

บทที่ 3

เครื่องมือ อุปกรณ์ วัสดุดิบ สารเคมี และวิธีการทดลอง

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องชั่งน้ำหนัก ES balance รุ่น ES-120A ของบริษัท Zepper
2. เครื่องหาปริมาณความชื้น Sartorius model MA40
3. เครื่องกวนไฟฟ้า Stir-pak รุ่น 50002-07 ของบริษัท Cole-parmer
4. ตู้อบ
5. เครื่องวัดพีเอช (pH meter) รุ่น ID 1000 ของบริษัท Index
6. ตะแกรงร่อน (Sieve) ขนาด 325 เมช
7. แบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์
8. เครื่องวัดขนาดอนุภาค (Particle size analyzer) รุ่น Mastersizer S ของบริษัท Malvern
9. เครื่องวัดพื้นที่ผิว (BET) รุ่น Autosorp-1 ของบริษัท Quanta chrome
10. เครื่องวัดปริมาณสารอินทรีย์ CHNS/O analyzer รุ่น III 2400 ของบริษัท Perkin elmer
11. เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ (X-ray fluorescence spectrometry) รุ่น Magix pro MUA /USEP T84005 ของบริษัท Philips
12. เครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน (X-ray diffraction spectrometry) รุ่น X'pert pro MPD X-ray ของบริษัท Panalytical
13. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (Transmission electron microscopy, TEM) รุ่น JEM-2010 ของบริษัท JEOL
14. เครื่องวัดศักย์ไฟฟ้ารุ่น Zetasizer 3000 HAS ของบริษัท Malvern
15. เครื่องวัดความหนืด Brookfield viscometer รุ่น DV-III+
16. เครื่องวัดความหนืด Rion viscometer รุ่น VT-04F
17. เครื่องบดแบบค้อน (Hammer mill) รุ่น Pak-11JM ของบริษัท Magnetic switch

3.2 วัสดุดิบและสารเคมี

1. ดินขาวเคโอลินจากนราธิวาส ลำปาง และระนอง
2. ควอตซ์ จากประเทศอินเดีย
3. โซเดียมเฟลด์สปาร์จากตาก
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) บริษัท Merck เกรด AR

5. กรดไฮโดรคลอริก (HCl) บริษัท Merck เกรด AR
6. โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) บริษัท Merck เกรด AR
7. โซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3) บริษัท Sigma-Aldrich เกรด AR
8. น้ำกลั่น (Deionized water)

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมวัตถุดิบ

1. นำดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ร่อนผ่านตะแกรง 325 เมช แบบเปียก (Wet sieve)
2. ปลอ่ยให้วัตถุดิบที่แขวนลอยในน้ำเกิดการตกจมเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
3. เทน้ำใสออก
4. นำไปกระโอบนแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์
5. นำวัตถุดิบที่ผ่านการกระโอบไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
6. นำวัตถุดิบที่แห้งไปบดด้วยเครื่องบดแบบค้อน

3.3.2 การวัดขนาดอนุภาคและการกระจายตัวของอนุภาคของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ด้วยเครื่องวัดขนาดอนุภาค (Particle size analyzer)

นำวัตถุดิบทั้ง 5 ชนิด (ดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์) ที่ผ่านการเตรียมไปวัดหาขนาดอนุภาคด้วยเครื่องวัดขนาดอนุภาค โดยวิธีการวัดขนาดอนุภาคจะอาศัยการเลี้ยวเบนของแสงเลเซอร์ที่ตกกระทบบนอนุภาค ถ้าอนุภาคมีขนาดใหญ่มุมของการเลี้ยวเบนของแสงเลเซอร์จะแคบ แต่ถ้าอนุภาคมีขนาดเล็กมุมของการเลี้ยวเบนของแสงเลเซอร์จะกว้าง การเลี้ยวเบนของแสงเลเซอร์ดังกล่าวจะถูกตรวจวัดด้วยหัวตรวจวัดของเครื่องวัดขนาดอนุภาค ซึ่งการวัดขนาดอนุภาคจะใช้น้ำเป็นสารตัวกลางในการกระจายตัวของวัตถุดิบ [51]

