บทที่ 4

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุป

จากผลการศึกษาสมรรถนะของเครื่องบดแอทไตรเตอร์ที่ใช้ในการเตรียมผงโลหะผสม โดยได้ออกแบบและสร้างเครื่องบดแอทไตรเตอร์ขนาดห้องปฏิบัติการ และศึกษาสมรรถนะของเครื่องแอทไตรเตอร์ โดยบดผสมโลหะอะลูมิเนียม-ทองแดง 33 % ทองแดง โดยน้ำหนักเครื่องบดแอทไตรเตอร์เป็นเครื่องบดพลังงานสูง (high energy ball mill) สามารถใช้ในการเตรียมโลหะผสมเชิงกล ได้ตามวัตถุประสงค์ มีข้อสรุปและข้อเสนอแนะดังนี้

1) เครื่องบดแอทไตเตอร์ หม้อบด ทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิม เกรด 304 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 108 มิลลิเมตร สูง 128 มิลลิเมตร ติดตั้งอยู่บนแท่นรองรับของโครงเครื่องมีผนังสองชั้นระบายความร้อนด้วยน้ำ ปรับความเร็วรอบได้ 4 ระดับ คือ 500, 700, 900 และ 1200 รอบต่อนาที แต่กำลังของเครื่องสามารถทำการบดผสมได้ดีที่ ความเร็วรอบ 2 ระดับคือ 500 และ700 รอบต่อนาที ส่วนความเร็วรอบ 900 และ 1200 รอบต่อนาที สามารถบดผสมได้ในช่วงเวลาสั้นๆ 900 รอบต่อนาที 0.5 ชั่วโมง และ 1200 รอบต่อนาที 5 นาที เพลาขับ 10 และ 12 แขน สามารถเปลี่ยนเพลาขับได้ ลูกบอลขนาดโตสุดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.4 มิลลิเมตร สามารถบดผสมภายใต้บรรยากาศต่างๆ ได้

2) การทดสอบสมรรถนะของเครื่องบดแอทไตรเตอร์ ได้ศึกษาถึงอิทธิพลของความเร็วรอบ เวลาที่บด และจำนวนแขนของเพลาขับต่อการเกิดเฟสของโลหะผสมที่ต้องการ

- เมื่อใช้ความเร็วที่สูงกว่า (700 รอบต่อนาที) ทำให้เกิดเฟสโลหะผสมที่เร็วกว่าความเร็ว 500 รอบต่อนาที เพราะที่ความเร็วรอบสูงขึ้นจะทำให้พลังงานที่ถ่ายโอนจากการชนของลูกบอลไปยังอนุภาค (สมการที่ 1.3) สูงขึ้นตามด้วย

- เพลาขับ 12 แขน ทำให้เกิดจำนวนของความเค้นที่กระทำบนอนุภาคจากการกระทบของลูกบอลมากกว่า 10 แขน จึงทำให้เกิดเฟสที่ต้องการเร็วกว่าเมื่อใช้ความเร็วรอบในการบดเท่ากัน

- เวลาในการบดผสมที่นานขึ้นทำให้การกระจายตัวของผงโลหะมีปฏิกิริยาอย่างสม่ำเสมอและเกิดการแพร่ของธาตุหนึ่งสู่อีกธาตุหนึ่งมากขึ้น และเกิดเป็นโลหะผสมที่ต้องการได้ อย่างไรก็ตามเมื่อเวลาบดนานมากขึ้นจะมีแนวโน้มทำให้โครงสร้างของโลหะผสมกลายเป็นเฟสอะมอร์ฟัสโดยปฏิกิริยา เป็นดังนี้ $(Al+Cu) \rightarrow (CuAl_2)_{\text{ผลึก}} \rightarrow (Al+Cu)_{\text{อะมอร์ฟัส}}$ (Kim and Koch, 1983)

