บทที่ 3

ระเบียบวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

วัสดุที่ใช้ในการทดลองเป็นวัสดุผงที่ใช้ในงานขึ้นรูปโลหะโดยกรรมวิธีทางโลหะผง โดยมุ่งเน้นชนิดของผงที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ ได้แก่

1. ผงเหล็ก ขนาดเฉลี่ย 10 ไมครอน และ 110 ไมครอน มีส่วนผสมทางเคมีดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมทางเคมีของผงเหล็ก

ส่วนผสมทางเคมี	C	Si	Mn	P	S	O
%โดยน้ำหนัก	0.02	0.02	0.03	0.007	0.004	0.122

2. ผงทองแดง ขนาดเฉลี่ย 33 ไมครอน และ 74 ไมครอน ที่มีความบริสุทธิ์มากกว่า 90 % มีส่วนผสมทางเคมีดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ส่วนผสมทางเคมีของผงทองแดง

ส่วนผสมทางเคมี	Ag	Pb
ขนาด 33 ไมครอน(%)	0.001	0.02
ขนาด 74 ไมครอน(%)	0.001	0.001

3. ผงคาร์บอน ขนาดเฉลี่ย 45 ไมครอน มีส่วนผสมทางเคมีดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ส่วนผสมทางเคมีของผงคาร์บอน

ส่วนผสมทางเคมี	Al	Fe
%โดยน้ำหนัก	0.001	0.008

4. Zinc stearate ขนาดเฉลี่ย 3 ไมครอน

วัสดุที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการสกัดซิลิกาสำหรับดูดความชื้น คือ แกลบข้าว ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากโรงสีข้าว ซึ่งแกลบข้าวที่นำมาทดลองได้จากการปลูกข้าวในเขตจังหวัดลพบุรี

รูปที่ 3.1 แกลบข้าวที่ใช้ในการสกัดซิลิกาจากขี้เถ้าแกลบ

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ (Thermo-hygrometer)
2. เครื่องอัดไฮดรอลิกส์ขนาด 3 ตันประกอบกับชุดควบคุมความชื้น
3. อุปกรณ์วัดอัตราการไหลประกอบกับชุดควบคุมความชื้น
4. อุปกรณ์วัดแรงแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ประกอบกับชุดควบคุมความชื้น
5. ชุดเตาเผาผนึก
6. ชุดอุปกรณ์สำหรับการต้มแกลบข้าว
7. กล้องจุลทรรศน์แบบแสง
8. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด (Scanning Electron Microscope, SEM)
9. X-Ray Diffraction Spectrometer (XRD)
10. X-Ray Fluorescence Spectrometer (XRF)
11. Thermo gravimetric Analyzer (TGA)
12. Laser Particle Size Distribution Analyzer
13. เครื่องวัดพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยวิธี BET Method
14. เครื่องวัดความแข็งแบบ Rockwell Scale A

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

ในงานวิจัยนี้การทดลองจะแยกออกเป็น 3 ส่วนด้วยกันคือ ในส่วนแรก การศึกษาถึงการยึดติดระหว่างอนุภาค ได้แก่ การศึกษาแรงยึดติดด้วยวิธีแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ การศึกษาความสามารถในการไหลด้วยการวัดอัตราการไหล และการวัด Angle of repose การศึกษาความสามารถในการอัดตัว ด้วย การอัดตัวของโลหะผงภายใต้ระดับความชื้นต่างกัน แล้วนำชิ้นงานที่ได้ไปเผาผนึกเพื่อเตรียมชิ้นงานไปศึกษาโครงสร้างของรูพรุน หลังจากนั้นจึงนำชิ้นงานไปวัดความแข็งของชิ้นงานที่ระดับความชื้นต่างกัน ในส่วนที่ 2 คือการเตรียมและศึกษาคุณลักษณะของขี้เถ้าแกลบ เริ่มต้นด้วยการนำแกลบข้าวดิบ ไปบำบัดด้วยสารเคมี แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิต่างๆ ได้ตัวอย่างเป็นขี้เถ้าแกลบ จึงนำไปศึกษาคุณลักษณะด้วยการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ศึกษาลักษณะทางกายภาพของผิว ศึกษาพื้นที่ผิวจำเพาะ ศึกษาเสถียรภาพทางความร้อน และศึกษาขนาดของอนุภาคขี้เถ้าแกลบ ส่วนสุดท้ายคือการนำขี้เถ้าแกลบไปทดลองการดูดซับความชื้นในโลหะผง

