

บทที่ 2

วิธีวิจัย

2.1 วัสดุ

วัสดุที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแร่ตัวอย่างทั้งหมด 5 ชนิด คือ ยิปซัม แปะไรต์ อิลเมนิต์ เพอร์โรซิติกอน และควออร์ตซ์

2.1.1 การเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบการบดด้วยเครื่องบดละเอียดแบบ Jet mill

ยิปซัม (กรมทรัพยากรธรณี, 2526)

ชื่อแร่มาจากภาษากรีก เป็นชื่อของแร่ โดยเฉพาะพวกแร่ที่เกี่ยวข้องกับปูน (Calcined mineral)

สมบัติทางฟิสิกส์ รูปผลึกระบบโมโนคลินิก ผลึกมีลักษณะเป็นแท่งแบนปลายแหลม ทั้งสองข้าง อาจเกิดเป็นผลึกรูปแผ่นได้ มีแนวแตกเรียบ 3 แนวต่าง ๆ กัน แต่ที่ชัดเจนมีแนวเดียว จนทำให้แตกเป็นแผ่นๆ รอยแตกอีกแนวอาจเป็นรูปเว้าโค้งแบบก้นหอย หรือแตกแล้วมีลักษณะเป็นเสี้ยนๆ แข็ง 2 ถ.พ. 2.72 วาวคล้ายแก้วหรือวาวคล้ายมุก คล้ายไหมไม่มีสีหรือมีสีขาว เทา หรือมีสีเหลือง แดง น้ำตาลปนหน้อยๆ เนื่องจากมีมลทินปะปน มีเนื้อโปร่งใสไปจนกระทั่งโปร่งแสง

สมบัติทางเคมี สูตรเคมี $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ มี CaO 32.6%, SO_3 46.5%, H_2O 26.9% หลอมตัวขึ้นที่ 3 ละลายในกรดเกลือเจือจางร้อน

ลักษณะเด่นและวิธีตรวจ อ่อนเล็บขูดเข้า มีแนวแตกเรียบที่สมบูรณ์ 3 แนว ละลายได้ในกรดเกลือเจือจางที่ร้อนต่างกับแอนไฮไดรต์ตรงที่มีน้ำ

ประโยชน์ ใช้ในการทำปูนพลาสเตอร์ ทำ wallboard กระเบื้อง ผสมใน Portland Cement เพื่อให้แข็งตัวช้า ใช้ในการทำนูนยิปซัม ยิปซัมชนิดซาตินสปาร์และอะลาบาสเทอร์ นำมาตัดหรือแกะสลัก หรือขัดทำเครื่องประดับ แต่ไม่เป็นที่นิยม เพราะมีเนื้ออ่อน ใช้ทำชอล์กเขียน กระดานและแป้งนวล ใช้เป็น Absorbent สำหรับงานทางเคมี เป็น Paint pigment และ Extender รู้จักในชื่อ Satin spar ใช้เป็นตัวเติมในสีและพลาสติก ชื่อว่า Terra alba และใช้ใน งาน Coating paper ยิปซัมที่ใช้เป็น Paper filler เรียกว่า Pearl filler

ยิปซัมที่ใช้เป็นตัวอย่างทดลอง ได้ความอนุเคราะห์จากสำนักงานทรัพยากรธรณีเขต 1 สงขลา ก่อนการเตรียมมีลักษณะเป็นก้อนใหญ่เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 30 เซนติเมตร จึงต้องนำมาล้างทำความสะอาด โดยใช้แปรงขัดบริเวณที่มีสิ่งสกปรกติดตามซอกของก้อนแร่เพื่อล้างสิ่งสกปรกออกจากก้อนแร่ จากนั้นตั้งตากลมไว้ 1 วันก่อนจะนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 12 ชั่วโมง จนแห้งสนิทเพื่อให้พร้อมสำหรับการนำไปคัดขนาด นำแร่ไปบดเพื่อลดขนาดด้วย Primary jaw crusher ขนาดใหญ่ ปากเปิด 10 นิ้ว เมื่อบดด้วย Primary jaw crusher จนได้แร่ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 นิ้ว ให้นำไปบดต่อด้วย Secondary jaw crusher ที่มีปากเปิด 1 นิ้ว แร่จะโดนบดจนได้แร่ที่มีขนาดเล็กลง จนเหลือเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร จึงนำไปบดด้วยเครื่องบดแบบ Gyratory crusher แร่ที่ได้จากการบดด้วยเครื่องบดแบบ Gyratory crusher นำไปคัดขนาดด้วยตะแกรงแบ่งเป็นชั้นดังนี้ คือ ขนาด 20, 35, 65, 100 และ 200 เมช โดยการใช้篩ด้วยเครื่อง篩ตะแกรง ใช้เวลาในการ篩ตะแกรง 15 นาที แยกเก็บแร่ตัวอย่างเป็นช่วงขนาด 4 ช่วงขนาด คือ -20+35, -35+65, -65+100 และ -100+200 เมช จัดเก็บไว้ในขวดพลาสติก จนได้แร่ตัวอย่างในแต่ละช่วงขนาดที่มีน้ำหนักมากกว่า 2 กิโลกรัม

แบไรต์ (กรมทรัพยากรธรณี, 2526)

ชื่อแร่มาจากภาษากรีก ซึ่งแปลว่า Heavy หรือ หนัก เนื่องจากเป็นแร่ที่มีค่าความถ่วงจำเพาะสูง

