บทที่ 2

วิธีการวิจัย

2.1 วิธีดำเนินการ

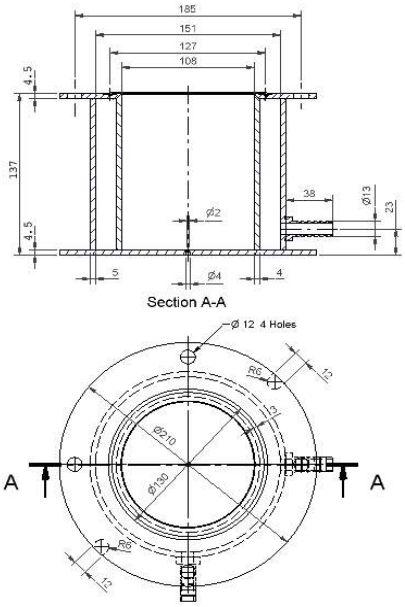
การวิจัยนี้แบ่งออกได้เป็นสองส่วนคือ ออกแบบและสร้างเครื่องบดแอทไตรเตอร์ขนาดห้องปฏิบัติการมีหม้อบดขนาดปริมาตร 1 ลิตร เพลาขับสามารถเปลี่ยนได้ เพลาขับมีสองชนิดคือเพลาขับชนิด 10 แขนและ 12 แขน ความเร็วรอบสามารถปรับได้ 4 ระดับ 500 700, 900 และ 1200 รอบต่อนาที ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ความเร็วรอบสองระดับคือ 500 และ700 รอบต่อนาที ในส่วนที่สองคือหาสมรรถนะของเครื่องบดแอทไตรเตอร์ โดยการทดลองการเตรียมโลหะผสมอะลูมิเนียม-ทองแดง ในอัตราส่วนผสม 67:33 โดยน้ำหนัก (ชั่งน้ำหนัก) ของบอลบดที่ใช้เป็นเหล็กกล้าไร้สนิมขนาด 6.4 มิลลิเมตร บดผสมภายใต้บรรยากาศก๊าซอาร์กอน ตัวแปรที่ศึกษาคือ จำนวนแขนของเพลาขับ ความเร็วรอบและเวลาที่ใช้ในการบดผสม

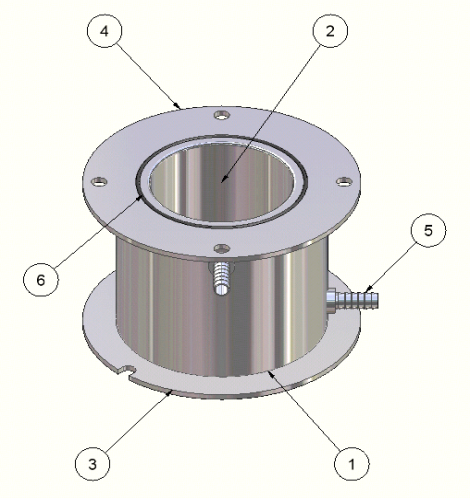
2.2 การออกแบบและสร้างเครื่องบดแอทไตรเตอร์

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ออกแบบและสร้างเครื่องบดแอทไตรเตอร์ขนาดห้องปฏิบัติการซึ่งมีหม้อบดขนาด 1 ลิตร ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟสขนาด 1 แรงม้า ปรับความเร็วรอบได้ 4 ระดับคือ 500, 700, 900 และ 1200 รอบต่อนาที เพลาขับมี 2 ชนิด คือ เพลาชนิด 10 แขนและ 12 แขน เครื่องบดแอทไตรเตอร์ที่ได้ออกแบบนี้จะเน้นที่ราคาถูก ใช้วัสดุภายในท้องถิ่นทั้งหมด หลักการทำงานของเครื่องไม่ซับซ้อน ใช้งานง่าย บำรุงรักษาง่าย และแข็งแรงทนทาน เครื่องบดแอทไตรเตอร์ที่ออกแบบได้ใช้หลักการถ่ายทอดกำลังของเครื่องเจาะโลหะแบบธรรมดาที่ใช้กันทั่วไป