3.3.1 การศึกษาการยึดติดระหว่างอนุภาคโลหะผงที่มีผลมาจากความชื้นต่างกัน

3.3.1.1 การศึกษาแรงยึดติดด้วยวิธีแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ (Centrifuge Technique)

การศึกษาแรงยึดติดระหว่างอนุภาคผงโลหะวิธีหนึ่งที่สามารถวัดแรงได้ คือ วิธีวัดด้วยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ (Centrifuge force) ในการทดลองนี้จะนำอุปกรณ์การวัดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์เป็นแบบจานหมุนประกอบเข้าในห้องควบคุมความชื้น ที่ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และซิลิกาเจลปริมาณที่แตกต่างกันในการควบคุมระดับความชื้นต่างกัน

การวัดแรงยึดติดระหว่างอนุภาคผงโลหะด้วยเทคนิคแรงเหวี่ยงหนีศูนย์นี้ เป็นการวัดแรงที่เกิดขึ้นระหว่างอนุภาค โดยการวัดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ที่ได้จากการหมุนจานหมุนซึ่งจะวางผงโลหะจำนวน 20 กรัมบนจานหมุนโดยการเกลี่ยให้กองผงมีขนาดที่ต้องการ แล้วเริ่มหมุนจานหมุนโดยการเพิ่มความเร็วรอบในการหมุนจานจนผงโลหะเริ่มมีการกระจายตัวตรงบริเวณขอบของกองผงแล้วจดบันทึกความเร็วที่ใช้ในการหมุน โดยการควบคุมให้ตำแหน่งของผงที่กระจายบนจานมีค่าคงที่ ซึ่งแรงระหว่างอนุภาคนี้มีตัวแปรมาจาก น้ำหนักของผง รัศมีของจาน ณ จุดที่ผงอยู่ และ ความเร็วรอบของจานหมุนที่ทำให้อนุภาคเกิดการเหวี่ยงออกไปจากตำแหน่งที่ผงอยู่บนจานตามสมการแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ (สมการที่ 3.1)

$$F = m\omega^2 R \qquad (3.1)$$

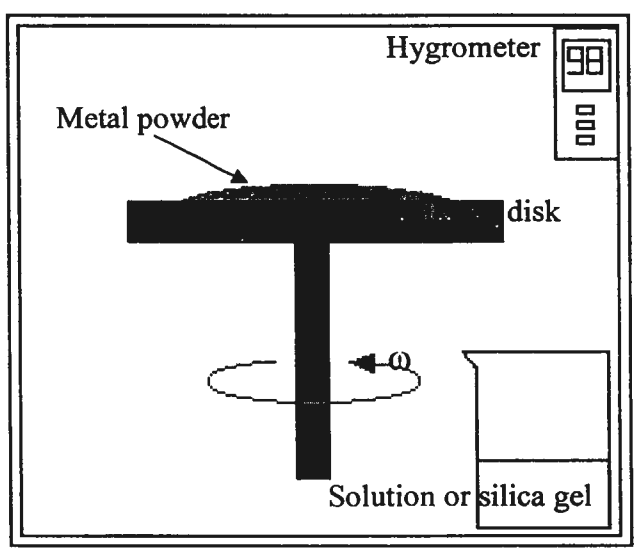
เมื่อ F = แรงที่กระทำกับอนุภาค (N)

m = มวลของอนุภาค (kg.)

ω = ความเร็วเชิงมุม (rad/sec)

R = รัศมีของจานตำแหน่งที่อนุภาคเกิดการกระจาย (m.)

การวัดโดยวัดความเร็วในการหมุนของจานหมุนที่ระดับความชื้นต่างกัน โดยให้ค่าของน้ำหนักผง และรัศมีของจาน ณ ตำแหน่งของผงระยะเฉลี่ยคงที่



