

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(6)
รายการตาราง	(8)
รายการรูป	(9)
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 บทนำ	1
1.2 การตรวจเอกสาร	2
1.3 วัตถุประสงค์	24
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	24
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	25
2 วิธีวิจัย	26
2.1 วิธีการดำเนินการ	26
2.2 การออกแบบและสร้างเครื่องบดแอทไตรเตอร์	26
2.3 การทดลองเพื่อทดสอบสมรรถภาพของเครื่องบดแอทไตรเตอร์	32
3 การทดลองและอภิปรายผล	34
3.1 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องแอทไตรเตอร์	34
3.2 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของความเร็วรอบ เวลาที่บด และจำนวนแขน ของเพลลาขับ ต่อการเกิดเฟสโลหะผสมเชิงกล	34
3.3 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของความเร็วรอบ เวลาที่บด และจำนวนแขน ของเพลลาขับ ต่อลักษณะรูปร่าง ความละเอียดและการกระจายตัวของอนุภาค	42
3.3 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของความเร็วรอบ และจำนวนแขนของเพลลาขับ ต่อการใช้พลังงานไฟฟ้า	54
4 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	56
4.1 สรุป	56
4.2 ข้อเสนอแนะ	57
เอกสารอ้างอิง	58
ภาคผนวก	60
ก. การคำนวณออกแบบเครื่องบดแอทไตรเตอร์	61
ข. แบบเครื่องบดแอทไตรเตอร์	69

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ค. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่	103
ประวัติผู้เขียน	107

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 เปรียบเทียบเครื่องบดชนิดต่างๆ	3

รายการรูป

รูปที่		หน้า
1.1	เครื่องบดแอทไทรเตอร์พลังงานสูง ชนิด Attritor ball mill	3
1.2	แสดงการเปรียบเทียบขนาดผงแร่คาลโคไพไรต์ต่อกำลังไฟฟ้าที่ใช้เพื่อบดหัวแร่คาลโคไพไรต์	4
1.3	แสดงการเคลื่อนที่ของลูกบอลและผงโลหะ	4
1.4	แสดงการเคลื่อนที่ของแกนและลูกบอล	5
1.5	แสดงการกระแทกและการเฉือน	6
1.6	แสดงการถ่ายพลังงานจากแกนสู่ลูกบอล	7
1.7	แสดงเวลาของการบดเป็นปฏิกภาคโดยตรงกับขนาดของลูกบอล	10
1.8	แสดง Kinematics porosity	12
1.9	การเปลี่ยนแปลงของวัสดุภายหลังจากการผ่านกระบวนการโลหะผสมเชิงกล	16
1.10	โครงสร้างจุลภาคของกระบวนการ MA ของ Nickel aluminide intermetallic compound 20 vol % Titanium diboride	16
1.11	แสดงแนวคิด Miniforging ที่เกิดขึ้นกับอนุภาคที่อยู่ระหว่างลูกบอลสองลูกที่กระทบกัน ทำให้เกิดการจับเป็นก้อนใหม่ขึ้น	18
1.12	แสดงการเปลี่ยนแปลงรูปร่างภายหลังจากถูกการชน	20
1.13	แผนภาพสมดุลของโลหะผสม Al-Cu	22
1.14	แผนภาพเฟสของโลหะผสม Al-Cu	23
2.1	หม้อบดแอทไทรเตอร์	27
2.2	ฝาหม้อบดแอทไทรเตอร์	28
2.3	เพลาชับชนิด 10 แชน	29
2.4	เพลาชับชนิด 12 แชน	30
2.5	โครงหลักของเครื่องบดแอทไทรเตอร์	31
2.6	เครื่องบดแอทไทรเตอร์ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว	32
3.1	ผลจากการวิเคราะห์ XRD เมื่อใช้เพลาชับ 10 แชน ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที และเวลาบด 1 1.5 และ 2 ชั่วโมง	35
3.2	การกระจายตัวของธาตุต่าง ๆ จากการวิเคราะห์ด้วย X-ray mapping ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที และใช้เพลาชับ 10 แชน ที่เวลาต่าง ๆ	36