สมบัติทางฟิสิกส์ รูปผลึกระบบโทรอมบิก ผลึกมักเป็นแผ่นหนา ยาวขนานไปกับฐานของผลึกหรือรูปแท่งเหลี่ยมๆ หรือพบเป็นผลึกเกิดรวมเป็นกลุ่มเหมือนดอกกุหลาบ เรียก Crested barite หรือ Barite roses อาจพบเป็นแผ่นบางซ้อนกันค่อนข้างหนา (Coarsely laminated) หรือเป็นมวลเมล็ด หรือแบบเนื้อด้านเหมือนดิน มีแนวแตกเรียบเด่นสมบูรณ์ แข็ง 3-3.5 ถ.พ. 4.5 (จัดเป็นแร่โลหะที่หนักผิดปกติแร่หนึ่ง) วาวคล้ายแก้วหรือวาวคล้ายมุก อาจไม่มีสีหรือมีสีขาว หรือมีสีออกน้ำเงิน เหลือง แดงอ่อนๆ เนื้อแร่โปร่งใสไปจนกระทั่งโปร่งแสง

สมบัติทางเคมี สูตรเคมี $BaSO_4$ มี BaO 65.7%, SO_3 34.3% อาจมีธาตุสทรอนเชียม หรือตะกั่ว เข้าแทนที่แบเรียมได้

ลักษณะเด่นและวิธีตรวจ สังเกตเป็นแร่ที่หนักตึงมือรู้สึกได้ทันที ดูลักษณะรูปผลึกเป็นแผ่นหนาและมีแนวแตกเรียบเด่นชัด มีขีดเข้า

ประโยชน์ มากกว่า 80% นำมาทำโคลนผง (Drilling mud) ซึ่งใช้ในการเจาะสำรวจน้ำมันหรือน้ำมันบาดาล ใช้ในอุตสาหกรรมทำแม่สีและเนื้อสี อุตสาหกรรมทำแก้ว ทำยาง

ผ้าน้ำมัน กระดาษน้ำมัน และพลาสติก ใช้บดทำยาสำหรับรับประทานก่อนจะทำการฉายเอกซเรย์เกี่ยวกับการตรวจกระดูก ถ้าใช้ ใช้ทำเป็นตัวเติมในอุตสาหกรรมต่างๆ ใช้ในอุตสาหกรรมฟอกหนัง ทำแป้งผัดหน้า Micromized barite ใช้เป็น Rubber filler ต้องเป็นเนื้อละเอียดสีขาวขนาด 400 – 1000 เมช ส่วนแบไรต์ที่ใช้เป็น Pigment ชื่อว่า Azolite มีขนาด 325 เมช

แบไรต์ก่อนการเตรียมมีลักษณะเป็นก้อนใหญ่เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 20 ซม. นำมาบดและคัดขนาดตามวิธีเช่นเดียวกับการเตรียมแริปซัม แยกเก็บแร่ตัวอย่างเป็นช่วงขนาด 4 ช่วงขนาด คือ -20+35, -35+65, -65+100 และ -100+200 เมช จัดเก็บไว้ในขวดพลาสติกจนได้แร่ตัวอย่างในแต่ละช่วงขนาดที่มีน้ำหนักมากกว่า 2 กิโลกรัม

อิลเมไนต์ (กรมทรัพยากรธรณี, 2526)

ชื่อแร่มาจากชื่อภูเขาอิลเมน (Ilmen) ในรัสเซีย

สมบัติทางฟิสิกส์ รูปผลึกระบบเฮกซะโกนาล ผลึกมักเป็นแผ่นหนาหรือเป็นชั้น ผลึกมักจะใกล้เคียงกับฮีมาไทต์ อาจพบเป็นแผ่นบางๆซ้อนๆกัน ปกติจะมีเนื้อสमानแน่นหรือเป็นมวลเมล็ดเท่าเม็ดทราย แข็ง 5.5 - 6 ถ.พ. 4.7 ความวาวคล้ายโลหะหรือกึ่งโลหะ สีดำแบบเหล็ก สีผงละเอียดดำหรือแดงน้ำตาล อาจจะมีคุณสมบัติแม่เหล็กได้สูงโดยไม่ต้องเผาให้ร้อน เนื้ออับแสง (Opaque)

สมบัติทางเคมี สูตรเคมี $FeTiO_3$ มี Fe 36.8%, Ti 31.6% และ O 31.6% อัตราส่วนระหว่างไทเทเนียมกับเหล็กแปรเปลี่ยนได้มาก ถ้ามีเหล็กออกไซด์มากไปอาจเป็นเพราะมีฮีมาไทต์เป็นมลทิน แมกนีเซียมและแมงกานีสอาจพบในอิลเมไนต์ เนื่องจากสามารถแทนที่เหล็กในแร่นี้ได้

ประโยชน์ เป็นต้นกำเนิดให้ไทเทเนียม สารประกอบไทเทเนียมออกไซด์ นำมาใช้เป็นแม่สีเป็นจำนวนมากแทนแม่สีเก่าซึ่งเป็นสารประกอบตะกั่ว เนื่องจากมีคุณสมบัติพิเศษสามารถเป็นวัตถุในการสร้างเครื่องบินทั้งส่วนที่เป็นโครงสร้างและเครื่องยนต์ อิลเมไนต์ไม่สามารถจะใช้เหมือนสินแร่เหล็กได้เพราะถลุงยาก แต่ของผสมอิลเมไนต์กับแมกนีไทต์และอิลเมไนต์กับฮีมาไทต์นำมาแยกก็จะได้ทั้งไทเทเนียมและเหล็ก