3) อิทธิพลของความเร็วรอบ เวลาที่บดและจำนวนแขนของเพลาขับต่อลักษณะรูปร่างของอนุภาค ความละเอียดและการกระจายตัวของอนุภาคที่บดได้

- อนุภาคที่ได้มีรูปร่างเป็นแผ่นบางๆ และรูปร่างอนุภาคไม่ได้ขึ้นอยู่กับความเร็วรอบ เวลา และจำนวนแขน

- เพลา 12 แขน จะบดอนุภาคได้ขนาดละเอียดกว่าเพลา 10 แขน ที่ความเร็วรอบและเวลาบดเท่ากัน เนื่องจากจำนวนแขนที่มากกว่า ทำให้จำนวนการตีลูกบอลหรือกระทบ ลูกบอลเพิ่มขึ้นเกิดการกระแทกและการเฉือนอนุภาคเพิ่มขึ้น

- ความเร็วรอบที่สูงขึ้นจะบดอนุภาคได้ขนาดละเอียดกว่าความเร็วรอบต่ำ เพราะความถี่ที่ลูกบอลวิ่งกระทบกันเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น

- เวลาบดเพิ่มขึ้นจะทำให้ได้อนุภาคที่เล็กลงและมีการกระจายตัวที่แคบลง (มีอนุภาคขนาดใกล้เคียงกันมากขึ้น)

4) อิทธิพลของความเร็วรอบ เวลาที่บดและจำนวนแขนของเพลาขับต่อการใช้พลังงานไฟฟ้า และการถ่ายโอนพลังงานจากลูกบอลไปยังอนุภาค

- กำลังไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นตามอัตราเร็วของเพลาขับ เพราะทอร์คมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มความเร็วรอบและพลังงานที่ถ่ายโอนไปยังอนุภาคย่อมขึ้นอยู่กับอัตราเร็วของเพลาขับ

- การถ่ายโอนพลังงานในกรณีเพลา 12 แขน มีประสิทธิภาพมากกว่าเพลา 10 แขน เพราะสามารถบดผงโลหะได้ขนาดอนุภาคที่เล็กกว่า (มีพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้นมากกว่า) เมื่อใช้ความเร็วรอบและเวลาบดเท่ากัน แต่ใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่า

4.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรใช้มอเตอร์ไฟฟ้าชนิด 3 เฟส ขนาดมอเตอร์ขึ้นอยู่กับการคำนวณจากโหลดที่ใช้ แต่ควรเผื่อขนาดจากที่คำนวณไว้ 1-1.5 เท่า

2. ในการบดต้องใส่สารหล่อลื่นทุกครั้ง เช่น แอลกอฮอล์ หรือ stearic acid แต่ควรใช้ stearic acid เพราะสารตัวนี้จะเคลือบผิวลูกบอล ผงวัสดุและผนังหม้อบดทำให้ลื่น ลดการเสียดสี ทำให้การบดไม่ติดขัด ยืดอายุหม้อบดตลอดจนป้องกันการจับตัวเป็นก้อนของอนุภาค

3. ออกแบบช่วงความเร็วรอบให้ละเอียดมากกว่านี้ เพื่อจะได้รองรับการทดลองในเงื่อนไขต่างๆ ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

4. ระบบถ่ายทอดกำลัง ควรเปลี่ยนจากระบบพูเลย์สายพานเป็นระบบมอเตอร์-เกียร์ เนื่องจากสายพานเมื่อใช้ไปนานๆ จะเกิดการหย่อน ทำให้ความเร็วตก เกิดความไม่แน่นอนขึ้น ระบบมอเตอร์เกียร์ ให้ความแน่นอนกว่า แต่มีข้อเสียคือมีราคาที่สูงกว่า

5. การวัดเปอร์เซ็นต์ของโลหะผสม สามารถวัดได้ด้วยเครื่อง XRD โดยจะต้องมีโลหะผสม $CuAl_2$ และ Cu_9Al_4 เป็นโลหะผสมมาตรฐานให้กับเครื่อง XRD