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.3 ผลการวิเคราะห์สมบัติความร้อนด้วยเครื่อง DTA เพลลาขับ 10 แชน ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที ที่เวลาบดต่าง ๆ	37
3.4 ผลจากการวิเคราะห์ XRD เมื่อใช้เพลลา 12 แชน ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที และเวลาบด 1 1.5 และ 2 ชั่วโมง	38
3.5 การกระจายตัวของธาตุต่าง ๆ จากการวิเคราะห์ด้วย X-ray mapping ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที และใช้เพลลาขับ 12 แชน ที่เวลาต่าง ๆ	39
3.6 ผลการวิเคราะห์สมบัติความร้อนด้วยเครื่อง DTA เพลลาขับ 12 แชน ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที ที่เวลาบดต่าง ๆ	40
3.7 ผลจากการวิเคราะห์ XRD เมื่อใช้เพลลา 10 แชน ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที และเวลาบด 0.1 1 1.5 และ 2 ชั่วโมง	41
3.8 ผลจากการวิเคราะห์ XRD เมื่อใช้เพลลา 12 แชน ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที และเวลาบด 0.1 1 1.5 และ 2 ชั่วโมง	41
3.9 ภาพการกระจายตัวของธาตุต่าง ๆ จากการวิเคราะห์ด้วย X- ray mapping ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที เพลลาขับ 10 แชน ที่เวลาต่าง ๆ	44
3.10 ภาพการกระจายตัวของธาตุต่าง ๆ จากการวิเคราะห์ด้วย X- ray mapping ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที เพลลาขับ 12 แชน	45
3.11 ผลการวิเคราะห์สมบัติความร้อนด้วยเครื่อง DTA เพลลาขับ 10 แชน ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที ที่เวลาต่าง ๆ	46
3.12 ผลการวิเคราะห์สมบัติความร้อนด้วยเครื่อง DTA เพลลาขับ 12 แชน ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที ที่เวลาต่าง ๆ	47
3.13 ลักษณะผองอะลูมิเนียมและทองแดงถ่ายด้วยเครื่อง SEM กำลังขยาย 3500 เท่า	48
3.14 ลักษณะอนุภาคที่บดด้วยเครื่องบดแอทไทรเตอร์ ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที เพลลาขับ 10 แชน ที่เวลาบดต่าง ๆ	48
3.15 ลักษณะอนุภาคที่บดด้วยเครื่องบดแอทไทรเตอร์ ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที เพลลาขับ 10 แชน ที่เวลาบดต่าง ๆ	49
3.16 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดอนุภาคผงโลหะต่อเวลาบดผสม เพลลาขับ 10 และ 12 แชน ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที เวลาบด 1 1.5 และ 2 ชั่วโมง	49
3.17 การกระจายตัวของอนุภาคผงโลหะผสม Al-33%Cu ใช้ เพลลา 10 แชน ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที ใช้เวลาบด 1 1.5 และ 2 ชั่วโมง	50

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.18 การกระจายตัวของอนุภาคผงโลหะผสม Al-33%Cu ใช้ เพลลา 12 แขน ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที เวลาบด 1 1.5 และ 2 ชั่วโมง	51
3.19 ลักษณะอนุภาคที่บดด้วยเครื่องบดแอทไดรเตอร์ ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที เพลลาชั้น 10 แขน ที่เวลาบดต่างๆ	52
3.20 ลักษณะอนุภาคที่บดด้วยเครื่องบดแอทไดรเตอร์ ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที เพลลาชั้น 12 แขน ที่เวลาบดต่างๆ	53
3.21 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดอนุภาคผงโลหะต่อเวลาบดผสม เพลลาชั้น 10 และ 12 แขน ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที เวลาบด 0.5 1 1.5 และ 2 ชั่วโมง	54
3.22 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ต้องการของเครื่องบด เมื่อไม่ใส่ผงโลหะ ใช้เพลลาชั้น 10 และ 12 แขน ต่อความเร็วรอบ 500 700 และ 900 รอบต่อ 900 รอบต่อนาที	55
3.23 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ต้องการของเครื่องบด เมื่อไม่ใส่ผงโลหะ ใช้เพลลาชั้น 10 และ 12 แขน ต่อความเร็วรอบ 500 700 และ 900 รอบต่อ 900 รอบต่อนาที	56