



# การเตรียมตัวอย่างอนุภาควัตถุดิบใน วัสดุเซรามิก

สุบัยพร โพธิ์แก้ว

นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

สำนักเทคโนโลยีชุมชน

งานวัสดุวิศวกรรมเซรามิกโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยวัตถุดิบแบบอนุภาคอัดผง เช่นกระเบื้อง วัสดุทนไฟและเซรามิกชนิดพิเศษ การเตรียมวัตถุดิบนั้นจำเป็นต้องคำนึงถึงขนาดและการกระจายตัวของอนุภาค ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อสมบัติเชิงกล และสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์สำเร็จ โดยสมบัติเชิงกล ได้แก่ ความแข็งแรง และความสามารถในการรับน้ำหนัก สมบัติทางเคมี ได้แก่ การเกิดปฏิกิริยาขณะเผา ผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยอนุภาคขนาดเล็ก จะมีความแข็งแรงก่อนเผาและหลังเผามากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยอนุภาคขนาดใหญ่ เนื่องจากอนุภาคขนาดเล็กมีการจัดเรียงตัวของอนุภาค (particle packing) ได้ดีกว่า และมีพื้นที่ผิวของสารมากกว่าอนุภาคขนาดใหญ่ จึงสามารถเกิดปฏิกิริยาขณะเผาได้เร็วขึ้น และเกิดกระบวนการ densification ได้ดี ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความหนาแน่นสม่ำเสมอ

โดยสามารถแบ่งขั้นตอนกระบวนการผลิตวัสดุวิศวกรรมเซรามิกที่ขึ้นรูปด้วยการอัดผงวัตถุดิบ ประกอบด้วย การบดย่อยหรือการลดขนาดของวัตถุดิบ การคัดขนาดของวัตถุดิบ กระบวนการขึ้นรูป และกระบวนการเผา ซึ่งมีรายละเอียดโดยย่อดังนี้

**การบดย่อย หรือการลดขนาดของวัตถุดิบ** เป็นการทำให้วัตถุดิบที่มีขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กกลง โดยอาศัยแรงกลเป็นหลัก การลดขนาดอนุภาคเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิว และทำให้รูปร่างของอนุภาคเปลี่ยนไป ส่งผลต่อการอัดตัว การผสม และการเกิดปฏิกิริยาทางกายภาพและเคมีของอนุภาคนั้น นอกจากนี้การลดขนาดของอนุภาคยังสามารถปรับปรุงสมบัติ

ของอนุภาคได้ เช่น กำจัดสิ่งเจือปน ลดปริมาณรูพรุน และตำหนิต่างๆ ในเนื้อสาร ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สำเร็จ

**เครื่องจักรที่ใช้ในการลดขนาดวัตถุดิบ**

- 1) การลดขนาดขั้นต้น (primary crushing) เพื่อลดขนาดวัตถุดิบให้เล็กลงเหลือประมาณ 3 - 4 ซม. สำหรับวัตถุดิบแห้งจะทำการลดขนาดวัตถุดิบด้วยเครื่องอัดกระแทกหรือค้อนเหวี่ยง ส่วนวัตถุดิบที่มีความชื้นสูง จะใช้เครื่องหั่นหรือเครื่องฉีก
- 2) การลดขนาดปานกลาง (secondary crushing) เพื่อลดขนาดวัตถุดิบที่แข็งแต่เปราะให้เป็นฝุ่นหยาบ ขนาดอนุภาคประมาณ 1-3 มม. ด้วยเครื่องบดลูกกลิ้งรางคู่ เครื่องบดถาด + ล้อบด และค้อนเหวี่ยง
- 3) การขนาดขั้นท้าย/ การบดละเอียด (fine grinding) เพื่อบดละเอียดให้วัตถุดิบมีขนาดอนุภาคเล็กกว่า #100 ด้วยการบด



Ball mill

รูปภาพจาก [www.indiamart.com](http://www.indiamart.com)

การเลือกประเภทของเครื่องมือ ขึ้นอยู่กับ (1) ความแข็งแรงและความเหนียวของวัสดุดิบ (2) ขนาดของวัตถุดิบที่นำมาบด (3) ความชื้นของวัสดุดิบ (4) ขนาดหรือความละเอียดของวัสดุดิบที่ต้องการ (5) คุณภาพและปริมาณของวัสดุดิบที่ต้องการ (6) ปริมาณสิ่งเจือปน และ (7) วิธีการบดแบบชั่วคราวหรือต่อเนื่อง