รูปที่ 3.2 การวัดแรงยึดติดด้วยวิธีแรงเหวี่ยงหนีศูนย์

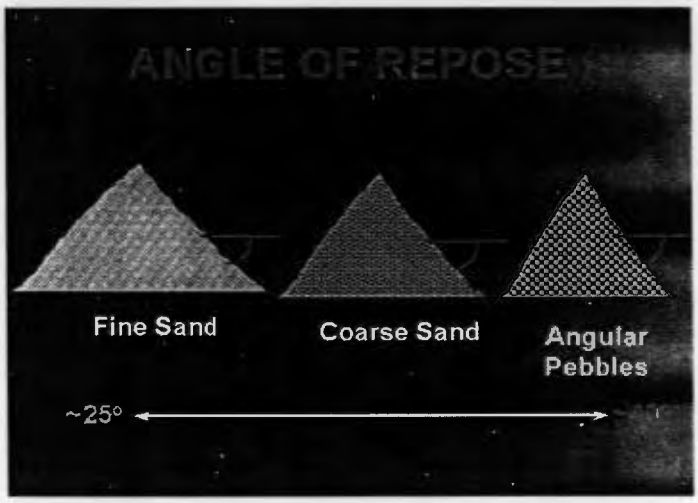
3.3.1.2 การศึกษาความสามารถในการไหลของโลหะผง

3.3.1.2.1 การวัด Angle of repose ของผง

การวัด Angle of repose เป็นอีกวิธีที่สามารถศึกษาความสามารถในการไหลของโลหะผงได้ ซึ่งถ้ามุมของกองผงโลหะที่วัดได้มีค่าน้อยนั่นคือ ผงโลหะมีแรงเสียดทานและแรงยึดติดระหว่างกันน้อยจึงทำให้ผงโลหะสามารถไหลลงมาด้านฐานของกองผงโลหะมากขึ้นทำให้ความสูงของกองผงโลหะมีค่าน้อย ในทางตรงข้ามถ้าผงโลหะมีแรงระหว่างอนุภาคมากการที่ผงโลหะจะเคลื่อนที่ลงมายังฐานของกองผงเป็นไปได้ยาก ทำให้กองผงมีความสูงเพิ่มขึ้นนั่นคือ ค่า Angle of repose สูง

I2296230X

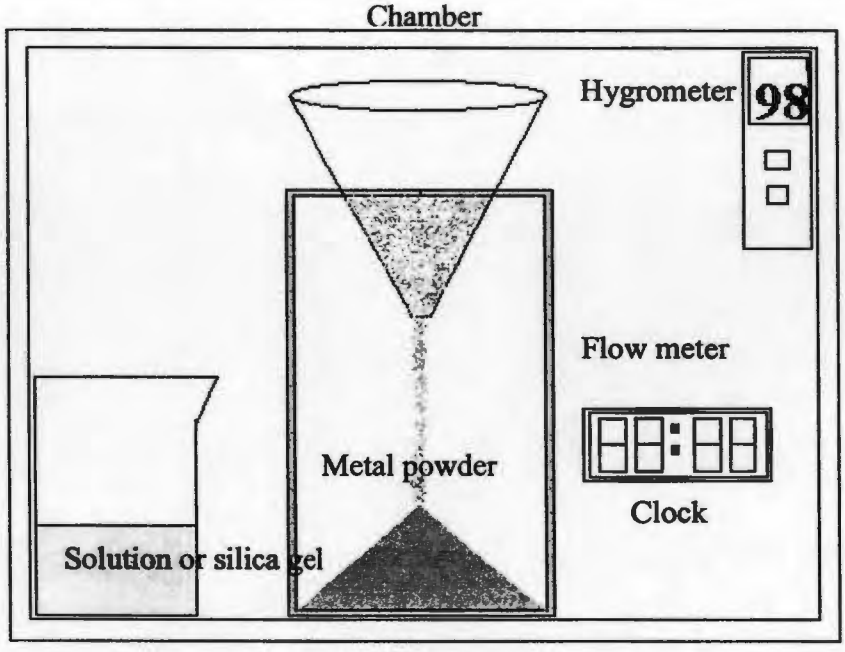
ความสามารถในการไหลมีค่าน้อยนั่นเอง ซึ่งผงโลหะที่มีขนาดอนุภาคที่ต่างกันก็ทำให้ค่า Angle of repose แสดงค่าที่ต่างกันด้วย ดังรูปที่3.3



รูปที่ 3.3 Angle of repose ของวัสดุผงที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน

3.3.1.2.2 การวัดอัตราการไหล (Flow rate)

