดร์ทมีค่าสูงสุดเท่ากับ 75 $HR_B$ และ 139 $HV_{0.05}$ ตามลำดับ ส่วนค่า 0.2% ความเค้นพิสูจน์และความแข็งแรงดึงสูงสุดมีค่าสูงสุดเท่ากับ 389 MPa และ 400 MPa ตามลำดับ

6. การอบละลายหรือการบ่มแข็งที่เวลาน้อยหรืออุณหภูมิต่ำเกินไป ทำให้ความแข็งและความแข็งแรงต่ำ เนื่องจากกระบวนการตะกอนยังไม่สมบูรณ์ ส่วนการอบที่เวลานานหรืออุณหภูมิสูงเกินไปทำให้ความแข็งและความแข็งแรงลดลงจากค่าสูงสุด เนื่องจากตะกอนมีขนาดใหญ่เกินไปและมีความเครียดลดลง

**ข้อเสนอแนะ**

1. ในงานวิจัยในครั้งนี้ ยังไม่สามารถยืนยันชนิดและโครงสร้างผลึกของตะกอนในเมทริกซ์หลังการบ่มแข็งว่าเป็นเฟส θ''-$Al_2Cu$ หรือ θ'-$Al_2Cu$ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้สามารถอธิบายกลไกการเพิ่มความแข็งแรงและลำดับการตกตะกอนของโลหะอะลูมิเนียมผสม เอ319 โดยอาจใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านที่มีลำอิเล็กตรอนที่มีขนาดเล็กหรือกำลังแยกชัดมากขึ้น

2. ควรมีการศึกษาการปรับสภาพด้วยความร้อนแบบ T4, T5 หรือ T7 เพื่อเปรียบเทียบสมบัติเชิงกล