2.2.1 หม้อบดแอทไตรเตอร์

หม้อบดทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 ความหนา 4.5 มิลลิเมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 108 มิลลิเมตร สูง 128 มิลลิเมตร ปริมาตร 1.173 ลิตร มีผนังสองชั้นระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่ก้นหม้อบดจะติดเทอร์โมคัปเปิลโดยเจาะรูทำเกลียวแล้วขันเทอร์โมคัปเปิลติดเข้าไป ซึ่งจะติดแน่นสามารถกันการรั่วซึมของก๊าซได้ สายเทอร์โมคัปเปิลจะต่อเชื่อมกับจอแสดงผล ซึ่งสามารถวัดค่าความร้อนที่เกิดขึ้นภายในหม้อบด สามารถบดผสมภายในบรรยากาศก๊าซอาร์กอนได้ (รูปที่ 2.1)



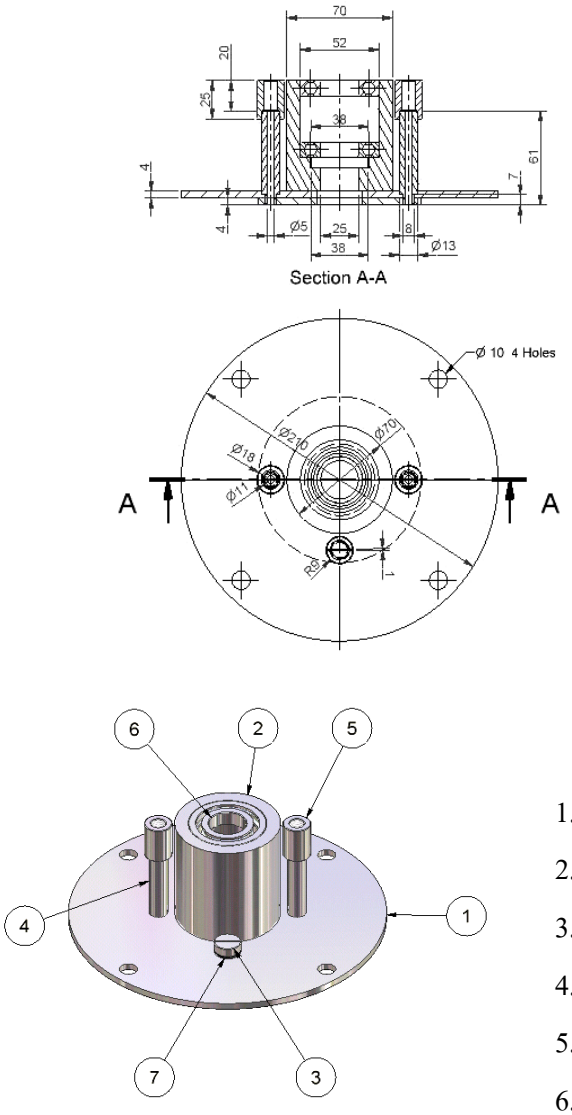


1. ผนังนอก
2. ผนังใน
3. หน้าแปลนล่าง
4. หน้าแปลนบน
5. ข้อต่อสายยาง
6. ร่องซีลโอลิง

รูปที่ 2.1 หม้อบดแอทไตรเตอร์

2.2.2 ฝาหม้อบด

ฝาหม้อบดทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 210 มิลลิเมตร สูง 86 มิลลิเมตร บอลแบริงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรู 25 มิลลิเมตร จำนวน 2 ตัว มีแผ่นกันรั่ว (seal) จำนวน 2 ตัวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรู 25 มิลลิเมตร เพื่อกันก๊าซรั่ว มีท่อสองท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรู 13 มิลลิเมตร เพื่อต่อกับปั๊มสุญญากาศ (vacuum pump) และต่อกับถังก๊าซอาร์กอนตามลำดับ (รูปที่ 2.2)