อิลเมไนต์ก่อนการเตรียมมีลักษณะเป็นเม็ดเล็กๆ เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 มม. ได้มาจากการแต่งแร่มีเปอร์เซ็นต์ของแร่อิลเมไนต์ 90% นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 12 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้น จนแห้งสนิทเพื่อให้พร้อมสำหรับการนำ

ไปคัดขนาด นำไปคัดขนาดด้วยตะแกรงแบ่งเป็นชั้นดังนี้ คือ ขนาด 35 และ 65 เมช โดยใช้ การสั่นด้วยเครื่องสั่นตะแกรง ใช้เวลาในการสั่นตะแกรง 15 นาที เก็บแร่ตัวอย่างที่ช่วงขนาด -35+65 เมช จัดเก็บไว้ในขวดพลาสติก จนได้แร่ตัวอย่างที่มีน้ำหนักมากกว่า 2 กิโลกรัม

เฟอร์โรซิลิกอน (Brady and Clauser, 1991)

เฟอร์โรซิลิกอนส่วนใหญ่ถูกผลิตขึ้นใน Electric furnace โดยหลอม quartz หรือ Silica กับ Iron turning และ Carbon มีอยู่หลายเกรดตั้งแต่ 15 – 90% Silicon เฟอร์โรซิลิกอนที่ใช้ในการทดลองมี SiO_2 อยู่ 78.79% และมี Fe_2O_3 อยู่ 19.70% แชนซ์ 6 ถ.พ. 3.2 โลหะผสมนี้จะ ซื่อขายในรูปของ Lump หรือ Crushed form

เฟอร์โรซิลิกอนก่อนการเตรียมมีลักษณะเป็นก้อนที่เป็นรูพรุน เส้นผ่านศูนย์กลาง ประมาณ 3 - 5 ซม. เป็นฟลักซ์ที่ได้มาจากโรงงานถลุงเหล็ก นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 12 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้น จนแห้งสนิทเพื่อให้พร้อมสำหรับการ นำไปคัดขนาด นำแร่ไปบดเพื่อลดขนาดด้วย Secondary jaw crusher ที่มีปากเปิด 1 นิ้ว แร่จะโดนบดจนได้แร่ที่มีขนาดเล็กลง จนเหลือเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 ซม. จึงนำไปบด ด้วยเครื่องบดแบบ Gyratory crusher แร่ที่ได้จากการบดด้วยเครื่องบดแบบ Gyratory crusher นำไปคัดขนาดด้วยตะแกรงแบ่งเป็นชั้นดังนี้ คือ ขนาด 20, 35, 65, 100 และ 200 เมช โดยใช้ สั่นด้วยเครื่องสั่นตะแกรง ใช้เวลาในการสั่นตะแกรง 15 นาที แยกเก็บแร่ตัวอย่างเป็นช่วงขนาด 4 ช่วงขนาด คือ -20+35, -35+65, -65+100 และ -100+200 เมช จัดเก็บไว้ในขวดพลาสติก จนได้แร่ตัวอย่างในแต่ละช่วงขนาดที่มีน้ำหนักมากกว่า 2 กิโลกรัม

ควออร์ตซ์ (กรมทรัพยากรธรณี, 2526)

ชื่อแร่มาจากภาษาเยอรมันโบราณว่า Quartz

สมบัติทางฟิสิกส์ รูปผลึกระบบเฮกซะโกนาล มักจะเกิดเป็นแท่งยาวปลายแหลมทั้ง หัวและท้าย บางครั้งก็เกิดเป็นผลึกรูปแผ่น มีเนื้อสमानแน่น ผลึกมีแทบทุกขนาด แชนซ์ 7 เป็น แร่หนึ่งในสเกลความแข็งของโมฮส์ ถ.พ. 2.65 รอยแตกแก้ว วาวคล้ายแก้ว บางทีก็คล้ายเทียนไข อาจไม่มีสีหรือมีสีขาว ถ้ามีมลทินเจือปนอยู่จะให้สีต่างๆสวยงามมาก เนื้อโปร่งใสไปจนกระทั่ง โปร่งแสง

สมบัติทางเคมี สูตรเคมี SiO_2 มี Si 46.7%, O 53.3% ไม่หลอมละลายในกระบวนการแร่ทั้งหลาย ไม่ละลายง่าย ละลายได้ในกรดกัดแก้ว (Hydrofluoric acid) ควออตซ์เกือบจะเป็นสารประกอบทางเคมีที่มีความบริสุทธิ์มากที่สุด และมีสมบัติทางฟิสิกส์คงที่

ลักษณะเด่นและวิธีตรวจ ดูจากความวาวคล้ายแก้ว รอยแตกเว้า และรูปร่างของผลึกแตกต่างจากแคลไซต์ตรงที่แข็งกว่า

ควออตซ์มีมากมายหลายชนิด แบ่งอย่างกว้างๆได้เป็น 2 พวก คือ พวกที่เกิดเป็นผลึกหรือมีผลึกหยาบ (Coarsely crystalline varieties) และพวกที่เกิดเป็นผลึกละเอียดยิบหรือเนียนละเอียด มีขนาดเล็กมากจนมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น (Cryptocrystalline varieties)