การบดย่อยด้วยหม้อบด (Ball Mill) เป็นวิธีที่นิยมมากที่สุดในการนำวัสดุขนาดวัตถุดิบ เพื่อขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบ การบดย่อยสามารถทำได้ทั้งวิธีการบดแห้ง และบดเปียก วัสดุดิบจำเป็นต้องการการบดที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ความละเอียดที่เหมาะสมกับการใช้งาน ในการบดผสมนั้นปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงได้แก่ (1) ปริมาณของวัสดุดิบที่มีความแข็ง (2) ปริมาณและชนิดของวัสดุดิบ (3) ขนาดของหม้อบด (4) จำนวนรอบต่อนาทีของหม้อบด (5) ขนาดและปริมาณของลูกบด และ (6) ปริมาณน้ำที่ใช้ในกรณีที่บดเปียก สิ่งเหล่านี้เป็นส่วนสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการบดความเร็วต่อรอบของหม้อบด (Speed of the mill) ทำให้การเคลื่อนตัวของลูกบดแตกต่างกัน ดังนี้



Slow Speed : ลูกบดจะถูกเหวี่ยงให้เคลื่อนตัวขึ้นเพียงเล็กน้อย และตกลงมา



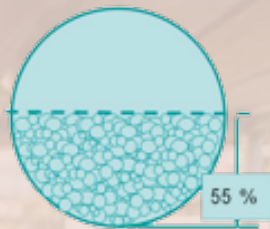
Normal Speed : ลูกบดจะถูกเหวี่ยงให้เคลื่อนตัวไปมากขึ้น และจะตกลงมากระทบกัน



Rapid Speed : ลูกบดจะถูกเหวี่ยงไปรอบๆ หม้อบด

\* การบดจะมีประสิทธิภาพสูงเมื่อพื้นที่ผิวของลูกบดเกิดการกระทบกันมากขณะทำการบด

ปริมาณของลูกบดที่ใช้ในหม้อบดที่ให้ประสิทธิภาพการบดที่ดีที่สุด จะเติมอยู่ที่ปริมาณ 50 – 55 % ของปริมาตรภายในของหม้อบด ซึ่งจากการทดสอบพบว่า ช่วงของการเติมลูกบดในช่วงนี้จะช่วยให้เวลาในการบดน้อยที่สุด และค่าการกระจายตัวของอนุภาค (particle size distribution) จะดีที่สุด



รูปภาพ ระดับของลูกบดใน Ball Mill ที่เหมาะสม

รูปภาพจาก [www.thaiceramicsociety.com](http://www.thaiceramicsociety.com)

การคำนวณปริมาตรของหม้อบด ปริมาตรหม้อบด (V) = พื้นที่หน้าตัด x ความยาวของหม้อบด

$$= \pi r^2 L$$

$$= \pi D^2 L / 4$$

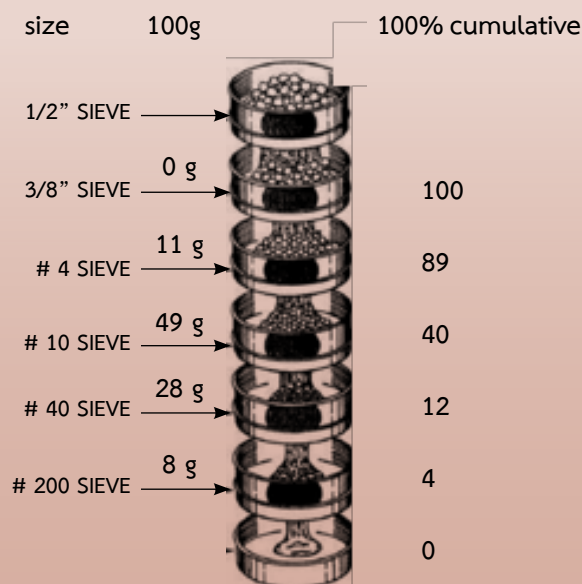
โดยที่ L = ความยาวภายในของหม้อบด

D = เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของหม้อบด

เมื่อเติมลูกบดลงไป 55 % ของปริมาตรหม้อบด การจัดเรียงตัวของลูกบดแต่ละขนาดจะทำให้เกิดช่องว่างภายในระหว่างลูกบดอยู่ ปริมาตรของลูกบดที่หักช่องว่าง (void) ต่างๆ ออกไปแล้ว จะอยู่ที่ประมาณ 60 % ของปริมาตรรวมทั้งหมด (ที่ 55 % ของ Mill Volume) ดังนั้นปริมาตรของลูกบดที่อยู่ในหม้อบดเท่ากับ 55% x 60% เท่ากับ 33 % ของปริมาตรหม้อบด ดังนั้นในหม้อบดจะเหลือช่องว่างที่สามารถเติมวัสดุดิบและน้ำลงไปได้อีก 67%

การคัดขนาด (screening) การคัดขนาด เป็นการแยกขนาดอนุภาคที่ผสมกันอยู่หลังการบด อาจใช้เพื่อคัดแยกขนาดที่หยาบเกินไป (oversize) หรือละเอียดเกินไป (undersize) โดยเครื่องคัดแยกขนาดอย่างง่าย คือ ตะแกรงร่อน (sieve) ขนาดของอนุภาคกำหนดจากความถี่ห่างของตาตะแกรง ซึ่งกำหนดเป็น mesh number (#) ซึ่งหมายถึง จำนวนช่องเปิดต่อความยาว 1 นิ้ว

- การคัดขนาด ด้วยวิธี sieve analysis



## สาระ:



เปอร์เซ็นต์ของดินที่ค้ำตะแกรง =  $(\text{น้ำหนักดินที่ค้ำบนตะแกรงนั้น} / \text{น้ำหนักดินทั้งหมด}) \times 100$

เปอร์เซ็นต์การค้ำสะสม = ผลบวกสะสมของเปอร์เซ็นต์ของดินที่ค้ำบนตะแกรงที่หยาบกว่า

เปอร์เซ็นต์ของดินที่ผ่าน ตะแกรง (% Finer) =  $100 - \text{เปอร์เซ็นต์การค้ำสะสม}$

การขึ้นรูป (forming) การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่นิยม คือ วิธีการขึ้นรูปด้วยกระบวนการอัด (pressing) ซึ่งแบ่งออกเป็น

- การอัดด้วยแรงอัดทิศทางเดียว (Uniaxial pressing) คือ การขึ้นรูปโดยการอัดผง วัสดุดิบซึ่งถูกบรรจุในช่องว่าง และอัดโดยการให้ความดันในทิศทางเดียว

- การอัดด้วยแรงอัดทุกทิศทาง (isostatic pressing) คือ การขึ้นรูปชิ้นงานจากวัสดุผง ด้วยการให้แรงอัดเท่ากันทุกทิศทางรอบชิ้นงาน ผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลว หรือก๊าซที่ล้อมรอบชิ้นงานนั้นๆ

- กระบวนการอัดร้อน (hot pressing) เป็นการอัดและเผาควบคู่กัน ชิ้นงานที่ได้จะมีความแข็งแรงสูง และมีสมบัติเชิงกลดี

- กระบวนการเผา (firing) คือ กระบวนการสุดท้ายที่สำคัญในการเตรียมตัวอย่าง เป็นกระบวนการทางความร้อนเพื่อให้ชิ้นงานเกิดความแข็งแรง

กลุ่มผลิตภัณฑ์เซรามิกดั้งเดิม สำนักเทคโนโลยีชุมชน กรมวิทยาศาสตร์บริการ มีองค์ความรู้ในการดำเนินงานวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกประเภทต่างๆ และสามารถให้บริการให้คำปรึกษาเรื่องการเตรียมวัตถุดิบที่เป็นอนุภาคโดยใช้อุปกรณ์ความรู้ด้านการบดและคัดแยกอนุภาคในผลิตภัณฑ์เซรามิกและผลิตภัณฑ์อื่นๆที่มีความจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบประเภทอนุภาคผงเป็นสารเติมหรือสารตั้งต้น ซึ่งสามารถติดต่อได้ที่ กลุ่มผลิตภัณฑ์เซรามิกดั้งเดิม สำนักเทคโนโลยีชุมชน กรมวิทยาศาสตร์บริการ เบอร์โทรศัพท์ 0-2201-7372

### เอกสารอ้างอิง

คชินท์ สายอินทวงศ์. การบดละเอียด (Grinding or Milling) [Online]. 2551 [อ้างถึงวันที่ 12 มีนาคม 2562].

เข้าถึงจาก: [http://www.thaiceramicsociety.com/pc\\_pre\\_grindmore.php](http://www.thaiceramicsociety.com/pc_pre_grindmore.php)

วรรณดา ต.แสงจันทร์ และลดดา พันธุ์สุขุมนานา. เคลือบเซรามิก [Online]. [อ้างถึงวันที่ 12 มีนาคม 2562].

เข้าถึงจาก: [http://lib3.dss.go.th/fulltext/dss\\_manual/M008.pdf](http://lib3.dss.go.th/fulltext/dss_manual/M008.pdf)

สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: วัฒนาพานิช, 2531.