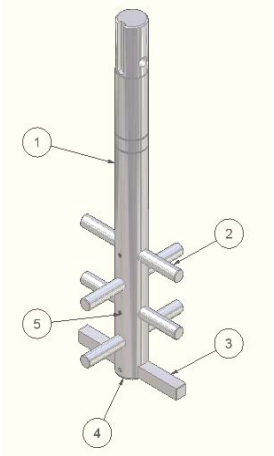
1. หน้าแปลนฝาหม้อบด
2. ตัวเรือนแบริง
3. ลูกอุดช่องบรรจุ
4. ข้อต่อปั๊มสุญญากาศ
5. ข้อต่อก๊าซอาร์กอน
6. บอลแบริง
7. ซีลโอลิง

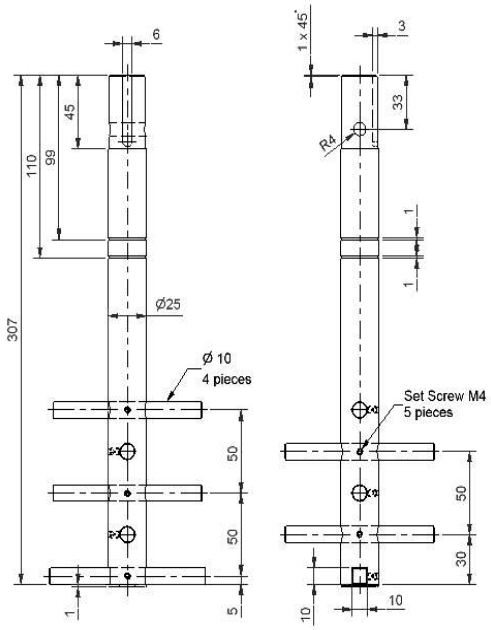
รูปที่ 2.2 ฝาหม้อบดแอทไตรเตอร์

2.2.3 เพลาขับ

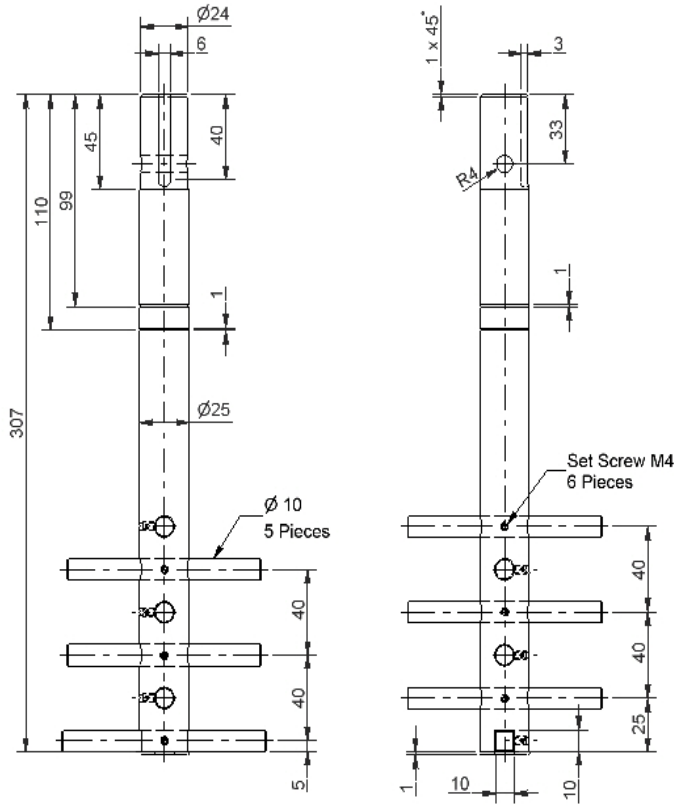
เพลาขับทำหน้าที่รับถ่ายทอดกำลังจากมอเตอร์ผ่าน พูเลย์ สายพานตัววีสู่บอลบดและผงโลหะ เพลาขับที่ออกแบบมี 2 ชนิด คือ ชนิด 10 แขนและ 12 แขน เพลาขับจะประกอบด้วยสองชิ้นส่วนหลักคือ เพลาและแขน เพลาเป็นเพลากลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ยาว 307 มิลลิเมตร ทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 แขนมีสองชนิดคือ ชนิดกลมและชนิดเหลี่ยม ซึ่งชนิดเหลี่ยมเป็นแขนที่อยู่ล่างสุดของเพลา แขนชนิดเหลี่ยม ขนาด 10 × 10 × 39.5 มิลลิเมตร ทำหน้าที่กวาดผงโลหะและตีบอลที่ก้นหม้อบด แขนกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ยาว 39.5 มิลลิเมตร แขนทั้งสองชนิดทำด้วยเหล็กกล้าเครื่องมือความเร็วสูง (high speed tool steel) มีทังสเตนผสมหลัก (type T) เหล็กเครื่องมือชนิดนี้มีทังสเตนผสมเป็นส่วนมาก เช่น HSS 18-4-1 (185W, 45CR, 1%V) มีสมบัติต้านทานต่อการสึกหรอดี จึงนิยมนำไปใช้ทำสว่าน มีดกลึงเป็นต้น (รูปที่ 2.3 - 2.4)