การวัดอัตราการไหลโดยใช้เครื่องวัดอัตราการไหล (Flow meter) ของผงโลหะซึ่งจะใช้ผงโลหะน้ำหนัก 50 กรัมไหลผ่านเครื่องวัดอัตราการไหล (Flow meter) แล้วจับเวลาที่ใช้ในการไหล เวลาที่ใช้ในการไหลน้อยนั่นคือ ความสามารถในการไหลสูง ในทางตรงข้ามถ้าการไหลใช้เวลามาก ความสามารถในการไหลจะต่ำเช่นกัน ซึ่งเครื่องวัดอัตราการไหลจะประกอบภายในห้องควบคุมความชื้นเพื่อศึกษาความสามารถในการไหลของผงโลหะที่ระดับความชื้นต่างกัน

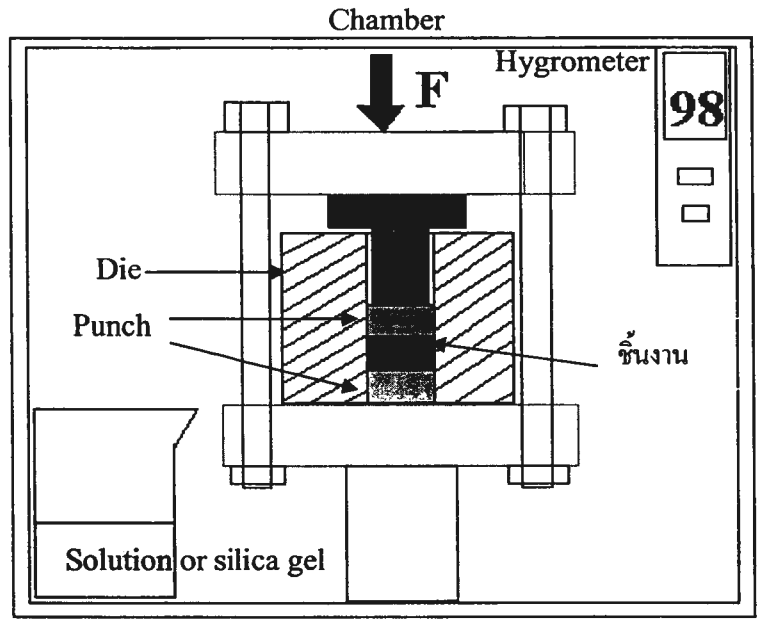


รูปที่ 3.4 เครื่องมือวัดอัตราการไหลของวัสดุผง

3.3.1.3 การศึกษาความสามารถในการอัดของโลหะผง

3.3.1.3.1 การอัดผงด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกส์ภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ต่างกัน

การศึกษาความสามารถในการอัดตัวของผงวิธีหนึ่งก็คือการวัดความหนาแน่นของชิ้นงาน Green compact การทดลองโดยใช้โลหะผงจำนวน 3.00 กรัม ใส่ภาชนะทิ้งไว้ในกล่องควบคุมบรรยากาศภายใต้ระดับความชื้นสัมพัทธ์ที่ต้องการ ทิ้งไว้ 12 ชั่วโมงแล้วทำการอัดตัวด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกส์ ใช้แรงอัด 2000 กิโลกรัม (206.56 MPa หรือ 29.95 ksi) ซึ่งจะศึกษาถึงผลของความชื้นสัมพัทธ์ที่มีต่อความสามารถในการไหล การไหลเข้าแทนที่ช่องว่างระหว่างอนุภาคของผงก็มีผลต่อความสามารถในการอัดตัวด้วยเช่นกัน



รูปที่ 3.5 เครื่องอัดไฮดรอลิกส์ภายใต้กล่องควบคุมความชื้น

3.3.1.3.2 การวัดความหนาแน่น (Density Measurement)

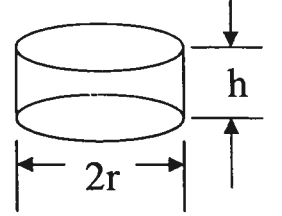
ชิ้นงานที่ผ่านการอัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกส์ นำมาวัดความหนาแน่นของ Green Compact ด้วยวิธีการวัดมิติของชิ้นงานด้วยเวอร์เนียเพื่อคำนวณหาปริมาตร พร้อมกับชั่งหามวลของชิ้นงาน (ในการทดลองนี้ใช้โลหะผงมวล3 กรัม) แล้วนำค่าทั้งสองมาคำนวณหาความหนาแน่น (ρ) ตามสมการที่ 3.2

$$\rho = \frac{M}{V} \qquad (3.2)$$

$$V = \pi r^2 h$$

โดยที่ M = มวลของ Green compact

V = ปริมาตรของ Green compact



ชิ้นงาน Compact

3.3.1.3.3 การเผาผนึกโดยให้เกิดพันธะเป็นบางส่วน (Partial Sintering)