3.3.3 การวิเคราะห์หาพื้นที่ผิวของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ด้วยเครื่องวัดพื้นที่ผิว (BET)

การวิเคราะห์หาพื้นที่ผิวของวัตถุดิบทั้ง 5 ชนิด ด้วยเครื่องวัดพื้นที่ผิว จะใช้วิธีการดูดซับแก๊สไนโตรเจน และการหาพื้นที่ผิวหาได้จากสมการ BET ดังแสดงในสมการที่ 3.1 และ 3.2 [52]

$$\frac{1}{W[P_0/P - 1]} = \frac{1}{W_m C} + \frac{C-1}{W_m C} \left(\frac{P}{P_0} \right) \quad (3.1)$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักของตัวดูดซับ

W_m คือน้ำหนักที่ถูกดูดซับแบบชั้นเดียว

P คือ ความดันที่ตัวถูกดูดซับอยู่ในสมดุล หรือความดันย่อยของตัวถูกดูดซับ

P_0 คือ ความดันที่ทำให้ตัวถูกดูดซับอิ่มตัวด้วยไอ

$\frac{P}{P_0}$ คือ สัดส่วนของความดันที่ทำให้เกิดการควบแน่น มักมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1

C คือ ค่าคงที่

และ

$$S_{total} = \frac{W_m NA}{M} \quad (3.2)$$

เมื่อ S_{total} คือ พื้นที่ผิวทั้งหมด

N คือ เลขอาโวกาโดร $= 6.023 \times 10^{23}$

A คือ พื้นที่ของตัวถูกดูดซับ

M คือ น้ำหนักโมเลกุลของตัวถูกดูดซับ

วิธีการทดลองวิเคราะห์หาพื้นที่ผิวของวัตถุบัพทั้ง 5 ชนิด ทำได้ดังนี้

1. นำสารตัวอย่างเข้าสู่ชุดความชื้น

2. ชั่งตัวอย่างประมาณ 0.1 มิลลิกรัม

3. นำสารที่ชั่งเข้าหลอดแก้วเพื่อทำการ Degas เพื่อไล่แก๊สที่เป็นสารระเหยออก ประมาณ 4

ชั่วโมง

4. หลังจากนั้นเปลี่ยนตัวอย่างเข้าตัวตรวจวัด ซึ่งจะทำให้การตรวจวัด 95 จุด ประมาณ 7 ถึง 8

ชั่วโมง

3.3.4 การวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์ของดินขาวเคโอลินนาวิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ด้วยเครื่องวัดปริมาณสารอินทรีย์ (CHNS/O analyzer)

การวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์ของวัตถุดิบทั้ง 5 ชนิด ด้วยเครื่องวัดปริมาณสารอินทรีย์ โดยวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นเทคนิค Dynamic flash combustion [53] ซึ่งวิธีการวิเคราะห์สามารถทำได้ดังนี้

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 1.5 มิลลิกรัม ใส่ลงในแคปซูล (Capsule)
2. นำแคปซูลใส่ลงในท่อควอตซ์ (Quartz tube)
3. ทำการเผาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส
4. เมื่อทำการเผาตัวอย่างจะเกิดแก๊ส ขึ้นซึ่งแก๊สที่เกิดขึ้นเป็นแก๊สผสมระหว่าง คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไนโตรเจน (N_2) และน้ำ (H_2O)
5. แก๊สที่เกิดขึ้นจะถูกพาเข้าไปใน Chromatographic column ด้วยแก๊สฮีเลียม (Helium)
6. หลังจากนั้นแก๊สแต่ละชนิดจะถูกแยกออกจากกัน
7. แก๊สที่ถูกแยกออกจากกัน ถูกตรวจจับด้วย Thermal conductivity detector