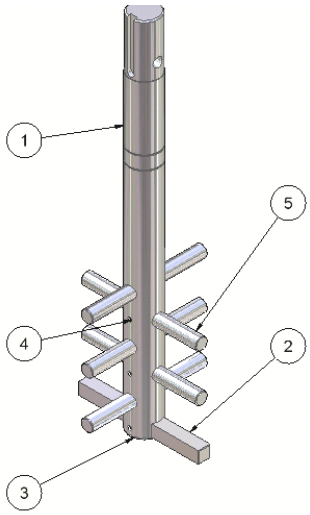
1. เพลาชนิด 10 แขน
2. แขนชนิดกลม
3. แขนชนิดเหลี่ยม
4. แหวนป้องกันแขน
5. สลักเกลียวหนอน





รูปที่ 2.3 เพลาขับชนิด 10 แขน



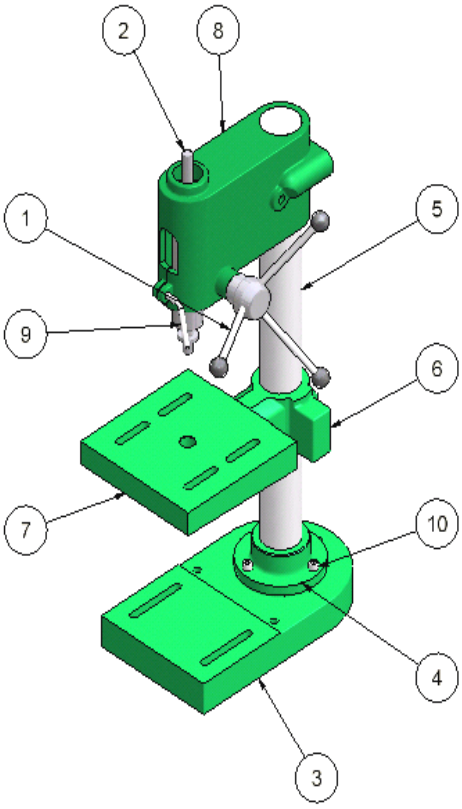


1. เพลาชนิด 12 แขน
2. แขนชนิดเหลี่ยม
3. แหวนป้องกันแขน
4. สลักเกลียวหนอน
5. แขนชนิดกลม

รูปที่ 2.4 เพลาขับชนิด 12 แขน

2.2.4 โครงเครื่อง

เป็นโครงหลักของเครื่องใช้รองรับอุปกรณ์ต่างๆของเครื่องเช่น มอเตอร์ ตัวเรือน หม้อบดเป็นต้น ชิ้นส่วนที่สำคัญได้แก่ตัวเรือน พื้นรองรับหม้อบด และฐานเครื่องซึ่งต้องการวัสดุที่แข็งแรงทนทานต่อแรงกระทำต่างๆ ได้ใช้เหล็กหล่อสีเทาซึ่งมีความแข็งสามารถรับแรงอัดได้ดีขึ้นรูปโดยวิธีการหล่อ และเหล็กหล่อสีเทาราคาไม่สูงจึงนิยมใช้ทำเครื่องจักร (รูปที่ 2.5)



1. แขนปรับเพลาขึ้นลง
2. เพลาส่วนบน
3. ฐานเครื่อง
4. หน้าแปลนยึดเสา
5. เสา
6. ชุดปรับเลื่อนขึ้นลง
7. โต๊ะรับหม้อบด
8. ตัวเรือน
9. ปลอก
10. นอต

รูปที่ 2.5 โครงหลักของเครื่องบดแอทไตรเตอร์

2.2.5 เครื่องบดแอทไตรเตอร์

รูปที่ 2.6 เครื่องบดแอทไตรเตอร์ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว

2.3 การทดลองเพื่อทดสอบสมรรถนะของเครื่องบดแอทไตรเตอร์

ในการทดลองนี้มีจุดประสงค์ เพื่อต้องการศึกษาสมรรถนะของเครื่องบดแอทไตรเตอร์โดยบดผสม ระหว่างผงโลหะอะลูมิเนียมและผงโลหะทองแดง โดยใช้สัดส่วน 67: 33 โดยน้ำหนัก (ชั่งน้ำหนัก) ลูกบอลบดเหล็กกล้าไร้สนิมขนาด 6.4 มิลลิเมตร (ลูกบอลที่ใช้กับเครื่องบดแอทไตรเตอร์ 3.18-9.52 มิลลิเมตร เครื่องบดอทไตรเตอร์พลังงานสูง 0.5-3 มิลลิเมตร (Szegvzri and Yang, 1999) ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ลูกบอลขนาด 6.4 มิลลิเมตรเนื่องจากเป็นขนาดเล็กสุดที่มี และการสั่งซื้อลูกบอลต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศซึ่งมีข้อจำกัดคือต้องสั่งปริมาณมาก) ปริมาณ 60 % ของปริมาตรหม้อบด ผงโลหะอะลูมิเนียมและผงโลหะทองแดง ปริมาณ 9% ของบอลบด ในการศึกษาจะศึกษาถึงอิทธิพลของจำนวนแขนแกนหมุน ความเร็วรอบของแกนหมุนและเวลาต่อการเกิดเฟสยูเทคติก ระหว่าง Al และ θ-$CuAl_2$ ด้วยกระบวนการโลหะผสมเชิงกลต่อการบดอนุภาคในเทอมของการกระจายตัวและความละเอียดของอนุภาค ตลอดจนลักษณะรูปร่างของอนุภาคที่เกิดขึ้น ภายในหม้อบดควบคุมบรรยากาศด้วยก๊าซอาร์กอน ความเร็วรอบที่ทำการศึกษา คือ 500 และ 700 รอบต่อนาที เวลาที่ใช้บดผสม

เพลาชนิดชนิด 10 แขนใช้เวลา 1, 1.5, และ 2 ชั่วโมง ส่วนเพลาชนิดชนิด 12 แขนใช้เวลา 0.5, 1, 1.5, และ 2 ชั่วโมง ขั้นตอนการทดลองเริ่มจากการทำความสะอาดหม้อบดและทำความสะอาดลูกบอลบดก่อนการบด ชั่งน้ำหนักลูกบอล 2.8 กิโลกรัม (ปริมาณ 60% ของปริมาตรหม้อบด) ใส่ลูกบอลบดเหล็กกล้าไร้สนิมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.4 มิลลิเมตร ผ่านทางช่องบรรจุของหม้อบด ชั่งน้ำหนักของผงโลหะอะลูมิเนียม 32.16 กรัม (67 %) ผงโลหะทองแดง 15.84 กรัม (33%) โดยน้ำหนัก โดยที่น้ำหนักผงโลหะอะลูมิเนียมและผงโลหะทองแดงรวมกันเท่ากับ 48 กรัม (9% ของปริมาตรบอลบด) นำผงโลหะอะลูมิเนียมและทองแดงที่ชั่งไว้ผสมกัน ในการผสมกันต้องใช้เมทิลแอลกอฮอล์ประมาณ 3-4 ซีซี ผสมเข้าด้วยกัน เพื่อช่วยหล่อลื่นในระหว่างการบดไม่ให้ผงโลหะจับตัวกันเป็นก้อนแต่เมื่อผงโลหะผสมถูกชักตัวอย่างไปทำให้ผงโลหะเหลือน้อยลงในการผสมเมทิลแอลกอฮอล์ก็จะลดลงไปด้วย ส่วนผสมจะเหลือประมาณ 1-2 ซีซี เมื่อผสมแล้วนำไปใส่ลงในหม้อบดผ่านทางช่องบรรจุของหม้อบด ตรวจเช็ค ขันนอตให้แน่นเพื่อป้องกันการรั่วของก๊าซอาร์กอน ไล่อากาศที่อยู่ภายในหม้อบดออกโดยใช้เครื่องปั๊มสุญญากาศ เปิดก๊าซอาร์กอนแรงดัน 40 Psi เข้าหม้อบด ตรวจเช็ครอยรั่วของก๊าซอาร์กอนบริเวณต่าง ๆ เปิดเครื่องบดแอทไตรเตอร์ ใช้เพลาชนิด 10 แขน ทำการบดที่ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที ชักตัวอย่างที่เวลาต่าง ๆ 3 ช่วงเวลา คือ 1 1.5 และ 2 ชั่งโมง ครั้งละ 5 กรัม โดยเมื่อบดมาถึงแต่ละช่วงเวลาที่ต้องชักตัวอย่าง หยุดเครื่องเอียงเทผงโลหะและบอลบดลงถาดเหล็กกล้าไร้สนิม ใช้ตะแกรงร่อนคัดแยกผงโลหะ นำผงโลหะทั้งหมดเกลี่ยให้เรียบบนพื้นที่วงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 150 มิลลิเมตร แบ่งวงกลมเป็นสี่ส่วนเท่ากัน แล้วชักตัวอย่างโดยเลือกจากสองเสี้ยววงกลมที่ตรงข้ามกัน 5 กรัม นำผงโลหะที่เหลือจากการชักตัวอย่างและบอลบดบรรจุเข้าหม้อบดและบดต่อไปจนถึงเวลาชักตัวอย่างก็หยุดเครื่อง และทำการชักตัวอย่างตามวิธีเดิมจนครบทุกช่วงเวลา ทดลองต่อที่ความเร็ว 500 รอบต่อนาทีเท่าเดิมแค่เปลี่ยนเพลาเป็นชนิด 12 แขน ทดลองและชักตัวอย่างเช่นเดียวกับเพลาชนิด 10 แขน ทดลองต่อใช้เพลาเป็นชนิด 10 แขน แต่เปลี่ยนความเร็วรอบเป็น 700 รอบต่อนาที และเพิ่มช่วงเวลาชักตัวอย่างเป็น 4 ช่วงเวลาคือ 0.5 1 1.5 และ 2 ชั่วโมง (เพิ่มช่วงเวลา 0.5 ชั่วโมง) การทดลองทำเช่นเดิม ทดลองต่อที่ความเร็ว 700 รอบต่อนาทีเท่าเดิมเปลี่ยนเพลาเป็นชนิด 12 แขน ทดลองและชักตัวอย่างเช่นเดียวกับเพลาชนิด 10 แขน ตัวอย่างจะถูกนำไปวิเคราะห์เฟสที่เกิดขึ้นด้วยเครื่อง XRD (PHILIP: X Pert′MPD) วิเคราะห์การกระจายตัวของธาตุในโลหะผสมเพื่อดูความสม่ำเสมอของเนื้อโลหะผสมที่ได้ด้วยวิธี X-ray mapping ตรวจลักษณะรูปร่างของอนุภาค ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด SEM (JSM-5800 LV, JEOL) วิเคราะห์ขนาดของอนุภาคด้วยเครื่อง LS 230 (Coulter Counter) วิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเครื่อง Different thermal analyzer (Perkin-Elmer, DTA 7) เพื่อตรวจสอบเฟสที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ยังวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าของเครื่องบดแอทไตรเตอร์ ขณะที่ไม่มีผงโลหะและมีผงโลหะผสมอยู่โดยวัดด้วยเครื่องวัตต์มิเตอร์ (Fluke43 Power Quality Analyzer)