ชิ้นงานที่ได้จากการอัดที่ระดับความชื้นต่างๆ นำมาเผาผนึกที่อุณหภูมิ 1050 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ด้วยอัตราการให้ความร้อน 10 องศาต่อนาทีแล้วเย็นตัวในเตา โดยใช้บรรยากาศเป็นก๊าซอาร์กอนด้วยอัตราการไหลของก๊าซ 5 ลิตรต่อนาที เพื่อให้เกิดพันธะกันเป็นบางส่วนระหว่างอนุภาคโลหะผงเพื่อให้การผนึกติดกันระดับที่จะทำให้เกิดคอคอด (Neck) เพื่อให้ชิ้นงานมีความแข็งแรงพอที่จะนำไปขัดเพื่อตรวจสอบโครงสร้างรูพรุนของชิ้นงานต่อไป

3.3.1.3.4 การศึกษาโครงสร้างรูพรุนด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Porous Microstructure)

การศึกษาโครงสร้างรูพรุนของชิ้นงาน Compact โดยตัวอย่างผงชนิดต่างๆที่ได้จากการอัดที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ต่าง 20-98 เปอร์เซ็นต์ นำไปเผาผนึกให้เกิดพันธะระหว่างอนุภาคเป็นบางส่วน (partial sintering) แล้วนำมาขัดผิวด้วยกระดาษทรายเบอร์ 100 ถึงเบอร์ 2000 แล้วขัดมันด้วยผงอะลูมินาขนาด 1 ไมครอน เพื่อดูโครงสร้างรูพรุนของชิ้นงาน โดยการถ่ายรูปโครงสร้างจุลภาคจะถ่ายที่จุดกึ่งกลางของผิวชิ้นงาน เพื่อให้แน่ใจว่าที่ตำแหน่งเดียวกันสามารถเปรียบเทียบโครงสร้างรูพรุนได้

3.3.1.3.5 การวัดความแข็ง (Hardness of Sintered Metal Compact)

การวัดความแข็งเป็นวิธีทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุวิธีหนึ่ง ซึ่งในชิ้นงานที่ผ่านการขึ้นรูปโดยวิธีการอัดด้วย Die Compact ความหนาแน่นของชิ้นงานยังมีความสัมพันธ์กับความแข็งของชิ้นงานอีกด้วย ในการทดลองนี้ทำการศึกษาชิ้นงานที่ได้จากการอัดผงเหล็กขนาด 110 ไมครอนที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ 20-98 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปเผาผนึกที่อุณหภูมิ 1100 $^{\circ}$C แล้วนำไปขัดผิว ก่อนจะนำไปวัดความแข็งโดยใช้เครื่องวัดความแข็งชนิด Rockwell Scale A วัดที่ตำแหน่งจุดต่างๆบนชิ้นงานจากจุดกึ่งกลางถึงขอบของชิ้นงาน

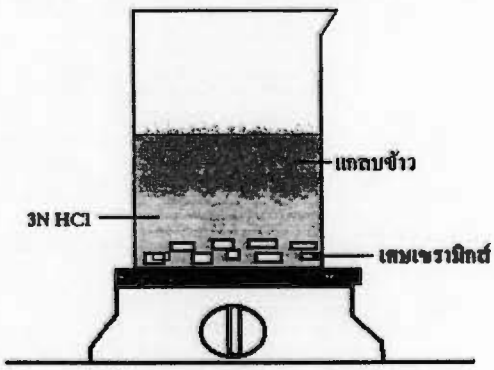
3.3.2 การเตรียมขี้เถ้าแกลบ

3.3.2.1 การชะล้างสิ่งสกปรก (Water Leaching)

ในการเตรียมแกลบข้าวได้ทำการแยกวัสดุที่ไม่ต้องการโดยใช้ตะแกรงร่อนเอาเศษดินออกจากแกลบข้าวหรืออาจจะคัดแยกด้วยมือ เพราะไม่สามารถชะล้างให้ออกหมดได้ หลังจากนั้นจึงนำแกลบข้าวไปล้างกับน้ำสะอาดเพื่อขจัดสิ่งสกปรกออกไป แล้วกรองน้ำออกให้สนิทก่อนที่จะนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

3.3.2.2 การบำบัดด้วยสารเคมี (Chemical Treatment)