3.3.5 การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของดินขาวเคโอลินนาวิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ด้วยเครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ (X-ray fluorescence spectrometry)

นำวัตถุดิบทั้ง 5 ชนิดไปหาองค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ โดยวิธีการวิเคราะห์จะนำสารตัวอย่างไปหลอมที่อุณหภูมิสูง สารตัวอย่างที่ผ่านการหลอมจะทำให้เป็นแผ่นกลมขนาดพอเหมาะที่จะนำไปวางในช่องวางสารได้พอดี หลังจากนั้นวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของสารตัวอย่างด้วยรังสีเอกซ์ โดยธาตุในตัวอย่างจะดูดซับรังสีเอกซ์และปลดปล่อยเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์เฉพาะของแต่ละธาตุออกมา และเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์เฉพาะของแต่ละธาตุจะถูกตรวจวัดด้วยหัววัดของเครื่องมือ [54]

3.3.6 การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางแร่ของดินขาวเคโอลินนาวิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ด้วยเครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน (X-ray diffraction spectrometry)

นำวัตถุดิบทั้ง 5 ชนิดไปหาองค์ประกอบทางแร่ด้วยเครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน โดยสารตัวอย่างที่เป็นผง (Powder) จะถูกหลอมไว้ในแก้วที่มีลักษณะเป็นแผ่นที่ถูกยึดไว้ในเครื่อง และทำ

การหาค่าประกอบทางแร่ด้วยรังสี $\text{CuK}\alpha$ ซึ่งจะทำให้การวัดในช่วง 2θ ตั้งแต่ 5 ถึง 95 องศา และความเร็วในการวัด 0.003 และ 0.008 ต่อวินาที และระยะห่างระหว่างระนาบผลึก (d-spacing) จะคำนวณได้จากกฎของ Bragg [55] ดังสมการที่ 3.3

$$n\lambda = 2d \sin \theta \quad (3.3)$$

เมื่อ θ คือ มุมของการกระเจิง (Diffraction angle)
 λ คือ ความยาวคลื่นของรังสีเอกซ์ (X-ray wavelength)
 d คือ ระยะห่างระหว่างระนาบผลึก (d-space)
 n คือ เลขจำนวนเต็ม (Integer)

3.3.7 ศึกษาสัณฐานวิทยาของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (Transmission Electron Microscopy, TEM)

ศึกษาสัณฐานวิทยาของวัตถุดิบทั้ง 5 ชนิด ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน ซึ่งการศึกษาสัณฐานวิทยาจะกระทำที่ความต่างศักย์ 200 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ (keV) [56] โดยวิธีการทดลองสามารถทำได้ดังนี้คือ

1. นำตัวอย่างที่มีลักษณะเป็นผง (Powder) ประมาณ 0.1 กรัม ใส่ลงไปในอะซิโตน 50 มิลลิลิตร
2. ทำการอัลตราโซนิก เพื่อให้อนุภาคของตัวอย่างเกิดการกระจายตัว
3. หลังจากนั้นนำหลอดหยดดูดอนุภาคที่แขวนลอยในอะซิโตนหยดลงคอปเปอร์กริด (Copper grid) ขนาด 400 เมช ที่เคลือบด้วยคาร์บอน
4. ปลอ่ยให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง เมื่อตัวอย่างที่เตรียมแห้งให้เก็บในตู้ดูดความชื้น
5. หลังจากนั้นนำไป ศึกษาสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน

3.3.8 ศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้าซีต้าของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ด้วยเครื่องวัดศักย์ไฟฟ้าซีต้า (Zetasizer)

ศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้าซีต้าของวัตถุดิบทั้ง 5 ชนิด ด้วยเครื่องวัดศักย์ไฟฟ้าซีต้า โดยค่าศักย์ไฟฟ้าซีต้า วัดจากความเร็วของอนุภาคในสนามไฟฟ้า ซึ่งจะแสดงในสมการของ Henry [32] ดังสมการที่

$$\mu_E = \frac{2\varepsilon_r \varepsilon_0 \zeta}{3\eta_l} f(ka) \quad (3.4)$$

- เมื่อ ε_r คือ ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกในสารตัวกลาง (Dielectric constant of the medium)
 ε_0 คือ ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของสุญญากาศ (Dielectric constant of the free space)
 ζ คือ ค่าศักย์ไฟฟ้าซิก้า (Zeta potential)
 η_l คือ ค่าความหนืดของน้ำ (Liquid viscosity)
 $f(ka)$ คือ Henry function

โดยวิธีการทดลองสามารถทำได้ดังนี้คือ

1. ชั่งตัวอย่าง 0.01 กรัม (ตัวอย่างได้แก่ ดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ โซเดียมเฟลด์สปาร์ ควอตซ์ผสมกับดินขาวสามชนิดในอัตราส่วน 50:50 และ 25:75 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และโซเดียมเฟลด์สปาร์ผสมกับดินขาวสามชนิดในอัตราส่วน 50:50 และ 25:75 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) เติมน้ำในบีกเกอร์ที่มีปริมาตรน้ำ 100 มิลลิลิตร ที่ไม่มีการเติมโซเดียมซิลิเกต และมีการเติมโซเดียมซิลิเกต 4 ไมโครลิตร
2. ทำการผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยแท่งกวนแม่เหล็ก (Magnetic stirrer bar) เป็นเวลา 10 นาที
3. หลังจากนั้นนำสารตัวอย่างที่เตรียมไว้ในบีกเกอร์พลาสติกที่ใช้สำหรับวัดค่าศักย์ไฟฟ้าซิก้า
4. ทำการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าซิก้าด้วยเครื่องวัดศักย์ไฟฟ้าซิก้า

3.3.9 การวัดพฤติกรรมการไหลของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ด้วยเครื่องวัดความหนืด Brookfield viscometer

3.3.9.1 การวัดค่าความหนืดและทิกโซโทรปีเปรียบเทียบกับปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย

1. ทำการหาปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในวัตถุดิบแต่ละชนิด โดยใช้เครื่องชั่งหาปริมาณความชื้น

2. ชั่งดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ที่ปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 30 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ควอดซ์วัดที่ปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 55 60 และ 64 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และ โซเดียมเฟลด์สปาร์วัดที่ปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 55 60 และ 65 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (สาเหตุที่ทำการเลือกปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอยตามที่ได้กำหนด นำมาศึกษาความหนืดและทิกโซโทรปี เพราะว่าปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอยดังกล่าวจะเห็นลักษณะการเปลี่ยนแปลงของค่าความหนืดและทิกโซโทรปี)

3. ทำการผสมวัตถุดิบแต่ละชนิดกับน้ำกลั่น ตามอัตราส่วนวัตถุดิบต่อน้ำที่กำหนด ในบีกเกอร์พลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร โดยปริมาณน้ำทั้งหมดที่ใช้จะเป็นปริมาณที่รวมปริมาณน้ำที่อยู่ในดินชนิดนั้นๆ

4. ทำการกวนด้วยเครื่องกวนเป็นเวลา 10 นาที โดยมีอัตราเร็วในการกวน 5 rpm

5. ใช้กระบอกฉีดยาคูดสารแขวนลอยประมาณ 14 มิลลิลิตร ใส่ลงในภาชนะใส่สารของเครื่องวัดความหนืด ซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกระบอก

6. นำไปวัดค่าความหนืดและทิกโซโทรปี ด้วยเครื่องวัดความหนืด Brookfield viscometer โดยใช้หัวเข็มเบอร์ 29 และความเร็ว 15 rpm

3.3.9.2 การวัดค่าความหนืดและทิกโซโทรปีเปรียบเทียบกับพีเอช

1. ทำการหาปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในวัตถุดิบแต่ละชนิด โดยใช้เครื่องชั่งหาปริมาณความชื้น

2. ชั่งดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอดซ์ และ โซเดียมเฟลด์สปาร์ ที่ปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 40 40 40 64 และ 65 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ (สาเหตุที่ทำการเลือกปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอยตามที่ได้กำหนด นำมาศึกษาความหนืดและทิกโซโทรปี โดยเปรียบเทียบกับพีเอช เพราะว่าปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอยดังกล่าวจะเห็นลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดและทิกโซโทรปี)

3. ทำการผสมวัตถุดิบแต่ละชนิดกับน้ำกลั่น ตามอัตราส่วนวัตถุดิบต่อน้ำที่กำหนด ในบีกเกอร์พลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร โดยปริมาณน้ำทั้งหมดที่ใช้จะเป็นปริมาณที่รวมปริมาณน้ำที่อยู่ในดินชนิดนั้นๆ

4. ทำการปรับพีเอชของวัตถุดิบที่ผสมกับน้ำกลั่นให้มีค่าเท่ากับ 2 4 6 8 และ 10

5. ทำการกวนด้วยเครื่องกวนเป็นเวลา 10 นาที โดยมีอัตราเร็วในการกวน 5 rpm

6. ใช้กระบอกฉีดยาคูดสารแขวนลอยประมาณ 14 มิลลิลิตร ใส่ลงในภาชนะใส่สารของเครื่องวัดความหนืด ซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกระบอก

7. นำไปวัดค่าความหนืดและทิกโซโทรปี ด้วยเครื่องวัดความหนืด Brookfield viscometer โดยใช้หัวเข็มเบอร์ 29 และความเร็ว 15 rpm

3.3.9.3 การวัดค่าความหนืดและทิกโซโทรปีเปรียบเทียบกับปริมาณสารช่วยกระจายตัว

1. ทำการหาปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในวัตถุดิบแต่ละชนิด โดยใช้เครื่องชั่งหาปริมาณความชื้น

2. ดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ที่ปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 40 40 40 64 และ 65 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ (สาเหตุที่ทำการเลือกปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอยตามที่กำหนด นำมาศึกษาความหนืดและทิกโซโทรปี โดยเปรียบเทียบกับปริมาณสารช่วยกระจายตัวเพราะว่าปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอยดังกล่าวจะเห็นลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดและทิกโซโทรปี)

3. ทำการผสมวัตถุดิบแต่ละชนิดกับน้ำกลั่น ตามอัตราส่วนวัตถุดิบต่อน้ำที่กำหนด ในบีกเกอร์พลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร โดยปริมาณน้ำทั้งหมดที่ใช้จะเป็นปริมาณที่รวมปริมาณน้ำที่อยู่ในดินชนิดนั้นๆ

4. ทำการเติมโซเดียมซิลิเกตลงในวัตถุดิบที่ผสมกับน้ำกลั่นตามปริมาณโซเดียมซิลิเกตที่กำหนด

5. ทำการกวนด้วยเครื่องกวนเป็นเวลา 10 นาที โดยมีอัตราเร็วในการกวน 5 rpm

6. ใช้กระบอกฉีดยาคูดสารแขวนลอยประมาณ 14 มิลลิลิตร ใส่ลงในภาชนะใส่สารของเครื่องวัดความหนืด ซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกระบอก

7. นำไปวัดค่าความหนืดและทิกโซโทรปี ด้วยเครื่องวัดความหนืด Brookfield viscometer โดยใช้หัวเข็มเบอร์ 29 และความเร็ว 15 rpm

3.3.9.4 หาจุดไอโซอิเล็กทริก

1. ชั่งดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ที่ปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 40 40 40 64 และ 62.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ (สาเหตุที่เลือกปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอยตามที่กำหนดมาหาจุดไอโซอิเล็กทริก เพราะว่าจะสามารถหาค่าความเค้นของ Bingham ได้ แต่ถ้าปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอยมากเกินไปตามที่กำหนดจะทำให้หาค่าความเค้นของ Bingham ไม่ได้)

2. ทำการผสมระหว่างวัตถุดิบและสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ที่มีความเข้มข้น 0.02 0.04 0.06 และ 0.08 โมลาร์
3. หลังจากนั้นนำมาปรับพีเอชให้มีค่าเท่ากับ 2 4 6 8 และ 10
4. ทำการกวนด้วยเครื่องกวนเป็นเวลา 10 นาที โดยมีอัตราเร็วในการกวน 5 rpm
5. ใช้กระบอกตักดูดสารแขวนลอยประมาณ 14 มิลลิลิตร ใส่ลงในภาชนะใส่สารของเครื่องวัดความหนืด ซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกระบอก
6. นำไปวัดค่าความหนืดและความเค้นของบิงแฮม ด้วยเครื่องวัดความหนืด Brookfield viscometer โดยใช้หัวเข็มเบอร์ 29 และความเร็ว 15 rpm

3.3.10 การวัดพฤติกรรมการไหลของวัตถุดิบผสมระหว่างควอตซ์กับดินขาวเคโอลิน นราธิวาส โซเดียมเฟลด์สปาร์กับดินขาวเคโอลิน นราธิวาส และเน้อดินผสมพอร์ซเลน ด้วยเครื่องวัดความหนืด Rion viscometer

3.3.10.1 การวัดค่าความหนืดเปรียบเทียบกับปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย

1. ทำการหาปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในวัตถุดิบแต่ละชนิด โดยใช้เครื่องชั่งหาปริมาณความชื้น
2. ชั่งควอตซ์ต่อดินขาวเคโอลิน นราธิวาส โซเดียมเฟลด์สปาร์ต่อดินขาวเคโอลิน นราธิวาส ในอัตราส่วน 0:40 5:35 10:30 15:25 และ 20:20 กรัม และชั่งควอตซ์ต่อโซเดียมเฟลด์สปาร์ต่อดินขาวเคโอลิน นราธิวาส ในอัตราส่วน 10:10:20 กรัม (อัตราส่วนควอตซ์ต่อโซเดียมเฟลด์สปาร์ต่อดินขาวเคโอลิน นราธิวาส เท่ากับ 25:25:50 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก)
3. ทำการผสมวัตถุดิบที่ชั่งมาตามที่กำหนดกับน้ำกลั่น ในอัตราส่วนดินต่อน้ำที่กำหนด ในบีกเกอร์พลาสติกขนาด 500 มิลลิลิตร โดยปริมาณน้ำทั้งหมดที่ใช้ จะเป็นปริมาณที่รวมปริมาณน้ำที่อยู่ในดินชนิดนั้นๆ
4. ทำการกวนด้วยเครื่องกวนเป็นเวลา 10 นาที โดยมีอัตราเร็วในการกวน 5 rpm
5. นำวัตถุดิบที่เตรียมประมาณ 200 มิลลิลิตร ใส่ลงในภาชนะใส่สารของเครื่องวัดความหนืด ซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกระบอก
6. นำไปวัดค่าความหนืด ด้วยเครื่องวัดความหนืด Rion viscometer โดยใช้หัวเข็มเบอร์ 1

3.3.10.2 การวัดค่าความหนืดเปรียบเทียบกับพีเอช

1. ทำการหาปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในวัตถุดิบแต่ละชนิด โดยใช้เครื่องชั่งหาปริมาณความชื้น
2. ชั่งควอตซ์ต่อนินขาวเคโอลินนราธิวาส โซเดียมเฟลด์สปาร์ต่อนินขาวเคโอลินนราธิวาส ในอัตราส่วน 15:25 กรัม และชั่งควอตซ์ต่อโซเดียมเฟลด์สปาร์ต่อนินขาวเคโอลินนราธิวาส ในอัตราส่วน 10:10:20 กรัม
3. ทำการผสมวัตถุดิบที่ชั่งมาตามที่กำหนดกับน้ำกลั่น ในอัตราส่วนดินต่อน้ำที่กำหนด ในบีกเกอร์พลาสติกขนาด 500 มิลลิลิตร โดยปริมาณน้ำทั้งหมดที่ใช้ จะเป็นปริมาณที่รวมปริมาณน้ำที่อยู่ในดินชนิดนั้นๆ
4. ทำการปรับพีเอชของวัตถุดิบที่ผสมกับน้ำกลั่นให้มีค่าเท่ากับ 2 4 6 8 และ 10
5. ทำการกวนด้วยเครื่องกวนเป็นเวลา 10 นาที โดยมีอัตราเร็วในการกวน 5 rpm
6. นำวัตถุดิบที่เตรียมประมาณ 200 มิลลิลิตร ใส่ลงในภาชนะใส่สารของเครื่องวัดความหนืด ซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกระบอก
7. นำไปวัดค่าความหนืด ด้วยเครื่องวัดความหนืด Rion viscometer โดยใช้หัวเข็มเบอร์ 1

3.3.10.3 การวัดค่าความหนืดและทิกโซโทรปีเปรียบเทียบกับปริมาณสารช่วยกระจายตัว

1. ทำการหาปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในวัตถุดิบแต่ละชนิด โดยใช้เครื่องชั่งหาปริมาณความชื้น
2. ชั่งควอตซ์ต่อนินขาวเคโอลินนราธิวาส โซเดียมเฟลด์สปาร์ต่อนินขาวเคโอลินนราธิวาส ในอัตราส่วน 15:25 กรัม และชั่งควอตซ์ต่อโซเดียมเฟลด์สปาร์ต่อนินขาวเคโอลินนราธิวาส ในอัตราส่วน 10:10:20 กรัม
3. ทำการผสมวัตถุดิบที่ชั่งมาตามที่กำหนดกับน้ำกลั่น ในอัตราส่วนดินต่อน้ำที่กำหนด ในบีกเกอร์พลาสติกขนาด 500 มิลลิลิตร โดยปริมาณน้ำทั้งหมดที่ใช้ จะเป็นปริมาณที่รวมปริมาณน้ำที่อยู่ในดินชนิดนั้นๆ
4. ทำการเติมโซเดียมซิลิเกตลงในวัตถุดิบที่ผสมกับน้ำกลั่นตามปริมาณโซเดียมซิลิเกตที่กำหนด
5. ทำการกวนด้วยเครื่องกวนเป็นเวลา 10 นาที โดยมีอัตราเร็วในการกวน 5 rpm
6. นำวัตถุดิบที่เตรียมประมาณ 200 มิลลิลิตร ใส่ลงในภาชนะใส่สารของเครื่องวัดความหนืด ซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกระบอก

7. นำไปวัดค่าความหนืด ด้วยเครื่องวัดความหนืด Rion viscometer โดยใช้หัวเข็มเบอร์ 1

3.3.11 การหล่อแบบของดินขาวเคโอลินนราธิวาส และเนื้อดินผสมพอร์ซเลน

3.3.11.1 การหล่อแบบของดินขาวเคโอลินนราธิวาส โดยเปรียบเทียบที่ปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 20 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

1. ทำการเตรียมน้ำดินให้มีปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 20 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
2. ทำการกวนส่วนผสมเป็นเวลา 3 ชั่วโมง
3. ทำการหล่อแบบเป็นเวลา 20 นาที
4. ถอดผลิตภัณฑ์ออกจากชิ้นงาน
5. อบชิ้นงานที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส
6. วัดความหนาของชิ้นงาน

3.3.11.2 การหล่อแบบดินขาวเคโอลินนราธิวาสที่ปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยเปรียบเทียบกับพีเอช 3 ค่า ณ สภาวะที่เป็นกรด เป็นเบส และ ณ ที่พีเอชตรงกับจุดไอโซอิเล็กทริก

1. ทำการเตรียมน้ำดินให้มีปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่มีการปรับพีเอชให้อยู่ในสภาวะที่เป็นกรด เป็นเบส และ ณ ที่พีเอชตรงกับจุดไอโซอิเล็กทริก
2. ทำการกวนส่วนผสมเป็นเวลา 3 ชั่วโมง
3. ทำการหล่อแบบเป็นเวลา 20 นาที
4. ถอดผลิตภัณฑ์ออกจากชิ้นงาน
5. อบชิ้นงานที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส
6. วัดความหนาของชิ้นงาน

3.3.11.3 การหล่อแบบดินขาวเคโอลินนราธิวาสที่ปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยเปรียบเทียบกับปริมาณสารช่วยกระจายตัว

1. ทำการเตรียมน้ำดินให้มีปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่มีการเติมโซเดียมซิลิเกตแตกต่างกัน 3 จุด

2. ทำการกวนส่วนผสมเป็นเวลา 3 ชั่วโมง
3. ทำการหล่อแบบเป็นเวลา 20 นาที
4. ถอดผลิตภัณฑ์ออกจากชิ้นงาน
5. อบชิ้นงานที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส
6. วัดความหนาของชิ้นงาน

3.3.11.4 การหล่อแบบของเนื้อดินผสมพอร์ซเลน โดยมีอัตราส่วนควอตซ์ต่อโซเดียมเฟลด์สปาร์ต่อดินขาวเคลโอลินนาวิวาสเท่ากับ 25:25:50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบที่ปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 25 30 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

1. ทำการเตรียมน้ำดินของเนื้อดินผสมพอร์ซเลนให้มีปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 25 30 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
2. ทำการกวนส่วนผสมเป็นเวลา 3 ชั่วโมง
3. ทำการหล่อแบบเป็นเวลา 20 นาที
4. ถอดผลิตภัณฑ์ออกจากชิ้นงาน
5. อบชิ้นงานที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส
6. วัดความหนาของชิ้นงาน

3.3.11.5 การหล่อแบบของเนื้อดินผสมพอร์ซเลน โดยเปรียบเทียบกับพีเอช 3 ค่า ณ สภาวะที่เป็นกรด เป็นเบส และ ณ ที่พีเอชตรงกับจุดไอโซอิเล็กทริก

1. ทำการเตรียมน้ำดินของเนื้อดินผสมพอร์ซเลนให้มีปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่มีการปรับพีเอชให้อยู่ในสภาวะที่เป็นกรด เป็นเบส และ ณ ที่พีเอชตรงกับจุดไอโซอิเล็กทริก
2. ทำการกวนส่วนผสมเป็นเวลา 3 ชั่วโมง
3. ทำการหล่อแบบเป็นเวลา 20 นาที
4. ถอดผลิตภัณฑ์ออกจากชิ้นงาน
5. อบชิ้นงานที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส
6. วัดความหนาของชิ้นงาน

3.3.11.6 การหล่อแบบของเนื้อดินผสมพอร์ซเลน โดยเปรียบเทียบกับปริมาณสารช่วยกระจายตัว

1. ทำการเตรียมน้ำดินของเนื้อดินผสมพอร์ซเลนให้มีปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่มีการเติมโซเดียมซิลิเกตแตกต่างกัน 3 จุด
2. ทำการกวนส่วนผสมเป็นเวลา 3 ชั่วโมง
3. ทำการหล่อแบบเป็นเวลา 20 นาที
4. ถอดผลิตภัณฑ์ออกจากชิ้นงาน
5. อบชิ้นงานที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส
6. วัดความหนาของชิ้นงาน