ประโยชน์ นำมาใช้ผสมทำคอนกรีต ทำครก ใช้เป็นตัวเติมและฟลักซ์ในการหลอมโลหะ และวัสดุสำหรับขัดสี (Abrasive) ในอุตสาหกรรมแก้วและอิฐ ที่เป็นผงใช้ทำเครื่องเคลือบ (Porcelain) กระจกทราย สบู่ และเติมลงไปไม้ (Wood filler) และได้นำไปใช้ในงานเครื่องมือวิทยาศาสตร์และเครื่องมือทางแสง โดยนำไปทำปริซึม ควออตซ์เป็นแร่ที่แข็งจำเป็นต้องใช้กรรมวิธีการบดโดยใช้การขัดสี

ควออตซ์ก่อนการเตรียมมีลักษณะเป็นก้อนใหญ่เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 30 ซม. นำมาบดและคัดขนาดตามวิธีเช่นเดียวกับการเตรียมเวียปซัม เพื่อใช้ทดลองต่อไป

2.1.2 การเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบความแข็งแบบ Micro vickers hardness

นำแร่ทั้งสี่ชนิดและเฟอร์โรซิลิกอน ที่มีลักษณะเป็นก้อนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร ยกเว้นแร่ซิลิเกตไนต์ที่เป็นผง นำไปอัดดันร้อนกับผงฟิโนลิกพอลิเมอร์เพื่อให้เป็นชิ้นงาน โดยใช้เครื่องอัดดันร้อน เตรียมชิ้นงานสำหรับแร่แต่ละชนิดประมาณ 3-5 ชิ้นงาน นำชิ้นงานไปขัดด้วยเครื่องขัดวัสดุตัวอย่าง โดยเริ่มขัดชิ้นงานด้วยกระดาษทรายที่หยาบก่อนแล้วจึงใช้กระดาษทรายที่ละเอียด โดยเริ่มจากกระดาษทรายเบอร์ 100, 600 และ 1200 ตามลำดับ นำชิ้นงานที่ขัดแล้วไปทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความแข็ง (Micro vickers hardness) โดยใช้น้ำหนักกด 300 กรัม ลงบนชิ้นงานให้เป็นแนวเส้นตรงเพื่อให้ง่ายต่อการหารอยกด นำชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความแข็ง ไปวัดรอยกดด้วยเครื่อง Image processing โดยใช้การวัดรอยกดในแนวเส้นทแยงมุม นำค่าความยาวของเส้นทแยงมุมโดยเฉลี่ยที่ได้ และค่าน้ำหนักกด ไปคำนวณในสมการสำหรับหาค่า Vickers hardness (Shimadzu, 1986) โดยคำนวณจากสูตร

$$H_{MV} = 1854.4 \times \frac{p}{d^2} \dots\dots\dots(2.1)$$

- เมื่อ H_{MV} คือ ค่าความแข็งแบบ Micro vickers hardness
 P คือ น้ำหนักกดที่วางบนหัวกดเพชร (กรัม)
 d คือ ความยาวของรอยกดตามแนวเส้นทแยงมุม (ไมครอน)

2.2 อุปกรณ์

2.2.1 เครื่องบด Jet mill

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ใช้เครื่องบดแบบ Jet mill รุ่น Laboratory mill, CP – 10 ของบริษัท Seishin Enterprise (รูปที่ 2.1)

หลักการทำงาน คือ ใช้ก๊าซหรือของไหลที่มีแรงดันสูง ทำให้เกิดการลดขนาดด้วยการชนและการเสียดสีจากอนุภาคกับอนุภาคและจากอนุภาคกับผนังของหม้อบด ซึ่งหม้อบดถูกผลิตขึ้นจากวัสดุที่มีความแข็งสูง เมื่ออนุภาคเกิดการลดขนาด อนุภาคที่มีขนาดเล็กจะผ่านเข้าสู่กระบวนการคัดขนาดด้วยไซโคลน (Cyclone) ส่วนอนุภาคที่ยังมีขนาดใหญ่จะกลับเข้าสู่การลดขนาดอีกครั้งโดยอาศัยแรงหนีศูนย์กลาง เมื่อได้อนุภาคที่มีขนาดพอเหมาะ จะถูกดูดเข้าสู่ไซโคลนเพื่อแยกขนาดหยาบและขนาดละเอียดออกจากกัน อนุภาคขนาดหยาบจะตกลงสู่ภาชนะจัดเก็บ (Vessel) ทางด้านล่างไซโคลน ส่วนอนุภาคขนาดละเอียดจะถูกจัดเก็บโดยที่กรองอากาศแบบถุง (Bag filter)

ระบบลม ใช้มอเตอร์ขนาด 15 แรงม้า มีวาล์วก่อนเข้าสู่ถังพักลม ที่ถังพักลมมีวาล์วปล่อยน้ำที่กั้นตัวภายในถังออกจากระบบ ถังพักลมมีเกจวัดความดันขนาด 14 กก./ตร.ซม. จากนั้นมีวาล์วที่ต่อออกจากถังพักลม ผ่านเข้าสู่ Air dryer เครื่องบด Jet mill ไซโคลน และที่กรองอากาศแบบถุง ตามลำดับ ก่อนระบายออกภายนอก ดังรูปที่ 2.2