สารเคมีที่ใช้ในการต้มแกลบข้าว คือ 3 mol HCl ซึ่งกรด 3 mol HCl เตรียมจากกรด HCl เข้มข้น 12 mol ปริมาตร 375 มิลลิลิตร กับน้ำกลั่น 1125 ได้ 3 mol HCl ปริมาตร 1500 มิลลิลิตร ต่ออัตราส่วน แกลบข้าว 200 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 5000 มิลลิลิตร แล้วนำไปต้มโดยให้ความร้อนถึงจุดเดือด ใส่เศษเซรามิกส์เพื่อกันการกระเพื่อมของกรดขณะเดือด ต้มนานเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปล้างด้วยน้ำสะอาดเพื่อล้างสารเคมีออก ทดสอบค่า pH ด้วยกระดาษลิสมัส จนได้ค่า pH $\cong$ 7 ก่อนที่จะนำแกลบข้าวไปอบแห้งที่ 110°C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง



รูปที่ 3.6 อุปกรณ์สำหรับการต้มแกลบด้วยกรด

3.3.2.3 การเผาแกลบข้าว (Incineration)

ในขั้นตอนการเผาแกลบข้าว เราจะนำแกลบข้าวที่ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมี และแกลบข้าวดิบที่ยังไม่ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมี อย่างละ 200 กรัม ใส่ในถ้วย Stainless steel ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร นำเข้าเตาเผา ที่อุณหภูมิห้องให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 500°C 600°C และ 700°C ตามลำดับ ด้วยอัตราการให้ความร้อน 5°C ต่อนาที แล้วจึงรักษาระดับความร้อนที่อุณหภูมินั้นๆ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยบรรยากาศปกติ จึงปล่อยให้เย็นตัวในเตาจนถึงอุณหภูมิห้อง จะได้ตัวอย่างของขี้เถ้าแกลบทั้งหมด 6 ชนิด คือ

ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างของขี้เถ้าแกลบที่ได้จากการเผาแกลบ

RRH 500 °C	RRH 600 °C	RRH 700 °C
TRH 500 °C	TRH 600 °C	TRH 700 °C

*RRH = Raw Rice Husk

TRH = Treated Rice Husk

3.3.3 การตรวจสอบคุณลักษณะของขี้เถ้าแกลบ

3.3.3.1 การตรวจสอบเชิงคุณภาพและปริมาณของขี้เถ้าแกลบ

การวิเคราะห์ด้วย X-Ray Fluorescece Spectrometer (XRF) ซึ่งสามารถตรวจหาองค์ประกอบทางเคมีได้ทั้งเชิงปริมาณของธาตุและเชิงคุณภาพของธาตุแต่ละชนิดที่ประกอบอยู่ในขี้เถ้าแกลบ เพื่อวิเคราะห์หาความบริสุทธิ์ของซิลิกา และสารเจือปนที่อยู่ในขี้เถ้าแกลบ

3.3.3.2 การตรวจสอบโครงสร้างผลึก

ตัวอย่างขี้เถ้าแกลบที่ได้จากการเผาทั้ง 6 ชนิด (ดังตารางที่ 3.4) ตรวจสอบโครงสร้างผลึกของขี้เถ้าแกลบด้วยเครื่อง X-Ray Diffraction Spectrometer (XRD) ใช้ช่วงในการส่องกวาด 15 ถึง 45 องศา ด้วยความเร็ว 2 องศาต่อนาที ซึ่ง X-Ray Diffraction เป็นเทคนิคที่ใช้วิเคราะห์คุณลักษณะตัวอย่างวัสดุพื้นฐานชนิดการวิเคราะห์แบบไม่ทำลาย (Non-Destructive Analysis) เพื่อศึกษาโครงสร้างผลึก การจัดเรียงตัวของอะตอมในโมเลกุลของสารประกอบต่างๆ โดยครอบคลุมการวิเคราะห์ทั้งเชิงปริมาณ (Quantitative) และเชิงคุณภาพ (Qualitative) ระบบโครงสร้างผลึกของวัสดุ และ Lattice parameter โดยอาศัยหลักการเลี้ยวเบนและการกระเจิงของรังสีเอ็กซ์

3.3.3.3 ความเสถียรภาพทางความร้อน (Thermal Stability)

เป็นการตรวจสอบเสถียรภาพทางความร้อน หาการสูญเสียน้ำหนักของแกลบข้าวโดยอาศัยหลักการแตกตัวทางความร้อนตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Thermogravimetric Analyzer (TGA) โดยการเผาจากอุณหภูมิ 25°C จนถึงอุณหภูมิ 800°C ด้วยอัตราการให้ความร้อน 5°C ต่อนาที ซึ่งจะใช้แกลบข้าวที่ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีและยังไม่ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมี ตรวจสอบเพื่อเปรียบเทียบหาการสูญเสียน้ำหนักของตัวอย่างทั้งสองชนิด เพื่อหาปริมาณสารประกอบที่สูญเสียไปเนื่องจากการต้มกรด และทำให้ทราบอุณหภูมิที่มีการแตกตัวของสารประกอบต่างๆ ในแกลบข้าว

3.3.3.4 การตรวจสอบพื้นที่ผิวจำเพาะ

พื้นที่ผิวจำเพาะของขี้เถ้าแกลบสามารถตรวจสอบด้วยวิธี BET Method ซึ่งพื้นที่ผิวของวัสดุเป็นสมบัติทางกายภาพที่มีความสำคัญต่อการนำไปใช้ประโยชน์ การวัดพื้นที่ผิววิธีนี้อาศัยการวัดจากปริมาตรของก๊าซไนโตรเจนที่ถูกดูดซับ (Adsorb) บนผิวของวัสดุ แล้วนำมาคำนวณหาพื้นที่ผิวจำเพาะ (Specific surface area) ของวัสดุต่อไป

3.3.3.5 การวิเคราะห์พื้นผิว

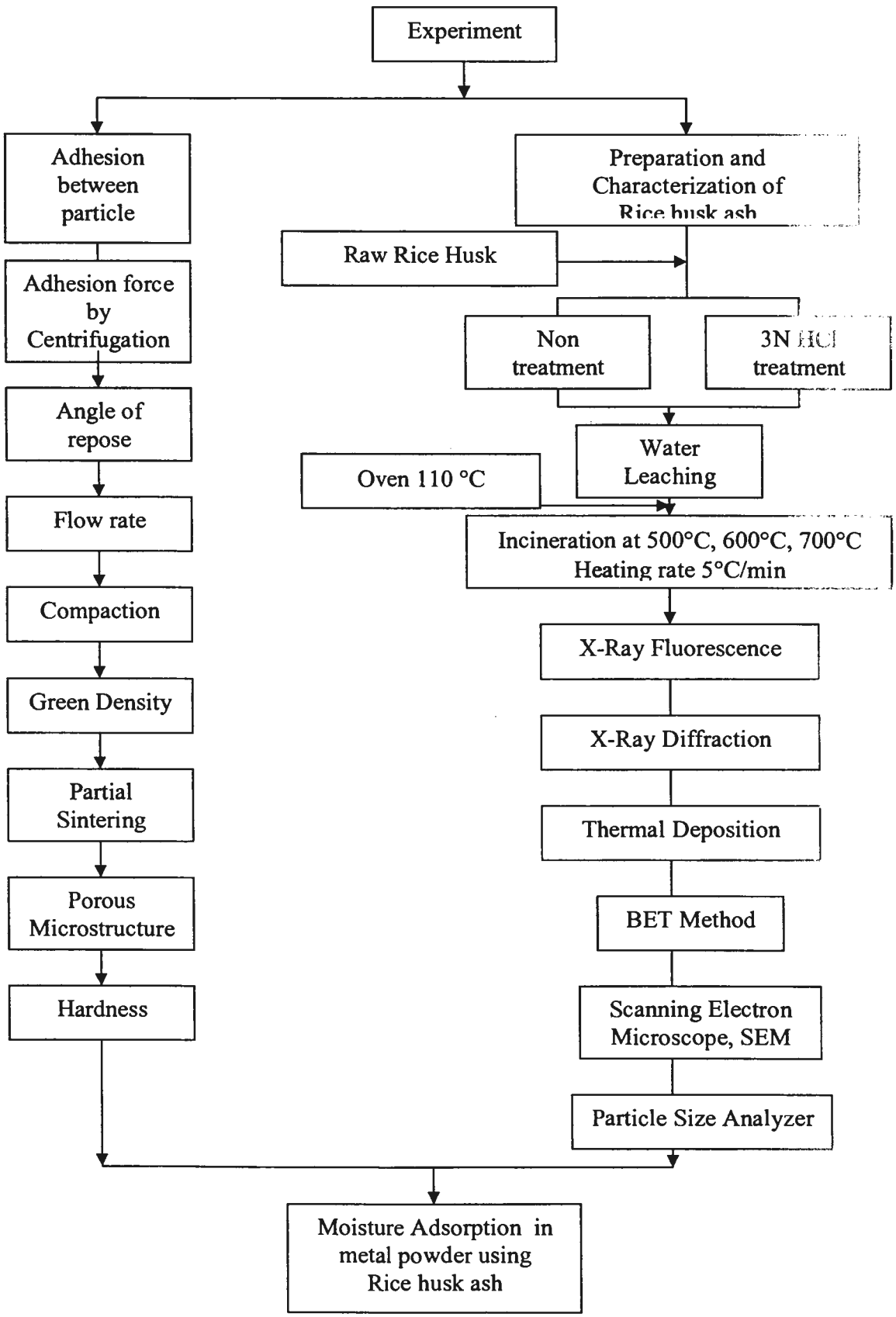
การวิเคราะห์ลักษณะและสภาพผิวของขี้เถ้าแกลบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกวาด (Scanning Electron Microscope, SEM) เพื่อประสิทธิภาพในการมองเห็นวัตถุของกล้องจุลทรรศน์ให้สามารถแจกแจงรายละเอียดของภาพได้มากขึ้นโดยการประยุกต์นำเอาอิเล็กตรอนช่วงคลื่นสั้นกว่าคลื่นแสงมาใช้แทนคลื่นแสงเพื่อตรวจจับสัญญาณอิเล็กตรอนทุติยภูมิ (Secondary electron) ที่เกิดขึ้น หรือใช้ตัวตรวจวัดอิเล็กตรอนกระเจิงกลับ (Backscattering electron) เพื่อให้เกิดสัญญาณภาพของวัสดุที่ใช้วิเคราะห์ได้ละเอียดมากขึ้น