การกำจัดความชื้น ใช้เครื่อง Air dryer มีระบบกรองฝุ่นที่ผ่านเข้ามาทางท่อจากถังพักลม และท่อที่ออกจากเครื่อง Air dryer เพื่อเข้าสู่เครื่องบด Jet mill

การป้อน ใช้เครื่องป้อนแบบสั่น (Vibration feeder) เพื่อช่วยให้อนุภาคที่ถูกป้อนเคลื่อนที่สม่ำเสมอลงสู่ Hopper อนุภาคผงละเอียดมีความจำเป็นที่ต้องใช้เพื่อป้องกันการจับตัวกันเป็นก้อน (Brady and Clauser, 1991)

การปรับความดัน ปรับโดยอาศัยวาล์วบริเวณใต้หม้อบดที่ต่อมาจากเครื่อง Air dryer มีสามวาล์วที่ต้องเปิดจนสุด คือ วาล์วที่ต่อไปที่หัวฉีดบริเวณ Hopper เพื่อเป็นแรงอัดให้แร่ป้อนเข้า

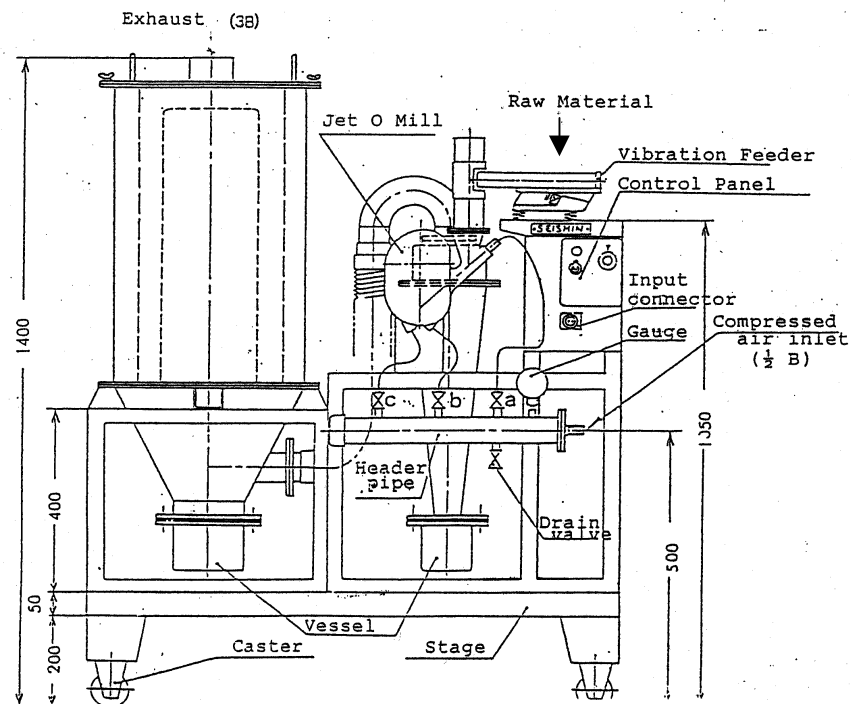
สู่มหับบดด้วยความเร็วสูง และอีกสองวาล์วที่ต่อเข้าหัวฉีดสำหรับใช้ฉีดอากาศภายในหม้อบด ส่วนวาล์วที่เปิดเป็นบางครั้งเมื่อต้องการเก็บอนุภาคขนาดละเอียดหลังการบด คือ วาล์วที่ต่อเข้าสู่ที่กรองอากาศแบบถุง สุดท้ายจะเหลืออีกสองวาล์วที่ใช้สำหรับปล่อยลมออกเพื่อรักษาความดันอากาศภายในระบบให้คงที่

การบด เกิดขึ้นเมื่อมีการชนและการเสียดสีระหว่างอนุภาคกับอนุภาคที่ถูกส่งเข้าไป ในระบบการบดด้วยอากาศแรงดันสูง และเกิดการบดจากอนุภาคชนกับผนังของหม้อบด ดังรูปที่

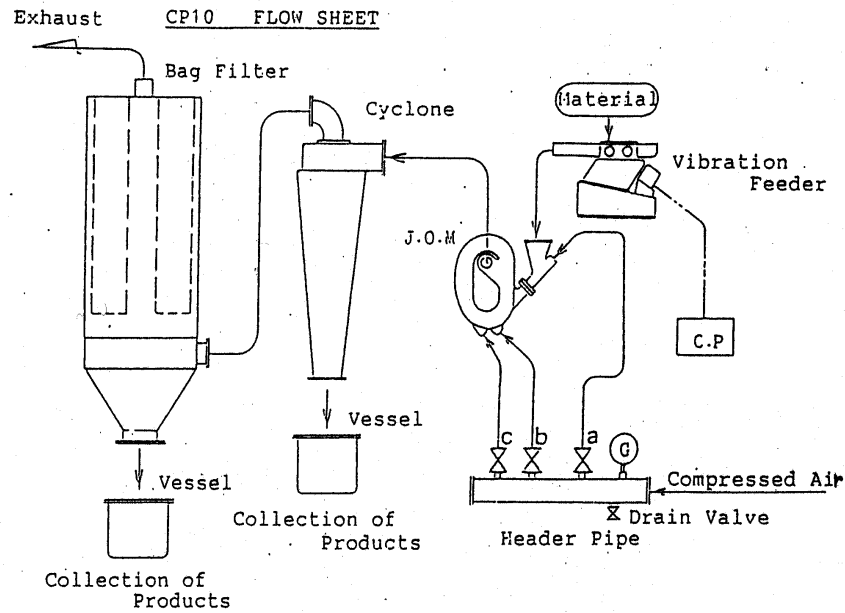
2.3

การเก็บตัวอย่าง เก็บจากถังเก็บอนุภาคสองใบ โดยที่ใบแรกอยู่บริเวณส่วนล่างต่อจากไซโคลน ทำหน้าที่จัดเก็บอนุภาคที่ออกมาจากส่วน Under flow ของไซโคลน ซึ่งมีขนาดหยาบ อีกใบอยู่บริเวณใต้ที่กรองอากาศแบบถุง ทำหน้าที่จัดเก็บอนุภาคที่มีขนาดละเอียด

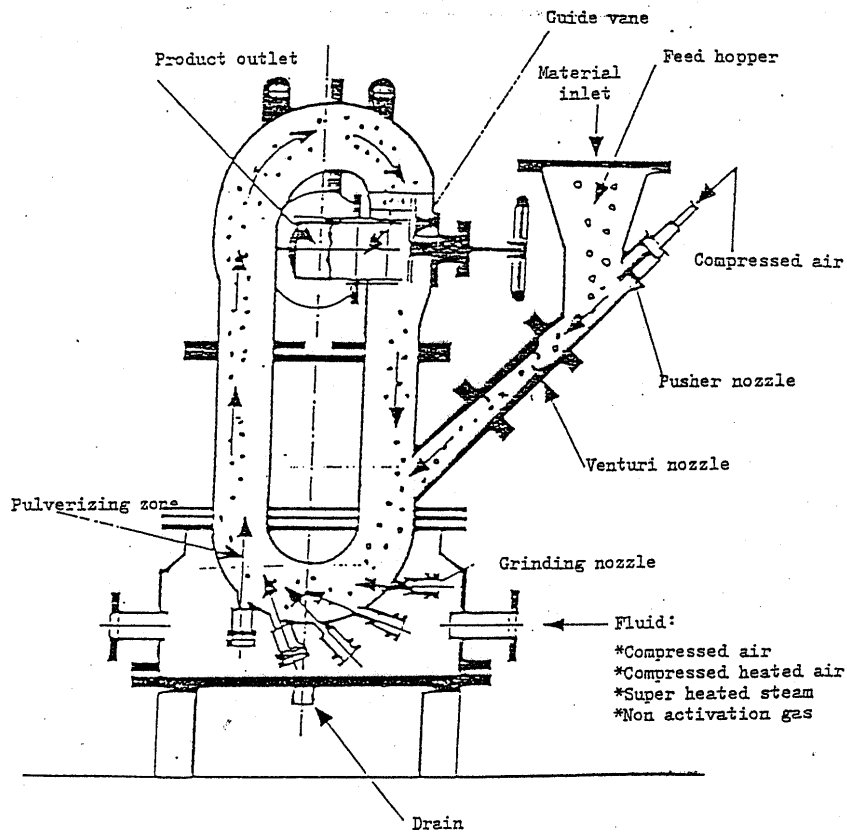
การทำความสะอาด ทำได้โดยใช้ลมจากถังพักเป่าทำความสะอาดภายในหม้อบด ท่อระหว่างหม้อบดกับไซโคลน ท่อระหว่างไซโคลนกับที่กรองอากาศแบบถุง รวมถึงการทำความสะอาดใต้ที่กรองอากาศภายในที่กรองอากาศแบบถุง



รูปที่ 2.1 เครื่องบดแบบ Jet mill รุ่น Laboratory mill, CP – 10 ของบริษัท Seishin Enterprise (Seishin, 1991)



รูปที่ 2.2 ระบบของเครื่องบดแบบ Jet mill ที่ใช้ในการทดลอง (Seishin, 1991)



รูปที่ 2.3 ลักษณะการไหลของก๊าซหรือของไหลที่มีแรงดันสูงที่ขับเคลื่อนอนุภาคเกิดการลดขนาดด้วยการชนและการเสียดสีจากอนุภาคกับอนุภาคและจากอนุภาคกับผนังของหม้อบด (Seishin, 1991)

2.3 วิธีดำเนินการ

2.3.1 การทดลองเพื่อศึกษาผลของความดัน

นำแร่แบไรต์ $-20+35$ เมช ที่เตรียมไว้ 30 กรัม เทใส่ในเครื่องป้อนแบบสั่น ให้ส้อมำเสมอ เป็นแนวตามอัตราการป้อนที่ตั้งไว้ค่าหนึ่ง ปรับสวิตช์ความเร็วในการป้อนตามค่าอัตราการป้อนที่กำหนด ก่อนป้อนต้องแน่ใจว่าวาล์วที่ท่อฉีดทั้งสามของเครื่องเปิดอยู่ และต้องปิดวาล์วที่ปล่อยอากาศสู่ใต้กรงอากาศ สังเกตเกจวัดระดับความดัน เพื่อปรับค่าความดันเริ่มจากความดันที่ 2 กก./ตร.ซม. เมื่อความดันที่กำหนดคงที่ที่ 2 กก./ตร.ซม. แล้ว ให้เปิดปุ่ม ON ที่เครื่องป้อนแบบสั่น เพื่อปล่อยให้แร่ไหลลงสู่ Hopper โดยเริ่มป้อนที่ 0.2 กรัม/วินาที เป็นการเริ่มกระบวนการบด เมื่อแร่ถูกป้อนจนหมด หยุดเครื่องป้อนแบบสั่นและเก็บแร่ที่บดแล้วจากเครื่องไซโคลน เปิดวาล์วปล่อยลม เพื่อเป่าแร่บดละเอียดที่เกาะอยู่บริเวณใต้กรงอากาศในใต้กรงอากาศแบบถูกจัดเก็บแร่บดในหม้อเก็บใส่ถุงพลาสติก พร้อมกับบันทึกค่าขนาดแร่ป้อน ความดัน และอัตราการป้อน ใช้ลมจากวาล์วปรับความดันเป่าทำความสะอาดทั้งในหม้อเก็บแร่บด ถุงกรง ท่อต่างๆ เพื่อให้พร้อมสำหรับการบดครั้งต่อไป ทำการทดลองโดยใช้ความดันเดิมซ้ำอีกครั้งตามขั้นตอนข้างต้น จากนั้นจึงเปลี่ยนมาทดลองที่ค่าความดัน 3, 4, 5, 6 และ 7 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ

2.3.2 การทดลองเพื่อศึกษาผลของอัตราการป้อน

จากการทดลองในข้อ 2.3.1 ปรับอัตราการป้อนเป็น 0.5, 0.7, 1.0 และ 2.0 กรัม/วินาที ตามลำดับ ที่ค่าความดันต่างๆ เก็บตัวอย่างที่บดแล้วบันทึกผลไว้เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

2.3.3 การทดลองเพื่อศึกษาผลของขนาดแร่ป้อน

จากการทดลองในข้อ 2.3.1 และ 2.3.2 แปรขนาดของแร่ป้อนจากขนาด $-20+35$ เมช เป็น $-35+65$ เมช (297 ไมครอน), $-65+100$ เมช (177 ไมครอน) และ $-100+200$ เมช (106 ไมครอน) ตามลำดับ ยกเว้นแร่ซิลิเมนต์มีเฉพาะขนาด $-35+65$ เมช ที่ค่าความดันและอัตราการป้อนที่กำหนดตามลำดับ เก็บตัวอย่างที่บดแล้วบันทึกผลไว้เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

2.3.4 การทดลองเพื่อศึกษาผลของความแข็งของแร่ (ชนิดของแร่)

จากการทดลองที่ 2.3.1 – 2.3.3 เปลี่ยนจากแร่แบไรต์เป็นแร่ยิปซัม อิลเมไนต์ เฟอริโรซิลิกอน และควอร์ตซ์ โดยทดลองที่ความดัน อัตราการป้อน และขนาดแร่ป้อนตามค่าที่กำหนดตามลำดับ เก็บตัวอย่างที่บดแล้วบันทึกผลไว้เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

2.4 วิธีวิเคราะห์

2.4.1 แร่ที่ผ่านการบดแล้วได้นำมาวิเคราะห์

2.4.1.1 วิเคราะห์การกระจายตัวของขนาดอนุภาค

ด้วยเครื่องวิเคราะห์ขนาดแบบเลเซอร์ รุ่น COULTER LS230 (รูปที่2.4) โดยใช้โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต (Sodiumhexametaphosphate) ความเข้มข้น 0.1 % หรือ แคลเซียมคลอไรด์ (Calcium chloride) ความเข้มข้น 2 % เป็นสารช่วยกระจายตัว แล้วแต่ชนิดของแร่ที่ต้องการวิเคราะห์ มีวิธีวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

- 1.) ก่อนเริ่มใช้ให้เปิดเครื่องไว้เพื่อเป็นการวอร์มเครื่องก่อนประมาณ 2 ชม.
- 2.) ล้างช่องสำหรับบ่อนตัวอย่างด้วยน้ำกรองให้เต็มจนล้น ช่องบ่อนอยู่ตรงกลาง ส่วนช่องด้านข้างเป็นช่องระบายน้ำล้น กดปุ่ม Drain เพื่อระบายน้ำกรองทิ้ง ทำซ้ำอีกครั้ง
- 3.) บ่อนของเหลวที่เป็นตัวกลางสำหรับตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ ซึ่งจะใช้น้ำกรองสำหรับการวิเคราะห์แบโรต์ อิลเมไนต์ เฟอร์โรซิลิกอน และควออตซ์ ส่วนยิปซัมใช้เมทิล-แอลกอฮอล์เป็นตัวกลาง โดยบ่อนให้เต็มจนล้นเพื่อปรับค่า Measurement background กดปุ่มขวาสุดที่คำว่า Fill เพื่อลดฟองอากาศภายในตัวกลาง (Debubble) รอจนกระทั่งหน้าจออยู่ที่ Run speed 50
- 4.) เปิดโปรแกรม LS230 จากคอมพิวเตอร์ คลิกที่ช่อง Use optical module คลิก O.K.
- 5.) เลือกคลิกที่ช่อง Small volume module คลิก O.K.
- 6.) คลิกที่ Run cycle เลือกที่ Include PIDS data
- 7.) คลิกเลือกทุกช่องตั้งแต่ Measure offset, Align, Measure background Measure loading, Enter simple Info, Enter run info และ Start 1 run
- 8.) คู่มือ Enter simple info โดยคลิกที่ Simple info... แล้วบ่อนค่าข้อมูลในช่องว่างแล้วคลิก O.K.
- 9.) คู่มือ Enter run info โดยคลิกที่ Run info... บ่อนค่า Run length 90 seconds, Wait length 5 seconds เลือกคลิกที่ Compute sizes และ Save file คลิกที่ปุ่ม Model... เลือก Fraunhofer.rfd คลิก O.K. จนมาอยู่ที่หน้าจอ Small volume module run cycle
- 10.) กดปุ่ม Start เพื่อ Measure offset, Align และ Measure background

11.) เตรียมตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ในบีกเกอร์ โดยให้ผสมอยู่ในตัวกลาง แล้วนำไปคั่นด้วยเครื่อง Magnetic stirrer ให้ตัวอย่างกระจายตัวได้ดีขึ้น ใช้หลอดหยดดูดสุ่มตัวอย่างเพื่อนำไปบ่อนที่ช่องบ่อนตัวอย่าง โดยให้สังเกตที่ค่า PIDS ที่หน้าจอ Measurement loading ให้ค่าอยู่ระหว่าง 45 – 55 % จากนั้นให้กดปุ่ม Done เพื่อเริ่มการวิเคราะห์ แต่ถ้าหากค่า PIDS มีค่าเกิน 55 % ให้แก้ไขด้วยการฉีดตัวกลางเข้าไปทำให้ตัวอย่างเจือจางลง เมื่อค่า PIDS ลดลงต่ำกว่า 55 % ให้กดปุ่ม OFF แล้วกดปุ่ม Fill เพื่อลดฟองอากาศภายในตัวกลาง (Debubble) รอจนกระทั่งหน้าจออยู่ที่ Run speed 50 จึงจะกดปุ่ม Done เพื่อเริ่มการวิเคราะห์

12.) เมื่อปรากฏกราฟ พิมพ์ผลการวิเคราะห์ออกมา ให้คลิกที่ Run file เลือก Print report แล้วปิดหน้าจอแสดงกราฟ เพื่อทำการวิเคราะห์ตัวอย่างต่อไป

13.) คลิกเลือกช่อง Measure loading, Enter simple info, Enter run info และ Start 1 run

14.) บ่อนค่าข้อมูลใน Simple info... และคลิก O.K.ที่ Run info...

15.) กดปุ่ม Drain เพื่อระบายตัวอย่างทิ้ง ล้างช่องบ่อน ด้วยน้ำกรอง 2 ครั้ง

16.) กดปุ่มซ้ายสุดซึ่งเป็นปุ่ม ON/OFF เพื่อปิดการหมุนของแท่งกวน แล้วบ่อนตัวกลางให้เต็มจนล้นเพื่อปรับค่า Measurement background กดปุ่มขวาสุดที่คำว่า Fill เพื่อลดฟองอากาศภายในตัวกลาง (Debubble) รอจนกระทั่งหน้าจออยู่ที่ Run speed 50

17.) กดปุ่ม Start และหยดตัวอย่างที่ช่องบ่อน โดยให้สังเกตที่ค่า PIDS ที่หน้าจอ Measurement loading ให้ค่าอยู่ระหว่าง 45 – 55 % จากนั้นให้กดปุ่ม Done เพื่อเริ่มการวิเคราะห์

18.) พิมพ์ผลการวิเคราะห์โดยคลิกที่ Run file เลือก Print report แล้วปิดหน้าจอแสดงกราฟ เพื่อทำการวิเคราะห์ตัวอย่างต่อไป

19.) ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างต่อไปตามขั้นตอนตั้งแต่ข้อ 13 – 18

2.4.1.2 วิเคราะห์รูปร่างและการแตกของอนุภาค

การวิเคราะห์รูปร่างและการแตกของอนุภาค จะวิเคราะห์โดยการใช้ภาพถ่ายจากเครื่อง SEM (Scanning electron microscope) (รูปที่ 2.5) โดยชักตัวอย่างจากแร่ทั้ง 5 ชนิด แล้วอบไล่ความชื้น เติตัวอย่างแร่ใส่เบ้ายัด แล้วเคลือบด้วยทองคำโดยวิธีทางไฟฟ้า เลือกถ่ายภาพที่กำลังขยายต่างๆกัน เพื่อให้เห็นรูปร่างอนุภาคหลังการบดและลักษณะการแตกของอนุภาค แล้วจึงนำภาพถ่ายที่ได้มาวิเคราะห์รูปร่างและลักษณะการแตกของอนุภาค จากนั้นจึงบันทึกผลไว้

2.4.2 หาความสัมพันธ์ระหว่าง d_{50} กับความดัน อัตราการป้อน ขนาดแร่ป้อน และความแข็งของแร่

นำค่า d_{50} หรือ d_{80} จากการวิเคราะห์การกระจายตัวของขนาดอนุภาคที่ได้จากการทดลองแต่ละภาวะมาเขียนกราฟระหว่าง d_{50} หรือ d_{80} กับความดัน อัตราการป้อน ขนาดแร่ป้อน และความแข็งของแร่ เพื่อหาความสัมพันธ์ต่างๆและวิเคราะห์ว่าตัวแปรใดที่มีผลต่อการบดหรือไม่มีผลต่อการบด



รูปที่ 2.4 เครื่องวิเคราะห์ขนาดแบบเลเซอร์ รุ่น COULTER LS230



รูปที่ 2.5 เครื่องวิเคราะห์รูปร่างและการแตกของอนุภาค (Scanning electron microscope)