3.3.3.6 การกระจายขนาดอนุภาคของขี้เถ้าแกลบ (Particle Size Distribution Analyzer)

การตรวจหาขนาดของอนุภาคขี้เถ้าแกลบที่ได้จากการเผาแกลบข้าวด้วยวิธี Laser Particle Size Distribution Analyzer ซึ่งขนาดอนุภาคเป็นสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งที่นำไปใช้ในการศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ซึ่งเป็นการวัดการกระจายตัวของอนุภาคตั้งแต่ 0.1 ถึง 300 ไมครอน โดยอาศัยหลักการการดูดกลืนรังสีเอ็กซ์ในการหาปริมาณอนุภาคที่มีขนาดหรือเส้นผ่านศูนย์กลางนั้นๆ

3.3.4 การศึกษาความเป็นไปได้ในการดูดความชื้นในโลหะผงด้วยขี้เถ้าแกลบ

การศึกษาการดูดความชื้นในโลหะผงด้วยขี้เถ้าแกลบ แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ วิธีแรก การดูดซับความชื้นโดยใช้ผงขี้เถ้าแกลบในปริมาณที่ต่างกัน ดูดความชื้นในผงเหล็ก โดยใช้ภาชนะปริมาตร 600 มิลลิลิตร บรรจุด้วยผงเหล็กขนาด 110 ไมครอน จำนวน 20 กรัม ใช้ผงขี้เถ้าแกลบ 25 กรัม 50 กรัม และ 75 กรัมที่บรรจุอยู่ในถุงสำหรับดูดความชื้น ใส่ลงในภาชนะสำหรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ใส่เครื่องวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ ปิดผนึกภาชนะด้วยพาราฟิล์ม เริ่มจับเวลาที่ใช้ในการดูดซับ วิธีที่สอง การศึกษาการดูดซับโดยใช้ปริมาณขี้เถ้าแกลบเท่ากันแต่ใช้ผงวัสดุที่นำมาดูดซับต่างชนิดกัน คือใช้ผงขี้เถ้าแกลบจำนวน 50 กรัมที่บรรจุอยู่ในถุงสำหรับดูดซับความชื้น นำไปใส่ภาชนะปริมาตร 600 มิลลิลิตร ข้างในบรรจุผงเหล็ก ผงทองแดง และผงคาร์บอนจำนวน 20 กรัมเท่ากัน ในแต่ละการทดลองตามลำดับ ปิดผนึกภาชนะแล้วจับเวลาที่ใช้ในการดูดซับ



รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการทดลอง