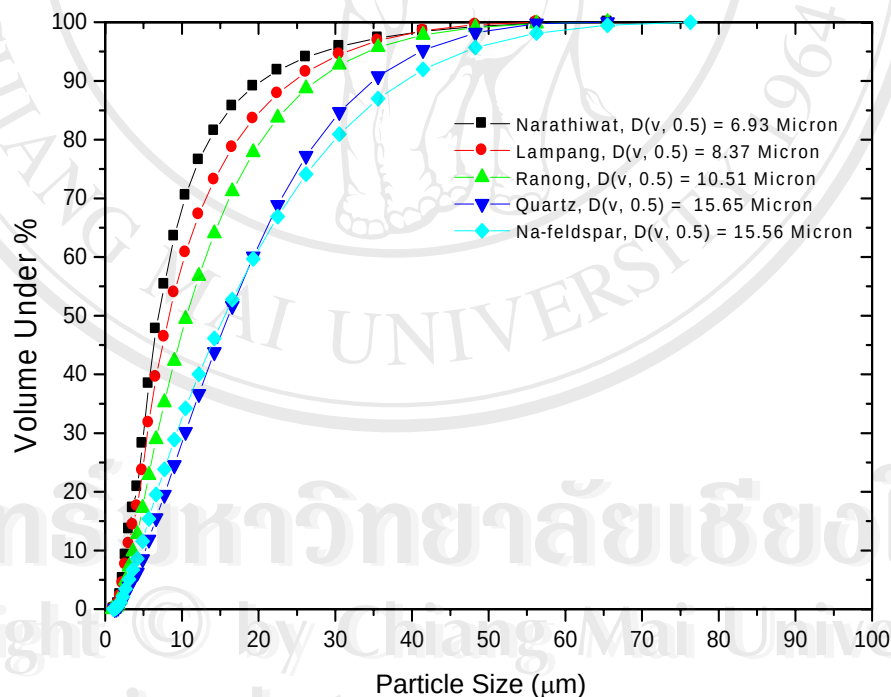


บทที่ 4

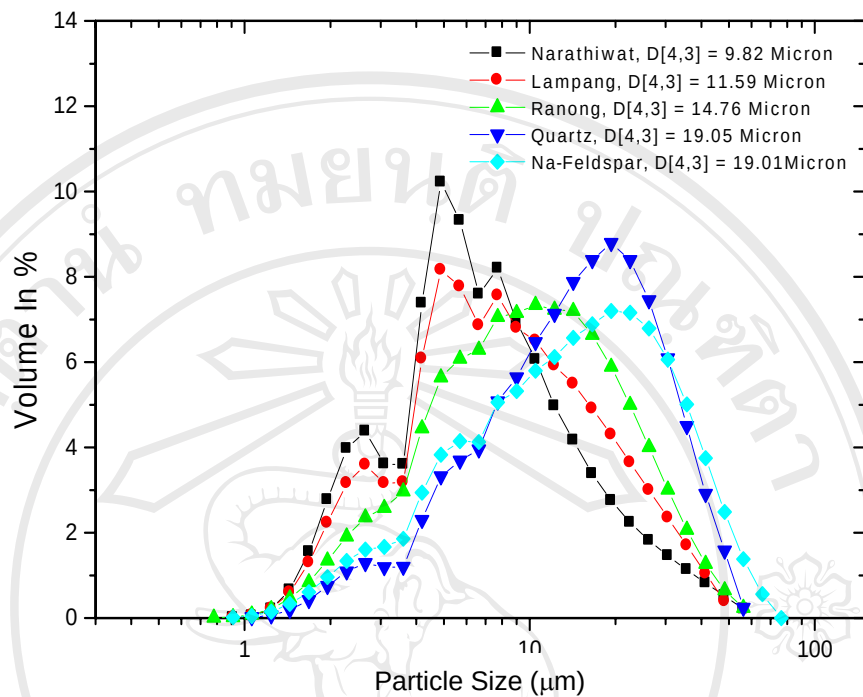
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการวัดขนาดและการกระจายตัวของอนุภาคของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ด้วยเครื่องวัดขนาดอนุภาค

เมื่อนำดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ มาวัดหาขนาดอนุภาคและการกระจายตัวของขนาดอนุภาค โดยใช้เครื่องวัดขนาดอนุภาค ดังแสดงในรูปที่ 4.1 และ 4.2 พบว่า ดินขาวเคโอลินนราธิวาสมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยที่เล็กที่สุด รองลงมาคือดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ตามลำดับ นอกจากนี้ดินขาวเคโอลินนราธิวาสยังมีการกระจายตัวของขนาดอนุภาคที่แคบที่สุด (Narrow particle size distribution) รองลงมาคือดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ตามลำดับ



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดอนุภาคกับปริมาตรของขนาดอนุภาค



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายของขนาดอนุภาคกับปริมาตรของขนาดอนุภาค

4.2 ผลการวิเคราะห์หาพื้นที่ผิวของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ด้วยเครื่องวัดพื้นที่ผิว

จากการวิเคราะห์หาพื้นที่ผิวของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ด้วยเครื่องวัดพื้นที่ผิว ดังแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่าดินขาวเคโอลินนราธิวาสมีพื้นที่ผิวมากที่สุด รองลงมาคือดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง โซเดียมเฟลด์สปาร์ และควอตซ์ ตามลำดับ ซึ่งพื้นที่ผิวของวัสดุดิบทั้ง 5 ชนิดจะสอดคล้องกับขนาดอนุภาค ถ้าอนุภาคที่มีพื้นที่ผิวมากจะมีขนาดอนุภาคเล็ก และถ้าอนุภาคที่มีพื้นที่ผิวน้อยอนุภาคจะมีขนาดใหญ่

ตารางที่ 4.1 พื้นที่ผิวของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์

ชนิดของวัตถุดิบ	พื้นที่ผิว (m^2/g)
ดินขาวเคโอลินนราธิวาส	21.16
ดินขาวเคโอลินลำปาง	19.90
ดินขาวเคโอลินระนอง	19.20
ควอตซ์	1.81
โซเดียมเฟลด์สปาร์	5.38

4.3 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์ของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ด้วยเครื่องวัดปริมาณสารอินทรีย์

ในตารางที่ 4.2 จะแสดงผลการวิเคราะห์หาสารอินทรีย์ของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ด้วยเครื่องวัดปริมาณสารอินทรีย์ ซึ่งจะวัดออกมาในรูปของคาร์บอน (Carbon) จากการทดลองพบว่าดินขาวเคโอลินระนองมีปริมาณคาร์บอนมากที่สุด รองลงมาคือ ดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ตามลำดับ ปริมาณไฮโดรเจนจะไม่พบในดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ แต่จะพบในดินขาวเคโอลินระนองประมาณ 0.26 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ส่วนปริมาณไนโตรเจนของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ จะไม่แตกต่างกันมาก

ตารางที่ 4.2 ปริมาณสารอินทรีย์ของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์

ชนิดของวัตถุดิบ	ปริมาณคาร์บอน (wt%)	ปริมาณไฮโดรเจน (wt%)	ปริมาณไนโตรเจน (wt%)
ดินขาวเคโอลินนราธิวาส	0.44±0.02	ไม่พบ	0.63±0.16
ดินขาวเคโอลินลำปาง	0.36±0.08	ไม่พบ	0.41±0.19

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ชนิดของวัตถุดิบ	ปริมาณคาร์บอน (wt%)	ปริมาณไฮโดรเจน (wt%)	ปริมาณไนโตรเจน (wt%)
ดินขาวเคโอลินระนอง	0.46±0.06	0.26±0.11	0.50±0.06
ควอตซ์	0.29±0.04	ไม่พบ	0.59±0.20
โซเดียมเฟลด์สปาร์	0.28±0.04	ไม่พบ	0.65±0.11

4.4 ผลการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ด้วยเครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์

จากการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ด้วยเครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ ดังแสดงในตารางที่ 4.3 พบว่าดินทั้ง 3 ชนิดมี SiO_2 และ Al_2O_3 เป็นองค์ประกอบหลัก โดยที่ SiO_2 จะมีมากที่สุด รองลงมาคือ Al_2O_3 และมี Fe_2O_3 , TiO_2 , Na_2O , K_2O , CaO , MgO , MnO และ P_2O_5 ในปริมาณน้อย นอกจากนี้ ควอตซ์มี SiO_2 เป็นองค์ประกอบหลัก และมี Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , Na_2O , K_2O , CaO , MgO , MnO และ P_2O_5 ในปริมาณน้อย ส่วนโซเดียมเฟลด์สปาร์มี SiO_2 , Al_2O_3 และ Na_2O เป็นองค์ประกอบหลัก โดยที่ SiO_2 จะมีมากที่สุด รองลงมาคือ Al_2O_3 และ Na_2O และมี Fe_2O_3 , TiO_2 , K_2O , CaO , MgO , MnO และ P_2O_5 ในปริมาณน้อย และเมื่อเปรียบเทียบกับค่า Loss on Ignition (LOI) พบว่าดินขาวเคโอลินนราธิวาส จะมีค่า Loss on Ignition (LOI) มากที่สุด รองลงมาคือ ดินขาวเคโอลินระนอง ดินขาวเคโอลินลำปาง โซเดียมเฟลด์สปาร์ และควอตซ์ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 องค์ประกอบทางเคมีของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์

องค์ประกอบทางเคมี (Wt%)	ชนิดของวัตถุดิบ				
	ดินขาว เคโอลิน นราธิวาส	ดินขาว เคโอลิน ลำปาง	ดินขาว เคโอลิน ระนอง	ควอตซ์	โซเดียม เฟลด์สปาร์
Al_2O_3	36.18	31.06	35.87	0	15.60
SiO_2	44.76	53.05	46.25	98.73	71.08

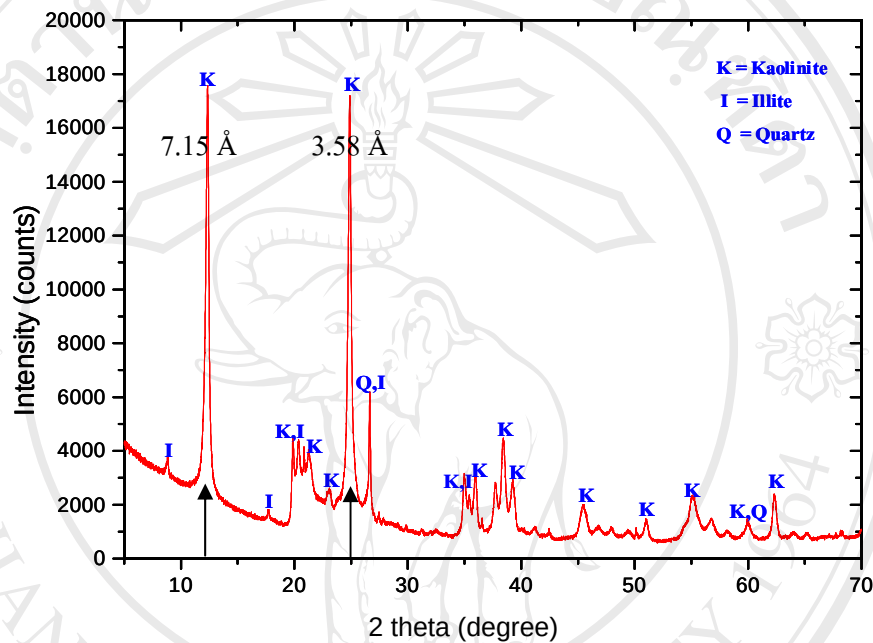
ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

องค์ประกอบทางเคมี (Wt%)	ชนิดของวัตถุดิบ				
	ดินขาว เคโอลิน นราธิวาส	ดินขาว เคโอลิน ลำปาง	ดินขาว เคโอลิน ระนอง	ควอตซ์	โซเดียม เฟลด์สปาร์
Fe ₂ O ₃	0.82	1.33	1.71	0.31	0.90
TiO ₂	0.84	0.07	0.08	0.01	0.11
Na ₂ O	3.12	1.93	1.27	0.48	6.44
K ₂ O	1.15	4.19	2.05	0.03	2.44
CaO	0.13	0.21	0.40	0.08	1.10
MgO	0.11	0.24	0.25	0.09	0.47
MnO	0.01	0.06	0.05	0	0.07
P ₂ O ₅	0.06	0.01	0.03	0.01	0.10
Loss on Ignition (LOI)	12.82	7.85	12.04	0.26	1.69
Summation	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

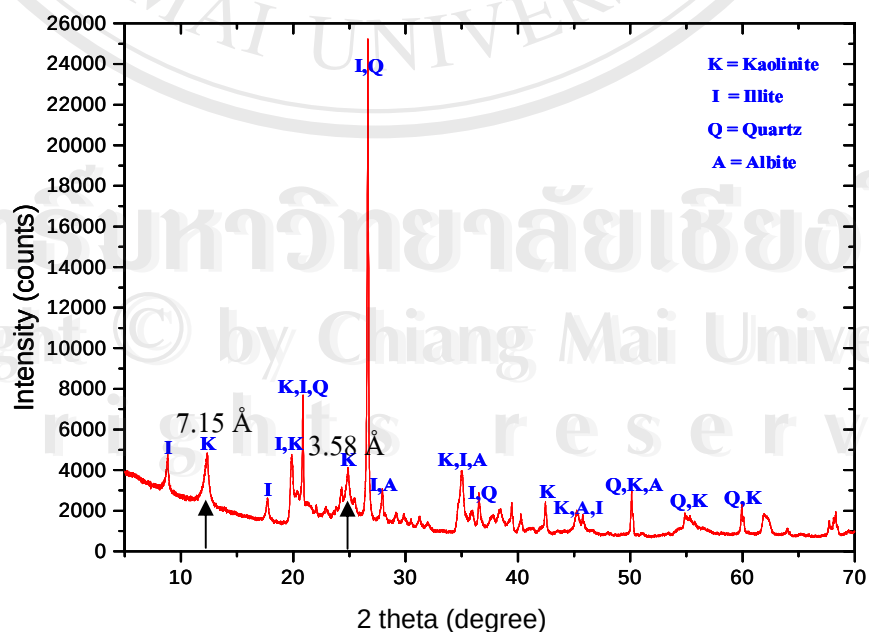
4.5 ผลการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางแร่ของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ด้วยเครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน

จากการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางแร่ของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ด้วยเครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน ดังแสดงในรูปที่ 4.3-4.7 พบว่าองค์ประกอบทางแร่ของดินขาวเคโอลินนราธิวาสประกอบด้วยเคโอลินท์ อิลไลต์ และควอตซ์ องค์ประกอบทางแร่ของดินขาวเคโอลินลำปางประกอบด้วยเคโอลินท์ อิลไลต์ ควอตซ์ และอัลไบท์ หรือ โซเดียมเฟลด์สปาร์ การเปรียบเทียบความสมบูรณ์และความไม่สมบูรณ์ของผลึกของดินขาวเคโอลินโดยดูจากความแคบและความสูงของพีค [57] ซึ่งในการทดลองนี้จะดูจากความสูงของพีค ซึ่งจะพบว่าดินขาวเคโอลินนราธิวาสมีโครงสร้างผลึกที่สมบูรณ์มากกว่าดินขาวเคโอลินลำปาง โดยดูจากความสูงของพีคที่ค่า D-spacing เท่ากับ 7.15 Å ($2\theta = 12.4^\circ$ และ h,k,l = 001) และ 3.58 Å ($2\theta = 25^\circ$ และ h,k,l = 002) ซึ่งพบว่าดินขาวเคโอลินนราธิวาสมีความสูงของพีคที่ค่า D-spacing ดังกล่าว มากกว่าดินขาวเคโอลินลำปาง แสดงว่าดินขาวเคโอลิน

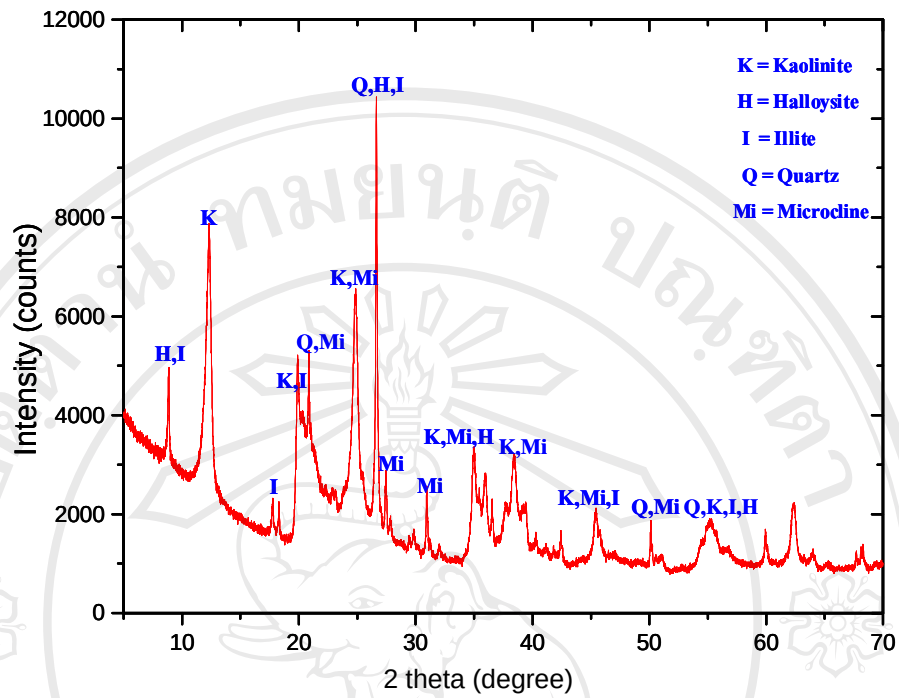
นราธิวาสมีโครงสร้างผลึกที่สมบูรณ์กว่าดินขาวเคโอลินลำปาง นอกจากนี้องค์ประกอบทางแร่ของดินขาว เคโอลินระนองประกอบด้วย ฮาล์ลออยไซต์ เคโอลิไนท์ อิลไลต์ ควอตซ์ และไมโครไคลน์ (Microcline) องค์ประกอบทางแร่ของโซเดียมเฟลด์สปาร์ประกอบด้วย อัลไบต์ มัสโคไวท์ และควอตซ์ และองค์ประกอบทางแร่ของควอตซ์ประกอบด้วยควอตซ์อย่างเดียว ซึ่งเป็นแร่ควอตซ์ที่ค่อนข้างบริสุทธิ์



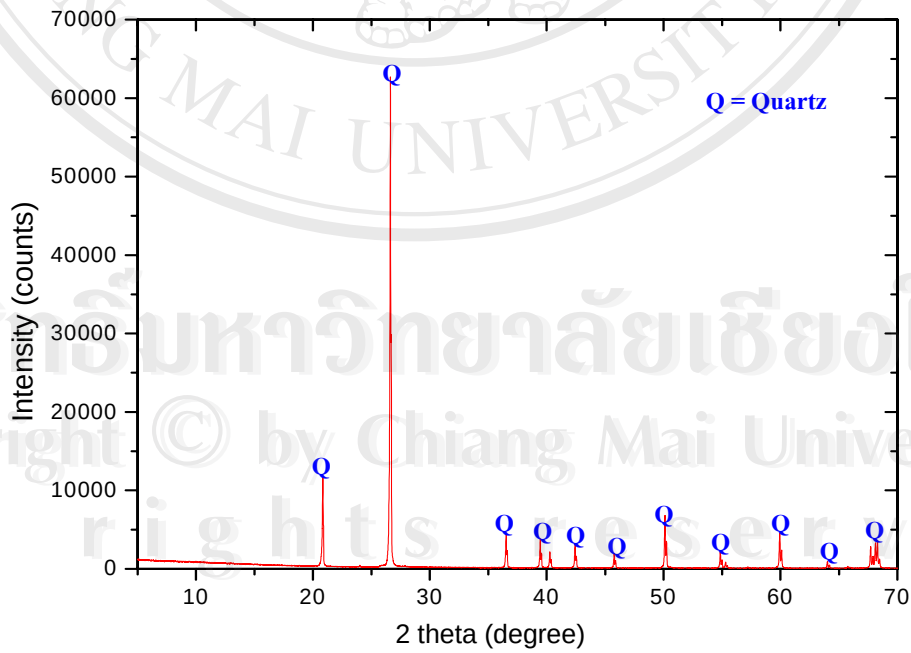
รูปที่ 4.3 องค์ประกอบทางแร่ของดินขาวเคโอลินนราธิวาส



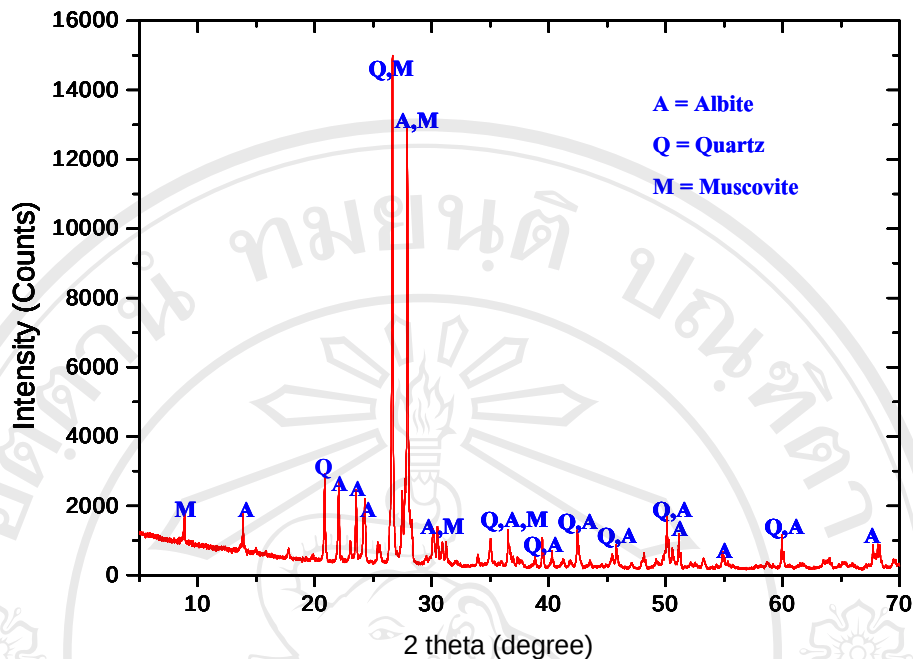
รูปที่ 4.4 องค์ประกอบทางแร่ของดินขาวเคโอลินลำปาง



รูปที่ 4.5 องค์ประกอบทางแร่ของดินขาวเคโอลินระนอง



รูปที่ 4.6 องค์ประกอบทางแร่ของควอตซ์



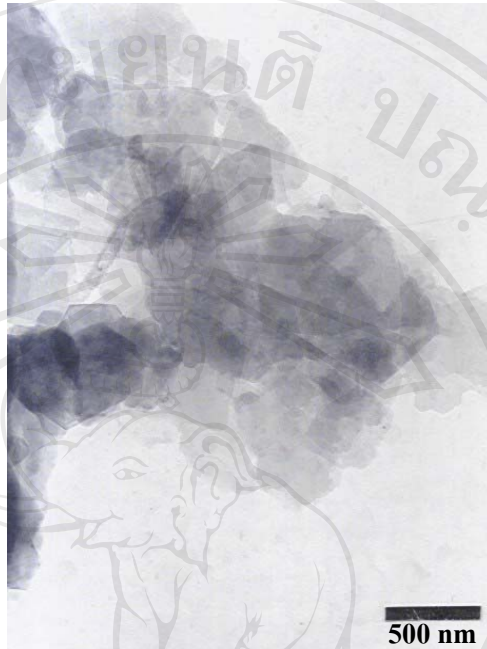
รูปที่ 4.7 องค์ประกอบทางแร่ของโซเดียมเฟลด์สปาร์

4.6 ผลการศึกษาฐานวิทยาของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน

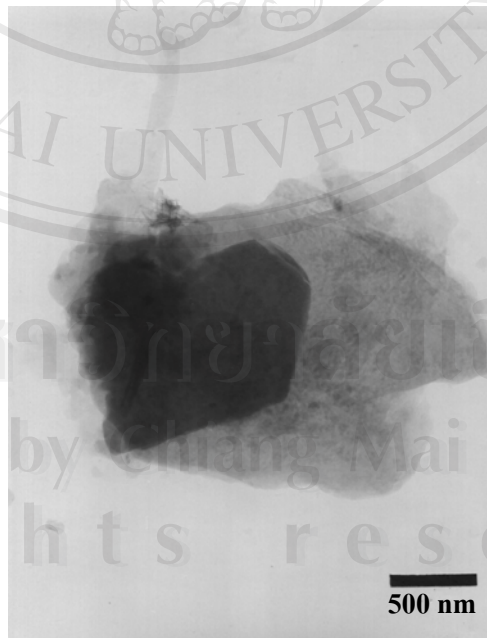
จากการศึกษาฐานวิทยาของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน ดังแสดงในรูปที่ 4.8-4.13 ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่า ดินขาวเคโอลินนราธิวาสจะมีรูปร่างผลึกเป็นหกเหลี่ยมซึ่งจะสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางแร่ที่วิเคราะห์ด้วยการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ในทางตรงกันข้ามดินขาวเคโอลินลำปางมีรูปร่างผลึกไม่แน่นอนซึ่งจะตรงกับฟิเคโอลินที่มีโครงสร้างผลึกที่ไม่สมบูรณ์ และดินขาวเคโอลินระนองมีรูปร่างผลึกเป็นท่อซึ่งตรงกับโครงสร้างผลึกฮาลลอยไซต์ นอกจากนี้ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านของโซเดียมเฟลด์สปาร์ และควอตซ์จะมีรูปร่างผลึกที่ไม่แน่นอน

จากงานวิจัยของ Franco [57] และคณะ ได้นำดินขาวเคโอลินไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านพบว่าดินขาวเคโอลินที่มีโครงสร้างผลึกที่สมบูรณ์จะมีรูปร่างเป็นผลึกหกเหลี่ยมที่ชัดเจน ในทางตรงกันข้าม ดินขาวเคโอลินที่มีโครงสร้างผลึกที่ไม่สมบูรณ์จะแสดงรูปร่างผลึกหกเหลี่ยมที่ไม่ชัดเจน จากงานวิจัยของ Adamo และคณะ [58] และ Levis และ Deasy [59] ได้ศึกษารูปร่างผลึกของดินฮาลลอยไซต์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน พบว่าดินฮาลลอยไซต์ที่มีรูปร่างผลึกเป็นรูปท่อ และจากงานวิจัยของ Besra และคณะ [60] ได้ศึกษารูปร่างผลึก

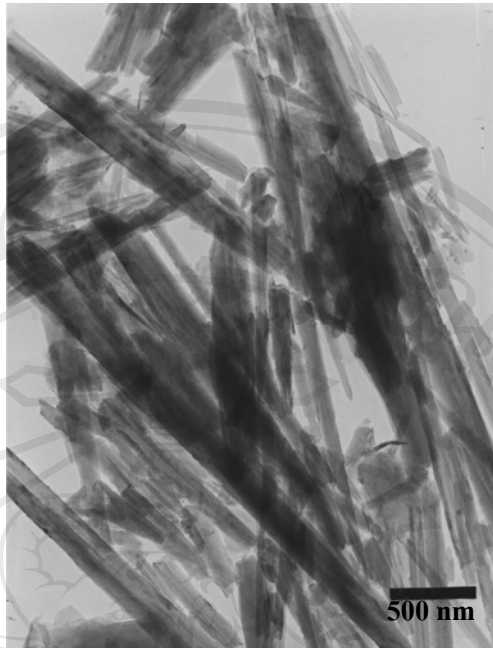
ของควอตซ์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าควอตซ์รูปร่างผลึกไม่แน่นอน
จากงานวิจัยที่กล่าวมาจะสอดคล้องกับงานวิจัยนี้



รูปที่ 4.8 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านของดินขาวเคโอลินนราธิวาส



รูปที่ 4.9 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านของดินขาวเคโอลินลำปาง



รูปที่ 4.10 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านของดินขาวเคโอลินระนอง



รูปที่ 4.11 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านของดินขาวเคโอลินระนองที่มีลักษณะเป็นท่อ



รูปที่ 4.12 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านของควอตซ์

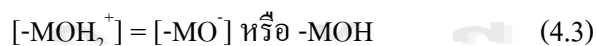


รูปที่ 4.13 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านของโพลีเอทิลีนเทเรฟทาเลต

4.7 ผลการศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้ารีดักชันของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ด้วยเครื่องวัดศักย์ไฟฟ้ารีดักชัน

4.7.1 ผลการศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้ารีดักชันของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ที่พีเอชต่างๆ

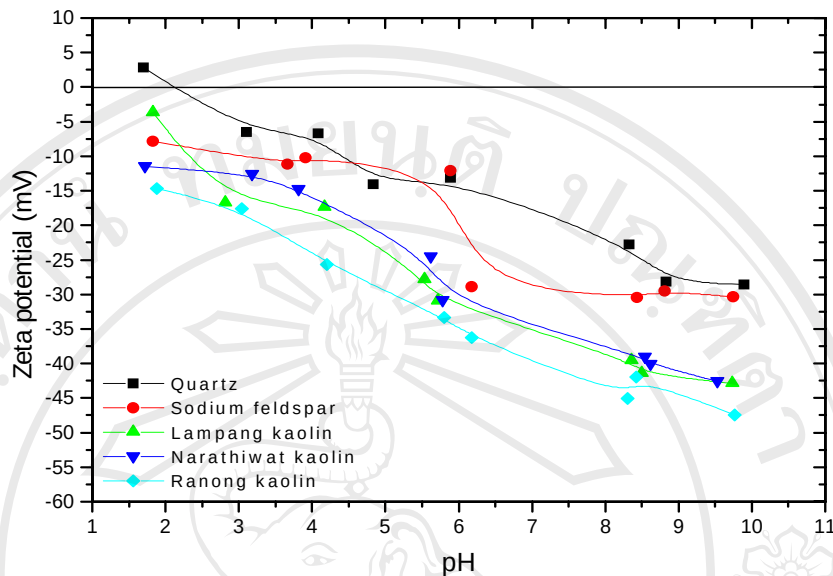
จากการวัดค่าศักย์ไฟฟ้ารีดักชันของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ที่เปรียบเทียบกับพีเอช ดังแสดงในรูปที่ 4.14 พบว่าเมื่อพีเอชของสารแขวนลอยเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ประจุลบที่ผิวของอนุภาคดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์เพิ่มขึ้น สาเหตุเกิดจากหมู่ไฮดรอกซิลที่มีประจุเป็นลบจะถูกดูดซับกับประจุบวกที่ขอบของอนุภาคดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง และดินขาวเคโอลินระนอง [61] และหมู่ไฮดรอกซิลที่มีประจุเป็นลบจะถูกดูดซับกับประจุบวกที่ผิวของควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ [23,62] จึงทำให้มีประจุลบเพิ่มขึ้น หรือเกิดการสูญเสียไฮโดรเจนไอออน ดังแสดงในสมการที่ 4.1 ในทางตรงกันข้ามเมื่อพีเอชของสารแขวนลอยลดลงจะส่งผลให้ประจุลบที่ผิวของอนุภาคดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ลดลงเช่นกัน สาเหตุเกิดจากไฮโดรเจนไอออนที่มีประจุเป็นบวกจะถูกดูดซับกับประจุลบที่ขอบของอนุภาคดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง และดินขาวเคโอลินระนอง และไฮโดรเจนไอออนที่มีประจุเป็นบวกจะถูกดูดซับกับประจุลบที่ผิวของควอตซ์และโซเดียมเฟลด์สปาร์ หรือเป็นการเพิ่มไฮโดรเจนไอออนจึงเกิดเป็นไฮโดรเนียมไอออน ดังแสดงในสมการที่ 4.2



เมื่อเปรียบเทียบค่าศักย์ไฟฟ้ารีดักชันของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ แสดงให้เห็นว่า ดินขาวเคโอลินระนองจะมีค่าศักย์ไฟฟ้ารีดักชันที่มีประจุลบมากที่สุด รองลงมาคือ ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินนราธิวาส โซเดียมเฟลด์สปาร์ และควอตซ์ ตามลำดับ สาเหตุเนื่องจากดินขาวเคโอลินระนองที่มีลักษณะรูปร่างเป็นท่อ หรือเรียกว่า ดินฮาล์ลอยไซต์ จะมีไอโซมอร์ฟิซึมระดับอะตอมและเกิดตำหนิภายในโครงสร้างผลึก [63,64] มากกว่าดินขาวเคโอลินลำปางที่มีลักษณะผลึกไม่สมบูรณ์ ดินขาวเคโอลินนราธิวาสที่มีลักษณะผลึกที่สมบูรณ์ โซเดียมเฟลด์สปาร์ และควอตซ์ นอกจากนี้ดินขาว

เคโอลิน นราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง โซเดียมเฟลด์สปาร์จะไม่พบจุดไอโซอิเล็กทริก (จุดไอโซอิเล็กทริก หมายถึง จุดที่สารแขวนลอยมีการดูดซับไฮโดรเจนไอออนและหมู่ไฮดรอกซิลเท่ากันจึงทำให้พื้นที่ผิวมีความเป็นกลาง ดังสมการที่ 4.3) เนื่องจากมีไอโซมอร์ฟิซึมระดับอะตอมและประจุที่ผิวของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง และโซเดียมเฟลด์สปาร์ จะไม่ขึ้นอยู่กับพีเอชในช่วงที่เป็นกรด [63] แต่ควอตซ์จะพบจุดไอโซอิเล็กทริกที่พีเอช 2.13

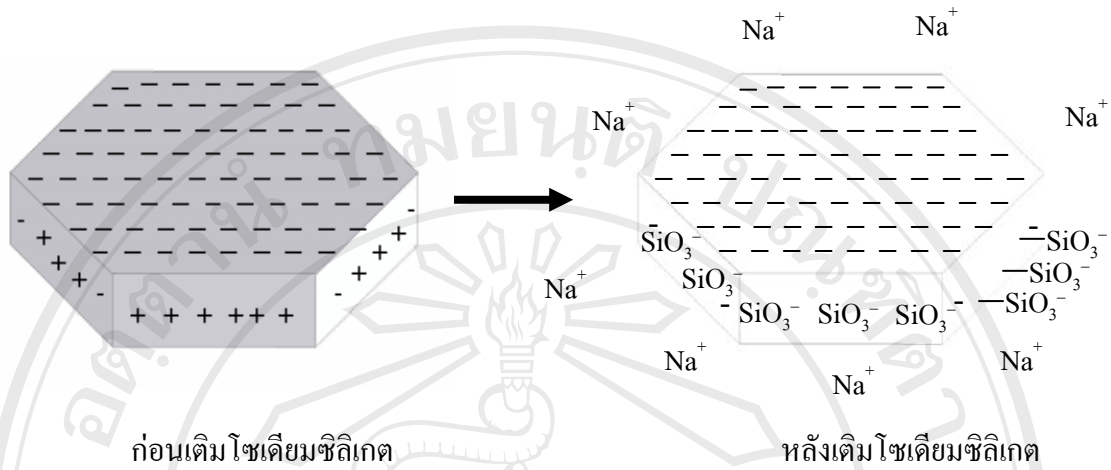
จากรายงานการวิจัยนี้จะสอดคล้องกับงานวิจัยของ Besra และคณะ [60] Karagüzel และคณะ [62] Hussain และคณะ [63] และ Tari และคณะ [64] จากงานวิจัยของ Tari และคณะ ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงประจุที่ผิวของดินขาวเคโอลินที่มีลักษณะผลึกที่สมบูรณ์ ดินขาวเคโอลินที่มีลักษณะผลึกที่ไม่สมบูรณ์ และดินฮาล์ลอยไซต์ จากการทดลองพบว่าดินฮาล์ลอยไซต์จะมีศักย์ไฟฟ้าซีต้าที่มีประจุลบมากกว่าดินขาวเคโอลินที่มีลักษณะผลึกที่ไม่สมบูรณ์ และดินขาวเคโอลินที่มีลักษณะผลึกที่สมบูรณ์ ตามลำดับ เนื่องจากมีไอโซมอร์ฟิซึมระดับอะตอมและเกิดตำหนิภายในโครงสร้างผลึก ซึ่งการเกิดไอโซมอร์ฟิซึมระดับอะตอมเกิดจากซิลิกอนที่มีประจุบวกสี่ถูกแทนที่ด้วยอะลูมิเนียมที่มีประจุบวกสามภายในโครงสร้างผลึกดิน ที่พิสูจน์ด้วยเครื่องฟูเรียรทรานส์ฟอร์มเมชันอินฟราเรด (Fourier transformation-infrared, FT-IR) จากงานวิจัยของ Hussain และคณะ ได้ศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้าซีต้าของดินจากประเทศตุรกี ซึ่งดินที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยดินขาว เคโอลิน ไลท์ อิลไลต์ และคลอไรต์ จากการทดลองพบว่าดินขาวเคโอลิน ไลท์จะมีค่าศักย์ไฟฟ้าซีต้าประจุลบมากกว่าอิลไลต์ และคลอไรต์ เนื่องจากดินขาวเคโอลิน ไลท์จะมีไอโซมอร์ฟิซึมระดับอะตอมมากกว่าอิลไลต์ และคลอไรต์ นอกจากนี้ดินขาวเคโอลิน ไลท์จะไม่พบจุดไอโซอิเล็กทริก สาเหตุเกิดจากดินขาวเคโอลิน ไลท์มีไอโซมอร์ฟิซึมระดับอะตอมภายในโครงสร้างผลึกมากและประจุที่ผิวของดินขาวเคโอลิน ไลท์จะไม่ขึ้นอยู่กับพีเอชในช่วงที่เป็นกรด จากงานวิจัยของ Besra และคณะ ได้ศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้าซีต้าของควอตซ์ จากการทดลองพบว่าควอตซ์จะมีจุดไอโซอิเล็กทริกเท่ากับ 2 และควอตซ์จะมีค่าศักย์ไฟฟ้าเป็นลบ เมื่อค่าพีเอชมากกว่าพีเอช 2 เนื่องจากหมู่ไฮดรอกซิลที่มีประจุเป็นลบจะถูกชดเชยกับประจุบวกที่ผิวของควอตซ์ จากงานวิจัยของ Karagüzel และคณะ ได้ศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้าซีต้าของอัลไบต์และออร์โทเคลส พบว่าอัลไบต์และ ออร์โทเคลสมีค่าศักย์ไฟฟ้าซีต้าเป็นลบเมื่อพีเอชเพิ่มขึ้น เนื่องจากหมู่ไฮดรอกซิลที่มีประจุเป็นลบจะถูกชดเชยกับประจุบวกที่ผิวของอัลไบต์และออร์โทเคลส นอกจากนี้อัลไบต์และออร์โทเคลส จะไม่พบจุดไอโซอิเล็กทริก เพราะว่าอัลไบต์และ ออร์โทเคลสมีไอโซมอร์ฟิซึมระดับอะตอมภายในโครงสร้างผลึกมากและประจุที่ผิวของอัลไบต์และออร์โทเคลสจะไม่ขึ้นอยู่กับพีเอชในช่วงที่เป็นกรด



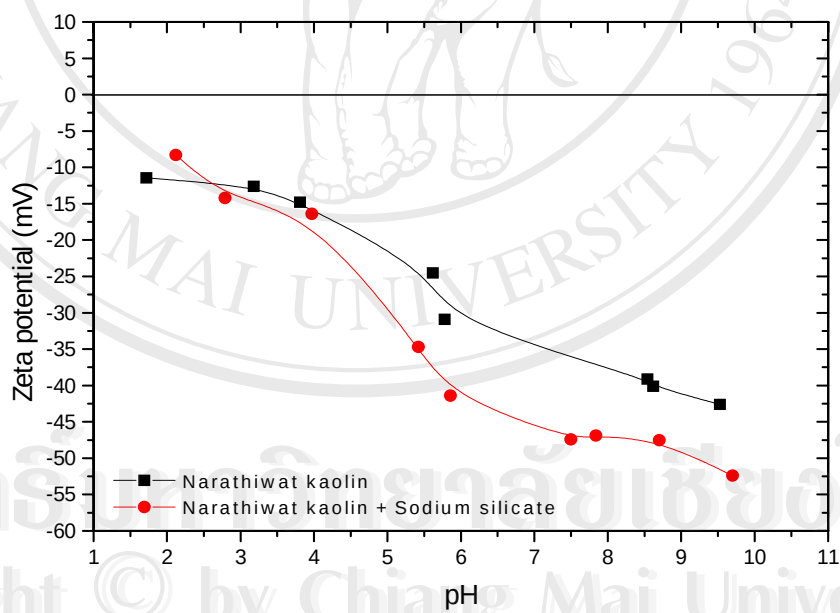
รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับศักย์ไฟฟ้าซีต้าของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์

4.7.2 ผลการศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้าซีต้าของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ที่เปรียบเทียบกับโซเดียมซิลิเกต

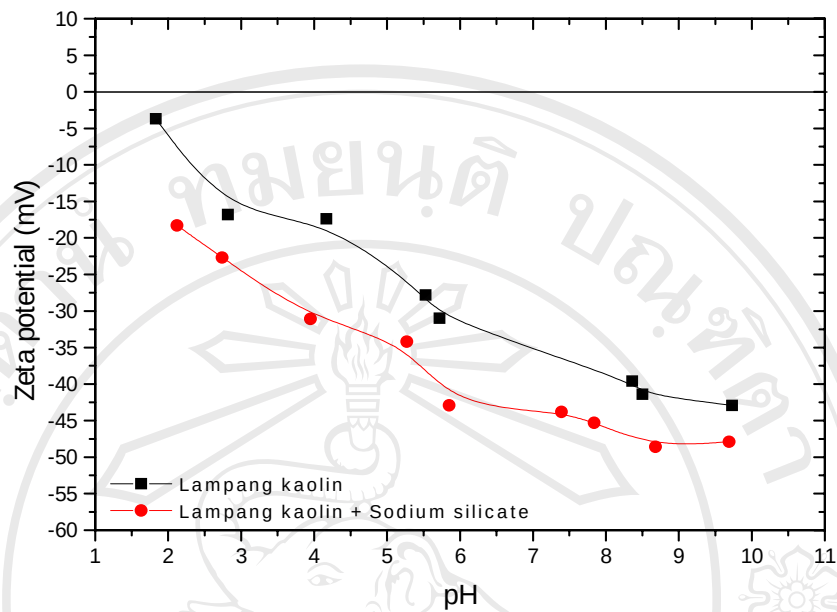
การวัดค่าศักย์ไฟฟ้าซีต้าของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ที่มีการเติมโซเดียมซิลิเกต 4 ไมโครลิตร ดังแสดงในรูปที่ 4.16-4.20 พบว่าเมื่อเติมโซเดียมซิลิเกตลงไปในสารแขวนลอยของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง โซเดียมเฟลด์สปาร์ และควอตซ์ จะทำให้วัตถุติดแต่ละชนิดมีค่าศักย์ไฟฟ้าซีต้าเป็นลบมากกว่าสารแขวนลอยที่ไม่มีการเติมโซเดียมซิลิเกต เนื่องจากหมู่ซิลิเกตจะถูกดูดซับบนประจุบวกบริเวณขอบของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง และดินขาวเคโอลินระนอง [65] ดังแสดงในรูปที่ 4.15 และหมู่ซิลิเกตจะถูกดูดซับบนประจุบวกบริเวณผิวของอนุภาคควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ จากการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าซีต้าของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ที่มีการเติมโซเดียมซิลิเกตดังกล่าว ดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง โซเดียมเฟลด์สปาร์จะไม่พบจุดไอโซอิเล็กทริก แต่ควอตซ์จะพบจุดไอโซอิเล็กทริกที่พีเอช 2.77



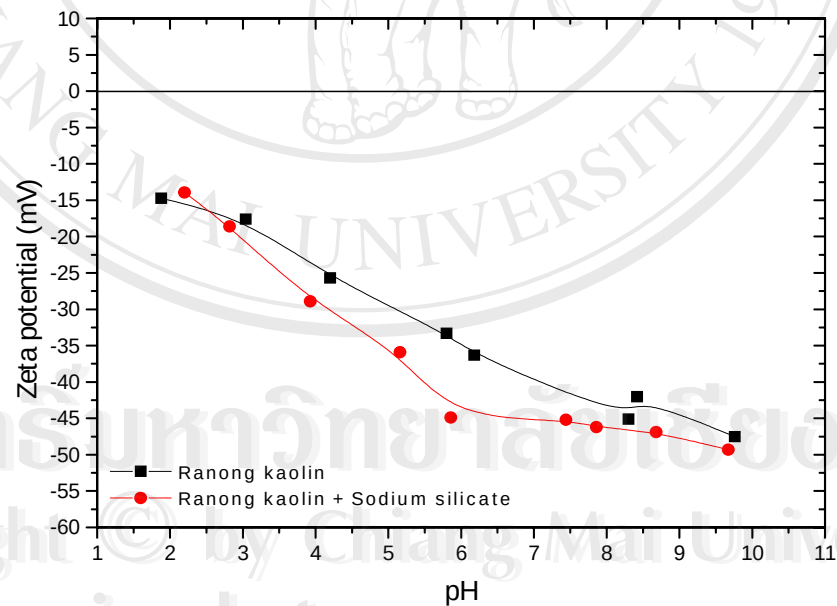
รูปที่ 4.15 แบบจำลองการดูดซับของซิลิเกตไอออนที่บริเวณขอบของอนุภาคดินขาวเคโอลิน



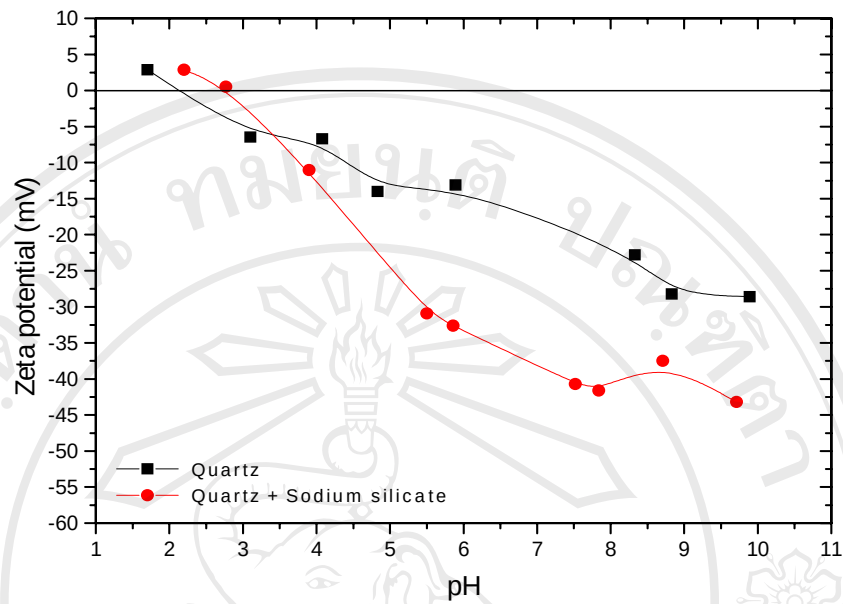
รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับศักย์ไฟฟ้าซีต้าของดินขาวเคโอลินนราธิวาสที่มีการเติมโซเดียมซิลิเกต 4 ไมโครลิตร



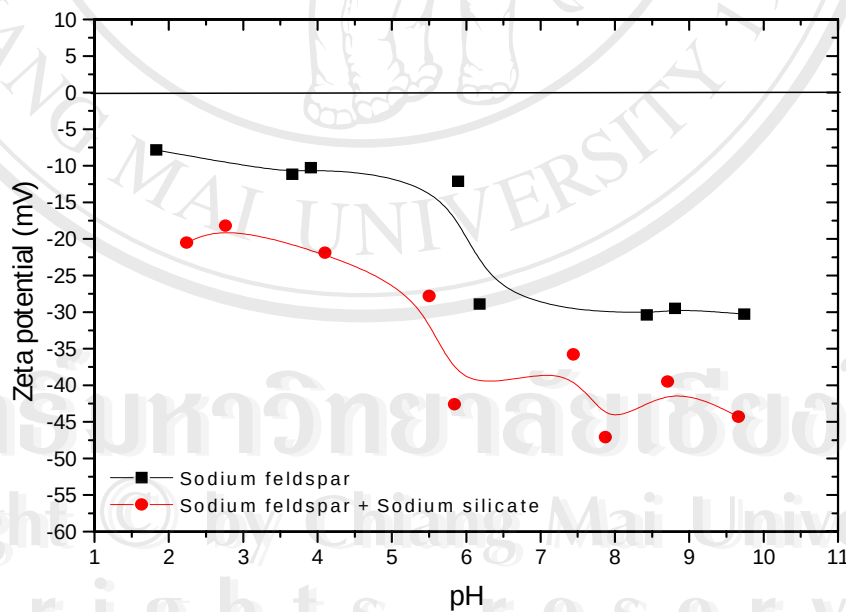
รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับศักย์ไฟฟ้าซีต้าของดินขาวเคโอลินลำปางที่มีการเติมโซเดียมซิลิเกต 4 ไมโครลิตร



รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับศักย์ไฟฟ้าซีต้าของดินขาวเคโอลินระนองที่มีการเติมโซเดียมซิลิเกต 4 ไมโครลิตร



รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับศักย์ไฟฟ้าซีต้าของควอตซ์ที่มีการเติมโซเดียมซิลิเกต 4 ไมโครลิตร



รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับศักย์ไฟฟ้าซีต้าของโซเดียมเฟลด์สปาร์ที่มีการเติมโซเดียมซิลิเกต 4 ไมโครลิตร

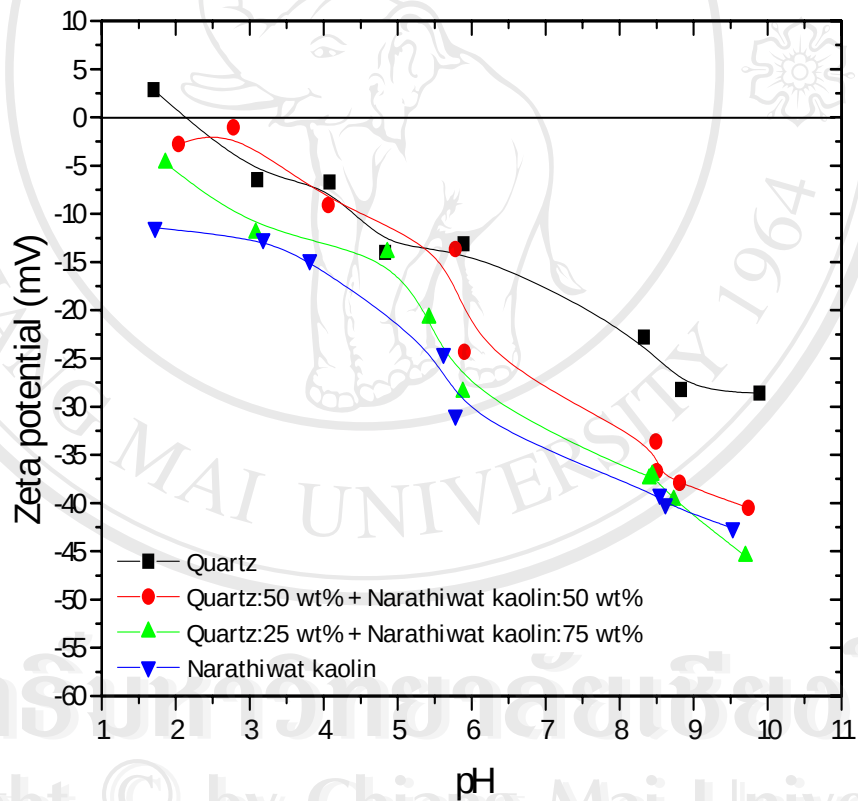
4.7.3 ผลการศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้าซีต้าวัตถุดิบผสมระหว่างควอตซ์กับดินขาวเคโอลินสามแหล่ง (นราธิวาส ลำปาง และระนอง) ในอัตราส่วน 50:50 และ 25:75 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โซเดียมเฟลด์สปาร์กับดินขาวเคโอลินสามแหล่ง ในอัตราส่วน 50:50 และ 25:75 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และวัตถุดิบผสมระหว่าง ควอตซ์กับโซเดียมเฟลด์สปาร์กับดินขาวเคโอลินสามแหล่ง ในอัตราส่วน 25:25:50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

จากการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าซีต้าของส่วนผสมระหว่างควอตซ์กับดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ในอัตราส่วน 50:50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และ 25:75 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ดังแสดงในรูปที่ 4.21-4.23 จากการทดลองชี้ให้เห็นว่าเมื่อปริมาณควอตซ์ ในสารแขวนลอยของดินขาวเคโอลินทั้งสามแหล่งเพิ่มขึ้น (50 : 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) ค่าศักย์ไฟฟ้าซีต้าจะลดลง (ประจุลบลดลง) แต่ในทางตรงกันข้าม เมื่อปริมาณควอตซ์ในสารแขวนลอยของดินขาวเคโอลินทั้งสามแหล่งลดลง (25:75 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) ค่าศักย์ไฟฟ้าซีต้าจะเพิ่มขึ้น (ประจุลบมากขึ้น) สาเหตุเนื่องจากควอตซ์จะมีประจุลบที่น้อยกว่าดินขาวเคโอลินทั้งสามแหล่ง เพราะว่าควอตซ์มีโครงสร้างผลึกที่สมบูรณ์ เนื่องจากหน่วยย่อยของโครงสร้างผลึกจะประกอบด้วยโครงสร้างเตตระฮีดรอนซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีความเสถียร จึงทำให้ไอโซมอร์ฟิซึมซับสตีติวชันและเกิดตำหนิภายในโครงสร้างผลึกน้อยกว่าดินขาวเคโอลินทั้งสามแหล่ง

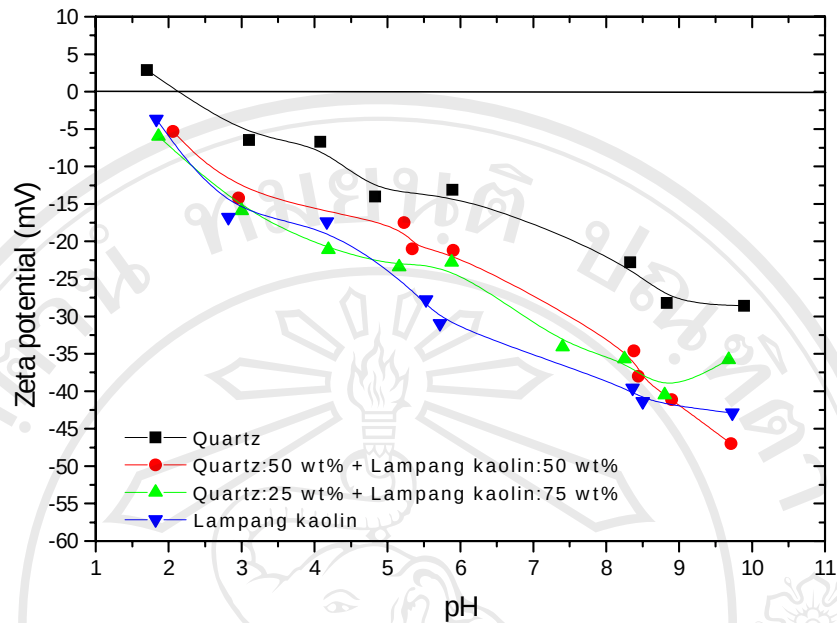
จากการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าซีต้าของส่วนผสมระหว่างโซเดียมเฟลด์สปาร์กับดินขาวเคโอลินทั้งสามแหล่งในอัตราส่วน 50:50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และ 25:75 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ดังแสดงในรูปที่ 4.24-4.26 จากการทดลองชี้ให้เห็นว่าเมื่อปริมาณโซเดียมเฟลด์สปาร์ในสารแขวนลอยของดินขาวเคโอลินทั้งสามแหล่งเพิ่มขึ้น (50:50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) ค่าศักย์ไฟฟ้าซีต้าของดินขาวเคโอลินทั้งสามแหล่งจะลดลง แต่ในทางตรงกันข้าม เมื่อปริมาณโซเดียมเฟลด์สปาร์ในสารแขวนลอยของดินขาวเคโอลินทั้งสามแหล่งลดลง (25:75 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) ค่าศักย์ไฟฟ้าซีต้าจะเพิ่มขึ้น สาเหตุเกิดจากโซเดียมเฟลด์สปาร์จะมีประจุลบที่น้อยกว่าดินขาวเคโอลินทั้งสามแหล่ง เพราะว่าโซเดียมเฟลด์สปาร์มีโครงสร้างผลึกที่สมบูรณ์ จึงทำให้ไอโซมอร์ฟิซึมซับสตีติวชันและเกิดตำหนิภายในโครงสร้างผลึกน้อยกว่าดินขาวเคโอลินทั้งสามแหล่ง

จากการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าซีต้าของส่วนผสมระหว่างควอตซ์ต่อโซเดียมเฟลด์สปาร์ต่อดินขาวเคโอลินนราธิวาส ควอตซ์ต่อโซเดียมเฟลด์สปาร์ต่อดินขาวเคโอลินลำปาง และ ควอตซ์ต่อโซเดียมเฟลด์สปาร์ต่อดินขาวเคโอลินระนอง ในอัตราส่วน 25:25:50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ดังแสดงในรูปที่ 4.27-4.29 พบว่าเมื่อเติมควอตซ์และโซเดียมเฟลด์สปาร์ลงในดินขาวเคโอลินทั้งสามแหล่ง จะทำให้ศักย์ไฟฟ้าซีต้ามีประจุลบลดลง เพราะว่าควอตซ์และโซเดียมเฟลด์สปาร์มีโครงสร้างผลึกที่สมบูรณ์ จึงทำให้ไอโซมอร์ฟิซึมซับสตีติวชันและเกิดตำหนิภายในโครงสร้างผลึกน้อยกว่าดินขาว

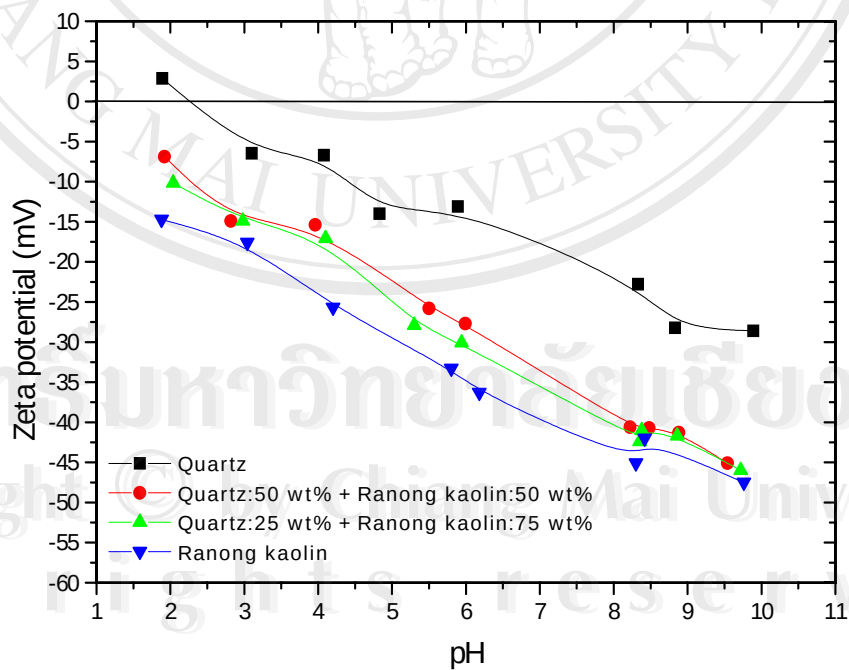
เคลโอลินทั้งสามแหล่ง จากงานวิจัยนี้จะสอดคล้องกับงานวิจัยของ Taubaso และคณะ [66] ที่ศึกษา ประจุที่ผิวของส่วนผสมระหว่างดินขาวเคลโอลินในท์ต่ออิลไลท์ต่อควอตซ์ พบว่าส่วนผสมระหว่าง ดินขาวเคลโอลินในท์ อิลไลท์ และควอตซ์ ในอัตราส่วน 59.66:10.15:30.19 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จะมีประจุลบมากกว่าส่วนผสมระหว่างดินขาวเคลโอลินในท์ อิลไลท์ และควอตซ์ ในอัตราส่วน 23.45:26.14:50.24 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และ 17.38:45.27:37.35 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ เนื่องจากส่วนผสมระหว่างดินขาวเคลโอลินในท์ อิลไลท์ และควอตซ์ ในอัตราส่วน 59.66:10.15:30.19 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จะมีปริมาณดินขาวเคลโอลินในท์และมีไอโซมอร์ฟิซึมระดับสูงและเกิดตำหนิภายในโครงสร้างผลึกมากกว่าส่วนผสมอื่น



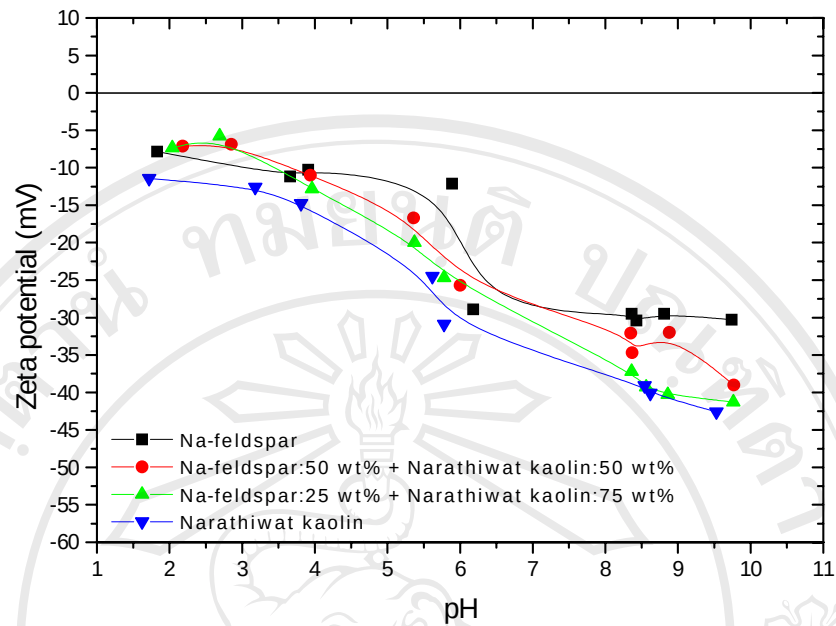
รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับศักย์ไฟฟ้าซีต้าของวัตถุดิบผสมระหว่างควอตซ์กับดินขาวเคลโอลินนราธิวาส



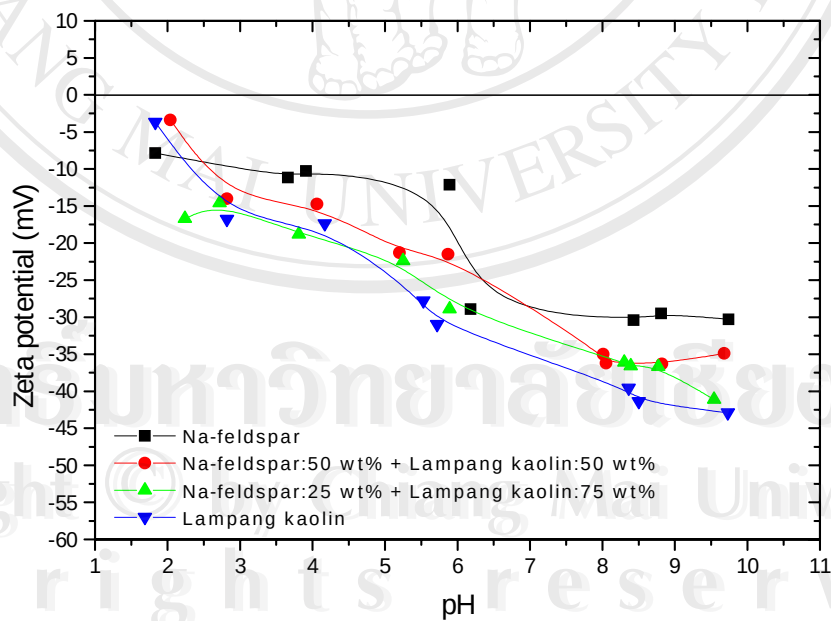
รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับศักย์ไฟฟ้าซีต้าของวัตถุดิบผสมระหว่างควอตซ์กับดินขาว
เคโอลินลำปาง



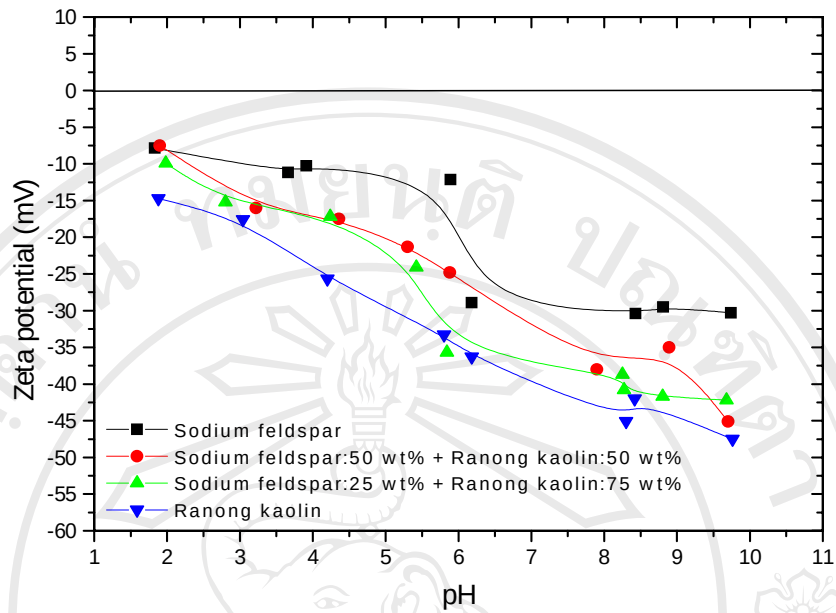
รูปที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับศักย์ไฟฟ้าซีต้าของวัตถุดิบผสมระหว่างควอตซ์กับดินขาว
เคโอลินระนอง



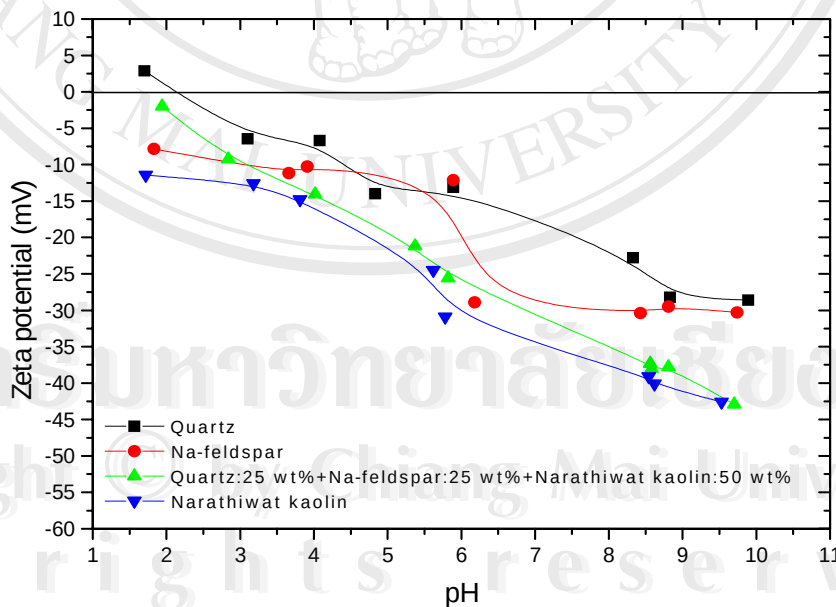
รูปที่ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับศักย์ไฟฟ้าซีต้าของวัตถุดิบผสมระหว่างโซเดียมเฟลด์สปาร์กับดินขาวเคโอลินนราธิวาส



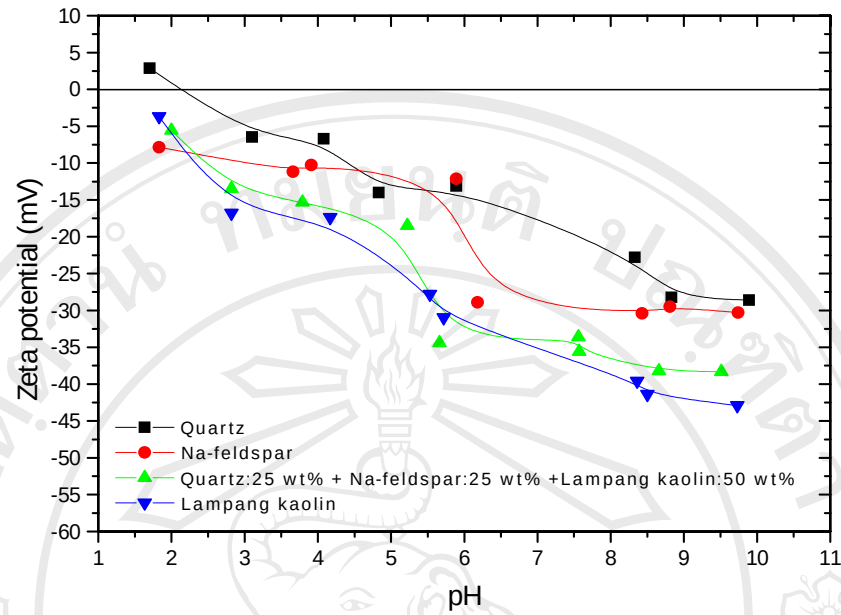
รูปที่ 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับศักย์ไฟฟ้าซีต้าของวัตถุดิบผสมระหว่างโซเดียมเฟลด์สปาร์กับดินขาวเคโอลินลำปาง



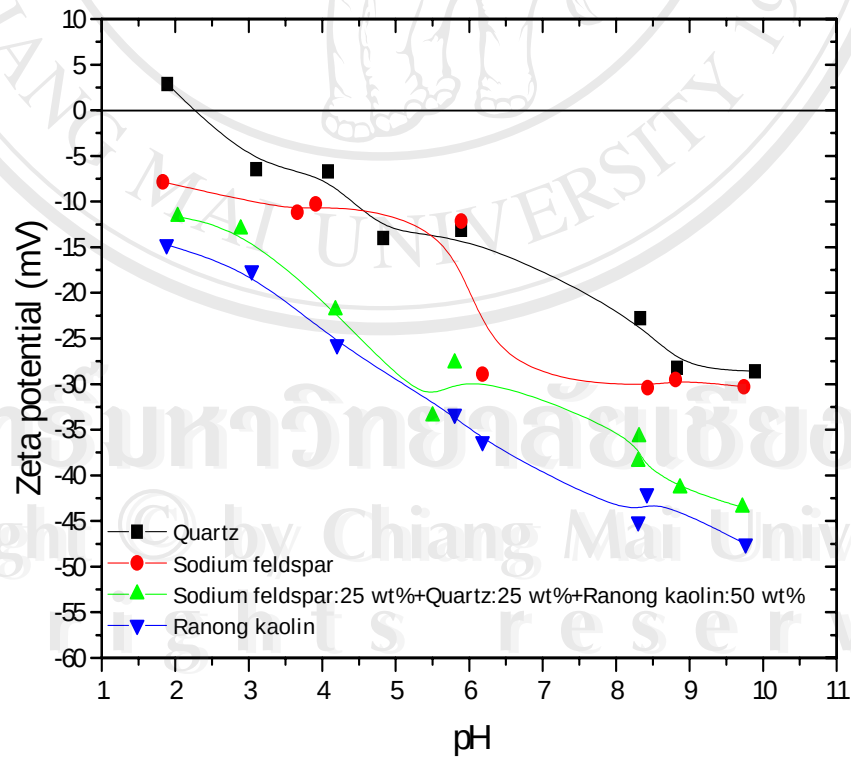
รูปที่ 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับศักย์ไฟฟ้าซีต้าของวัตถุดิบผสมระหว่างโซเดียมเฟลด์สปาร์กับดินขาวเคโอลินระนอง



รูปที่ 4.27 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับศักย์ไฟฟ้าซีต้าของวัตถุดิบผสมระหว่างควอตซ์กับโซเดียมเฟลด์สปาร์กับดินขาวเคโอลินนราธิวาส



รูปที่ 4.28 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับศักย์ไฟฟ้าซีต้าของวัตถุดิบผสมระหว่างควอตซ์กับโซเดียมเฟลด์สปาร์กับดินขาวเคโอลินลำปาง



รูปที่ 4.29 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับศักย์ไฟฟ้าซีต้าของวัตถุดิบผสมระหว่างควอตซ์กับโซเดียมเฟลด์สปาร์กับดินขาวเคโอลินระนอง

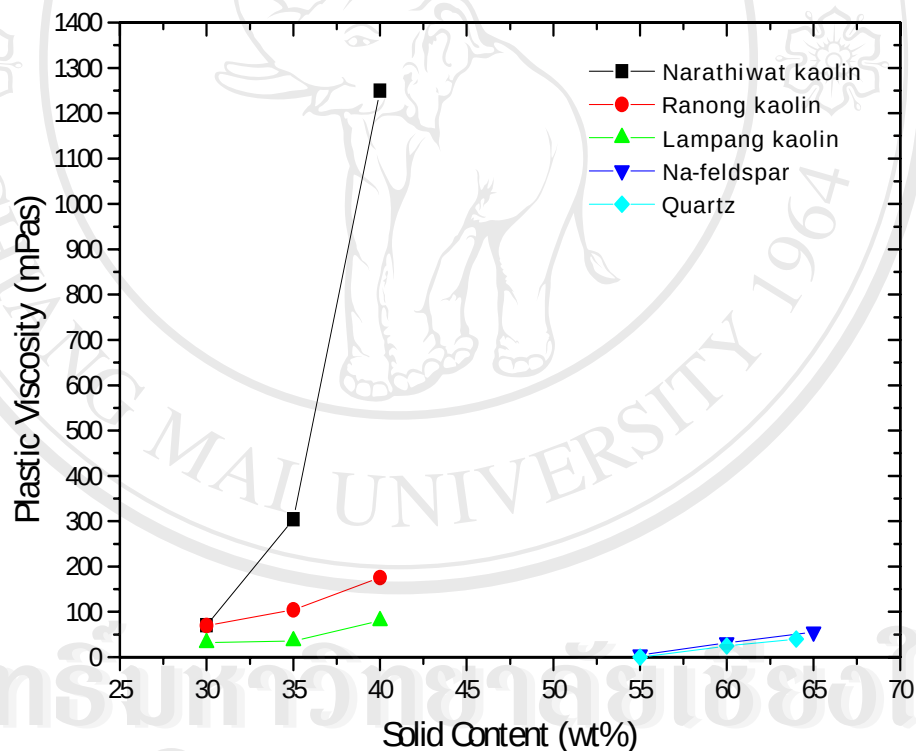
4.8 ผลการวัดพฤติกรรมการไหลของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ด้วยเครื่องวัดความหนืด Brookfield viscometer

4.8.1 ผลการวัดค่าความหนืดและทิกโซโทรปีของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ที่ปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 30 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ควอตซ์วัดที่ปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 55 60 และ 64 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และโซเดียมเฟลด์สปาร์วัดที่ปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 55 60 และ 65 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

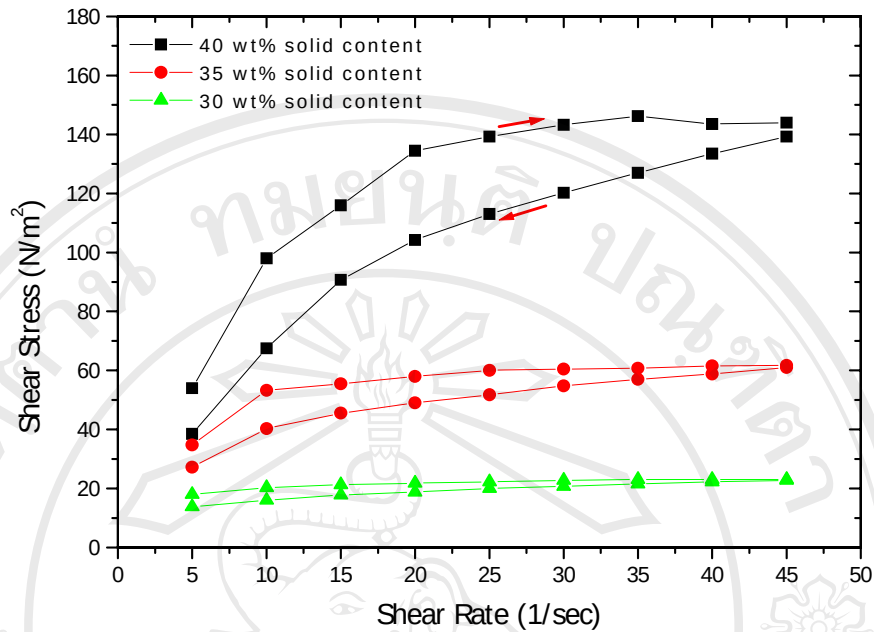
จากการวัดค่าความหนืดและทิกโซโทรปีของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง และดินขาวเคโอลินระนอง ที่ปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 30 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ควอตซ์จะวัดค่าความหนืดและทิกโซโทรปีที่ปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 55 60 และ 64 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และโซเดียมเฟลด์สปาร์วัดค่าความหนืดและทิกโซโทรปีที่ปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 55 60 และ 65 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ดังแสดงในรูปที่ 4.30-4.35 พบว่าค่าความหนืดและทิกโซโทรปีของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอยเพิ่มขึ้น สาเหตุเกิดจากน้ำจะแทรกเข้าไปในช่องว่างระหว่างอนุภาคได้น้อย ทำให้อนุภาคของวัตถุติดเรียงตัวกันอย่างใกล้ชิด อนุภาคจึงเกิดการรวมตัวกันด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์ ค่าความหนืดและทิกโซโทรปีจึงเพิ่มขึ้น ผลการทดลองในลักษณะดังกล่าวจะเหมือนกับรายงานวิจัยของ Theng และ Wells [36] He และคณะ [38] Yildiz และคณะ [43] Günster และคณะ [44] และ Staneva และคณะ [50] พบว่าค่าความหนืดและทิกโซโทรปีจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอยเพิ่มขึ้น เนื่องจากอนุภาคจะอยู่ใกล้ชิดกันมากขึ้นเมื่อปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอยเพิ่มขึ้นจึงทำให้อนุภาคเกิดการรวมตัวกันด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์

เมื่อเปรียบเทียบค่าความหนืดและทิกโซโทรปีของวัตถุทั้ง 5 ชนิด พบว่าดินขาวเคโอลินนราธิวาส แสดงค่าความหนืดและทิกโซโทรปีสูงสุด เมื่อปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอยเพิ่มขึ้น รองลงมาคือดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.36 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าดินขาวเคโอลินนราธิวาสมีขนาดอนุภาคเล็กกว่าดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ จึงทำให้เกิดการจัดเรียงตัวที่มีความหนาแน่นสูง และทำให้น้ำแทรกเข้าไปในช่องว่างระหว่างอนุภาคได้ยาก และเมื่อเปรียบเทียบดินขาวเคโอลินระนองและลำปาง พบว่าดินขาวเคโอลินระนองจะมีค่าความ

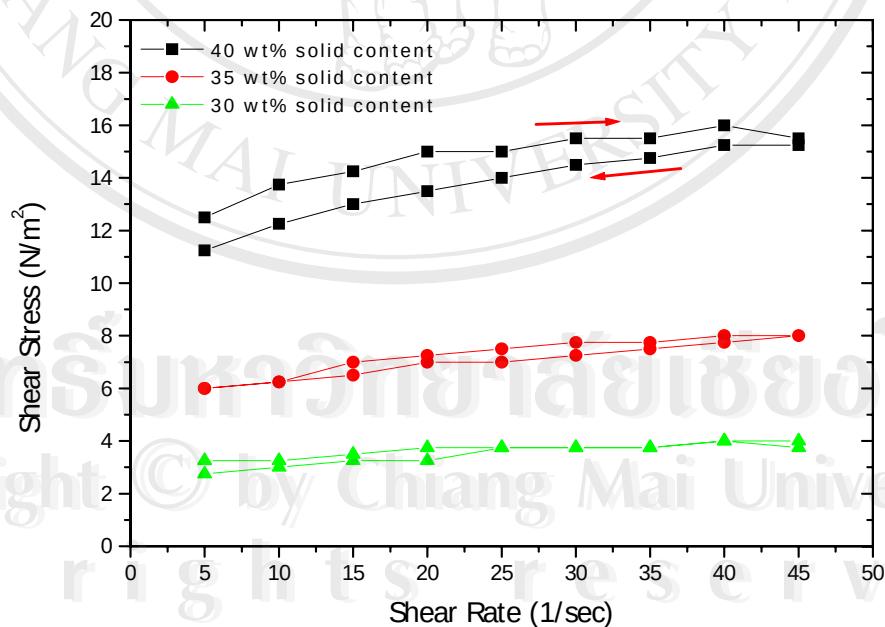
หนืดมากกว่าดินขาวเคโอลินลำปาง สาเหตุเกิดจากรูปร่างผลึกของดินแต่ละชนิดจะมีอิทธิพลต่อความหนืดของน้ำดิน ซึ่งดินขาวเคโอลินระนองมีลักษณะเป็นท่อหรือดินฮาล์ลอยไซท์ จะทำให้การจัดเรียงตัวมีความหนาแน่นสูง ค่าความหนืดจึงมีค่ามากกว่าดินขาวเคโอลินลำปาง ซึ่งจะสอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Yuan และ Murray [39] ซึ่งพบว่าดินฮาล์ลอยไซท์ที่มีลักษณะรูปร่างผลึกเป็นท่อจะมีค่าความหนืดสูงกว่าดินขาวเคโอลินที่มีลักษณะเป็นแผ่นหกเหลี่ยม และดินฮาล์ลอยไซท์ที่มีลักษณะรูปร่างผลึกเป็นทรงกลม ตามลำดับ แต่ในทางตรงกันข้ามค่าทิกโซโทรปีของดินขาวเคโอลินระนองจะมีค่าน้อยกว่าดินขาวเคโอลินลำปาง เนื่องจากค่าพีเอชปกติของดินขาวเคโอลินระนอง (pH 7.5) จะมีค่าสูงกว่าดินขาวเคโอลินลำปาง (pH 4.7) ซึ่งค่าพีเอชมีค่าสูง การรวมกันของอนุภาคแบบ Edge-to-Face ลดลงจึงทำให้ค่าทิกโซโทรปีลดลง



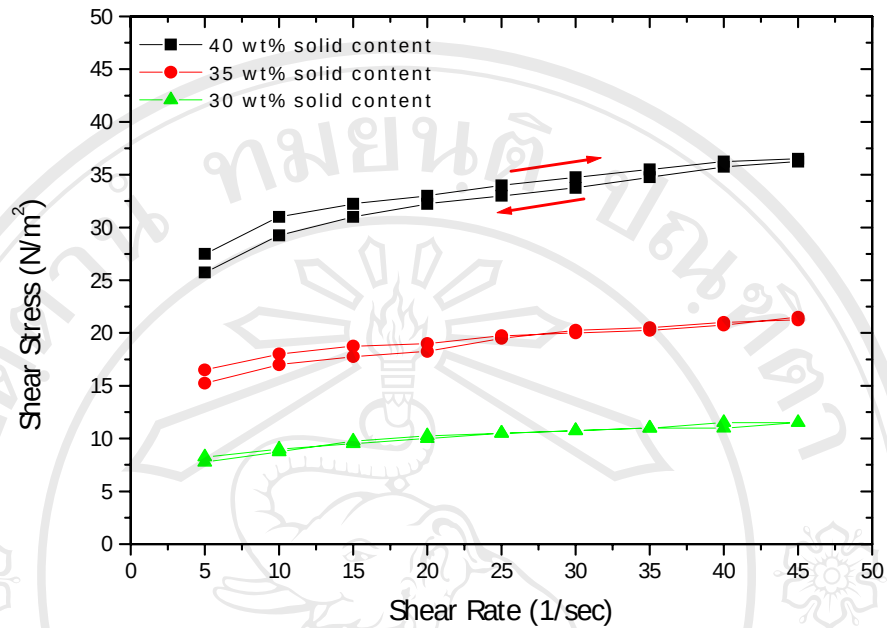
รูปที่ 4.30 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอยกับค่าความหนืดแบบพลาสติกของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง โซเดียมเฟลด์สปาร์ และควอตซ์



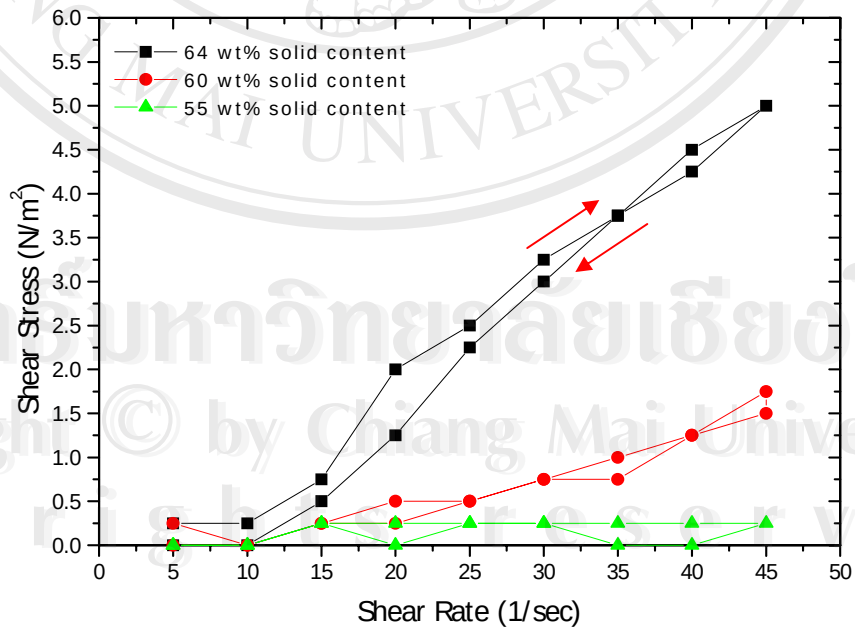
รูปที่ 4.31 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเฉือนกับความเค้นเฉือนของดินขาวเคโอลินราชิวาสที่เปรียบเทียบกับปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย



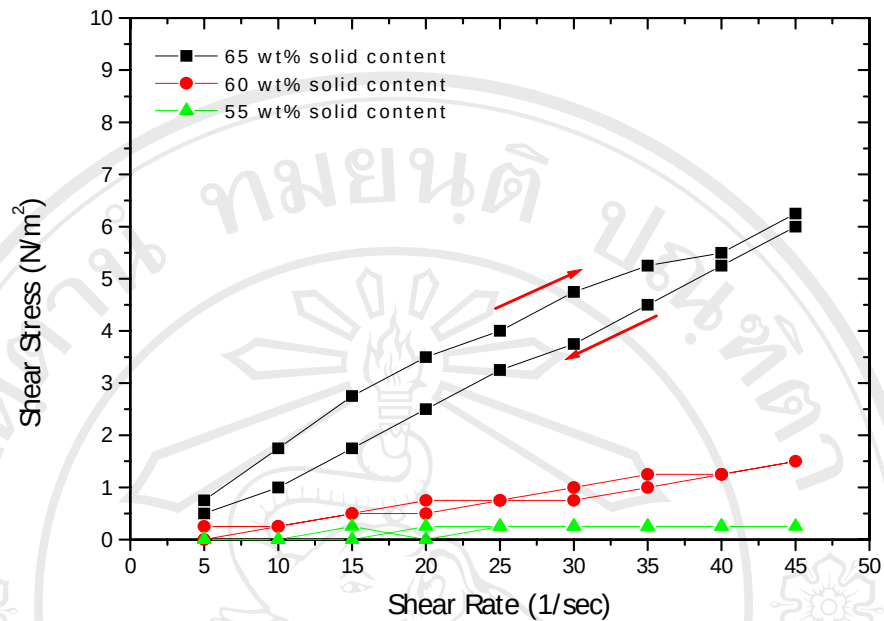
รูปที่ 4.32 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเฉือนกับความเค้นเฉือนของดินขาวเคโอลินลำปางที่เปรียบเทียบกับปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย



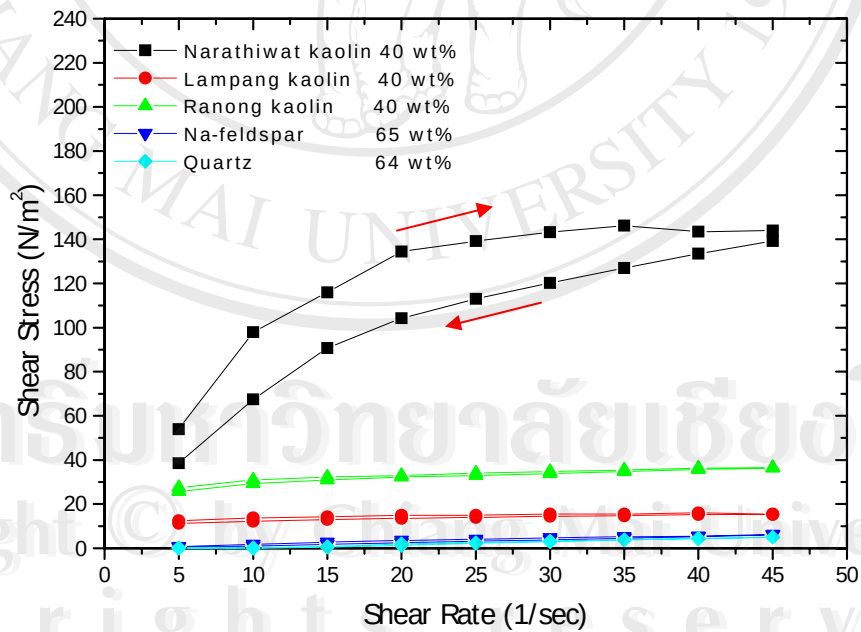
รูปที่ 4.33 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเฉือนกับความเค้นเฉือนของดินขาวเคโอลินระนองที่เปรียบเทียบกับปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย



รูปที่ 4.34 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเฉือนกับความเค้นเฉือนของควอตซ์ที่เปรียบเทียบกับปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย



รูปที่ 4.35 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเฉือนกับความเค้นเฉือนของโซเดียมเฟลด์สปาร์ที่เปรียบเทียบกับปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย



รูปที่ 4.36 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเฉือนกับความเค้นเฉือนของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง โซเดียมเฟลด์สปาร์ และควอตซ์ที่เปรียบเทียบกับปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย

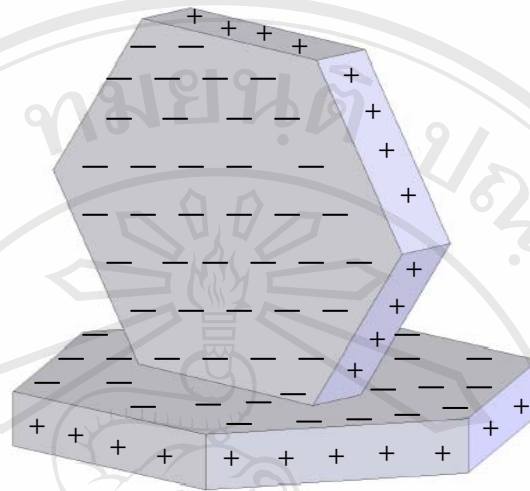
4.8.2 ผลการวัดค่าความหนืดและทิกโซโทรปีของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ที่ปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 40 40 40 64 และ 65 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ที่มีการปรับพีเอชให้มีค่าเท่ากับ 2 4 6 8 และ 10

จากการวัดค่าความหนืดและทิกโซโทรปีของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ที่ปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอยเท่ากับ 40 40 40 64 และ 65 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ แล้วปรับพีเอชของสารแขวนลอยของวัตถุดิบทั้ง 5 ชนิดให้มีค่าเท่ากับ 2 4 6 8 และ 10 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก และโซเดียมไฮดรอกไซด์ ดังแสดงในรูปที่ 4.37-4.48 พบว่าค่าความหนืดและทิกโซโทรปีของดินขาวเคโอลินนราธิวาสจะเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันดังนี้ เมื่อพีเอชมีค่าสูง ค่าความหนืดและทิกโซโทรปีจะลดลง ดังแสดงในรูปที่ 4.39 และ 4.44 ตามลำดับ เนื่องจากที่บริเวณขอบของอนุภาคดินขาวเคโอลินนราธิวาสจะถูกดูดซับด้วยหมู่ไฮดรอกซิลทำให้ประจุลบเพิ่มขึ้น จึงทำให้อนุภาคดินเกิดการกระจายตัวได้ดี ส่งผลให้มีค่าความหนืดและทิกโซโทรปีลดลง ส่วนในกรณีที่พีเอชมีค่าต่ำ ค่าความหนืดและทิกโซโทรปีจะเพิ่มขึ้น สาเหตุเกิดจากที่ขอบของอนุภาคดินขาวเคโอลินนราธิวาสจะถูกดูดซับด้วยไฮโดรเจนไอออนทำให้มีประจุบวกเพิ่มขึ้น เมื่ออนุภาคเข้าใกล้กันจึงทำให้เกิดการรวมกันของอนุภาคดินแบบ Edge-to-Face ดังแสดงในรูปที่ 4.37 ซึ่งจะทำให้เกิดโครงสร้างแบบ Card-house และเมื่อสังเกตจากรูปที่ 4.39 จะพบว่ามีค่าความหนืดสูงสุดที่พีเอช 2 จากรายงานการวิจัยของ Tombácz และ Szekeres [40] และ Michaels และ Bolger [67] จะพบว่าเมื่อน้ำดินมีค่าพีเอชลดลงค่าความหนืดและทิกโซโทรปีจะเพิ่มขึ้น ซึ่งจะสอดคล้องกับพฤติกรรมการไหลของดินขาวนราธิวาสในงานวิจัยนี้

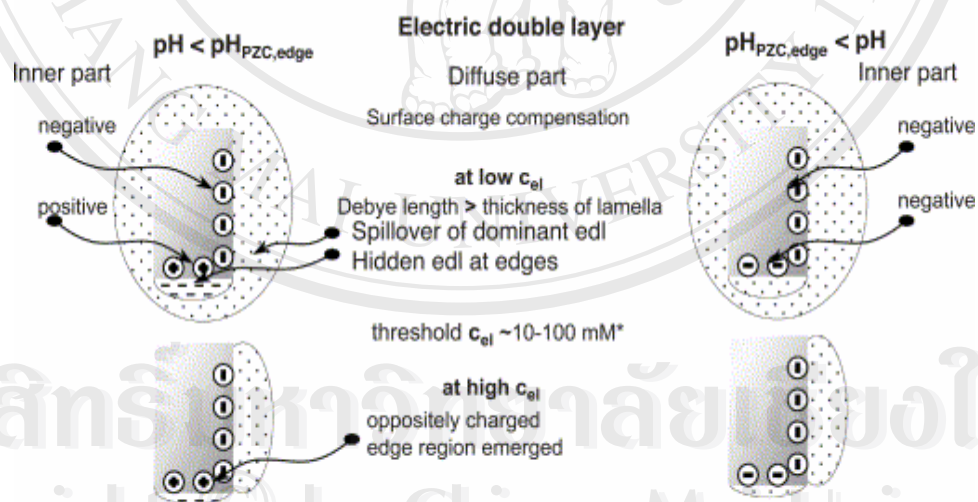
ในกรณีค่าความหนืดและทิกโซโทรปีของดินขาวเคโอลินลำปางและดินขาวเคโอลินระนอง พบว่าค่าความหนืดสูงสุดของดินขาวเคโอลินลำปางและดินขาวเคโอลินระนองตรงกับพีเอช 6 และ 4 ตามลำดับ เมื่อพีเอชสูงกว่า 6 และ 4 ค่าความหนืดของดินขาวเคโอลินลำปางและดินขาวเคโอลินระนองจะลดลง ดังแสดงในรูปที่ 4.40-4.41 เนื่องจากที่บริเวณขอบของอนุภาคดินขาวเคโอลินนราธิวาสจะถูกเปลี่ยนให้เป็นประจุลบเพิ่มขึ้น จึงทำให้อนุภาคดินเกิดการกระจายตัวได้ดี ส่งผลให้ค่าความหนืดลดลง ส่วนในกรณีที่พีเอชต่ำกว่า 6 และ 4 ค่าความหนืดของดินขาวเคโอลินลำปางและดินขาวเคโอลินระนองจะลดลงเช่นกัน เพราะว่าเมื่อพีเอชลดลงความแรงของไอออน (Ionic strength) จะเพิ่มขึ้น ความแรงของไอออนดังกล่าวจะมีผลต่ออิเล็กทริกคอลลอยด์เป็นลบ (Negative electrical double layer) ที่ผิวของอนุภาคดิน ดังแสดงในรูปที่ 4.38 จึงทำให้การรวมตัวกันแบบ Edge-to-Face ลดลง จึงส่งผลให้ค่าความหนืดลดลงเช่นกัน ส่วนค่าทิกโซโทรปีของดิน

ชาวเคโอลินลำปางและดินชาวเคโอลินระนองจะมีแนวโน้มเหมือนกับดินชาวเคโอลินนราธิวาส ซึ่งพบว่าค่าทิกโซโทรปีของดินชาวเคโอลินลำปางและดินชาวเคโอลินระนองจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าพีเอชลดลง ดังแสดงในรูปที่ 4.45-4.46 เพราะว่าอนุภาคดินจะมีการรวมกันของอนุภาคแบบ Edge-to-Face ในทางกลับกันค่าทิกโซโทรปีของดินชาวเคโอลินลำปางและดินชาวเคโอลินระนองจะลดลงเมื่อค่าพีเอชเพิ่มขึ้น เนื่องจากการรวมกันของอนุภาคแบบ Edge-to-Face ลดลง ในงานวิจัยนี้ พฤติกรรมการไหลของดินชาวเคโอลินลำปางและดินชาวเคโอลินระนองจะสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chang และคณะ [49] และ Williams และ Williams [68] ซึ่งจะพบว่าค่าความหนืดของดินจะลดลงเมื่อพีเอชสูงและต่ำกว่าพีเอช 6.8 ในงานวิจัยของ Williams และ Williams และค่าความหนืดของดินชาวเคโอลินจะลดลงเมื่อพีเอชสูงและต่ำกว่าพีเอช 7 ในงานวิจัยของ Chang และคณะ เนื่องจากการรวมตัวกันของอนุภาคดินลดลง

ในส่วนค่าความหนืดและทิกโซโทรปีของควอตซ์และโซเดียมเฟลด์สปาร์ พบว่าค่าความหนืดและทิกโซโทรปีของควอตซ์และโซเดียมเฟลด์สปาร์มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือค่าความหนืดและทิกโซโทรปีของควอตซ์และโซเดียมเฟลด์สปาร์ จะมีค่าสูงสุดเท่ากับ พีเอช 8 และ 6 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.42-4.43 และ 4.47-4.48 ในกรณีที่พีเอชสูงกว่า 8 และ 6 ค่าความหนืดและทิกโซโทรปีของควอตซ์และโซเดียมเฟลด์สปาร์ลดลง เนื่องจากที่ผิวของอนุภาคควอตซ์และโซเดียมเฟลด์สปาร์จะถูกเปลี่ยนให้มีประจุลบเพิ่มขึ้น จึงทำให้การรวมตัวกันของอนุภาคลดลง ค่าความหนืดและทิกโซโทรปีจึงลดลง ส่วนในกรณีที่พีเอชต่ำกว่า 8 และ 6 ค่าความหนืดของควอตซ์และโซเดียมเฟลด์สปาร์จะลดลงเช่นกัน เพราะว่าเมื่อพีเอชลดลงความแรงของไฮดรอนจะเพิ่มขึ้น ความแรงของไฮดรอนดังกล่าวจะมีผลต่ออิเล็กทริกคอลด์บิลเลเยอร์ที่เป็นลบที่ผิวของอนุภาคควอตซ์และโซเดียมเฟลด์สปาร์ จึงทำให้การรวมตัวกันของอนุภาคลดลง จึงส่งผลให้ค่าความหนืดลดลง ในงานวิจัยนี้พฤติกรรมการไหลของควอตซ์และโซเดียมเฟลด์สปาร์จะสอดคล้องกับงานวิจัยของ Heath และ Tadros [47] ซึ่งงานวิจัยของเขาจะพบว่า ค่าความหนืดของซิลิกาจะลดลงจากพีเอช 7.5-3 เนื่องจากการรวมตัวกันของอนุภาคดินลดลง และค่าความหนืดจะเพิ่มขึ้นจากพีเอช 3-2 เนื่องจากในช่วงพีเอชดังกล่าวจะมีผลต่ออิเล็กทริก จึงทำให้อนุภาคของซิลิกาอาจเกิดการรวมตัวกันได้ด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์

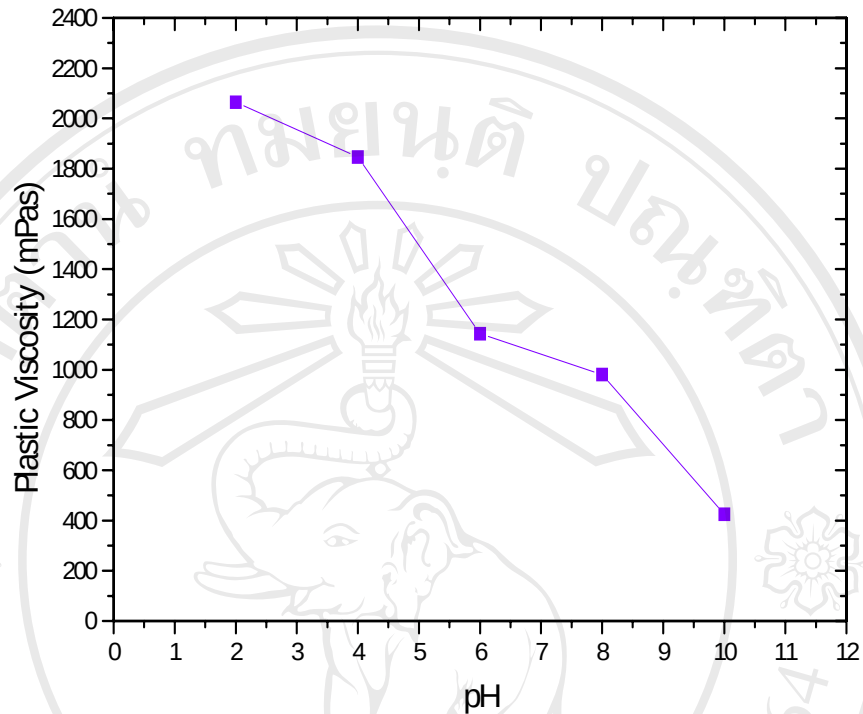


รูปที่ 4.37 การรวมตัวกันของอนุภาคแบบ Edge-to-Face

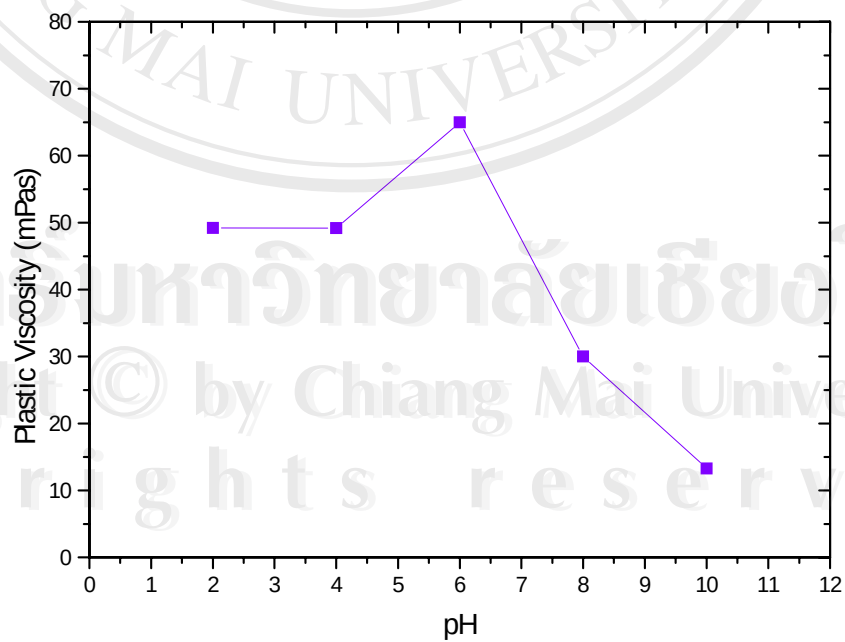


* (Secor and Radke, 1985)

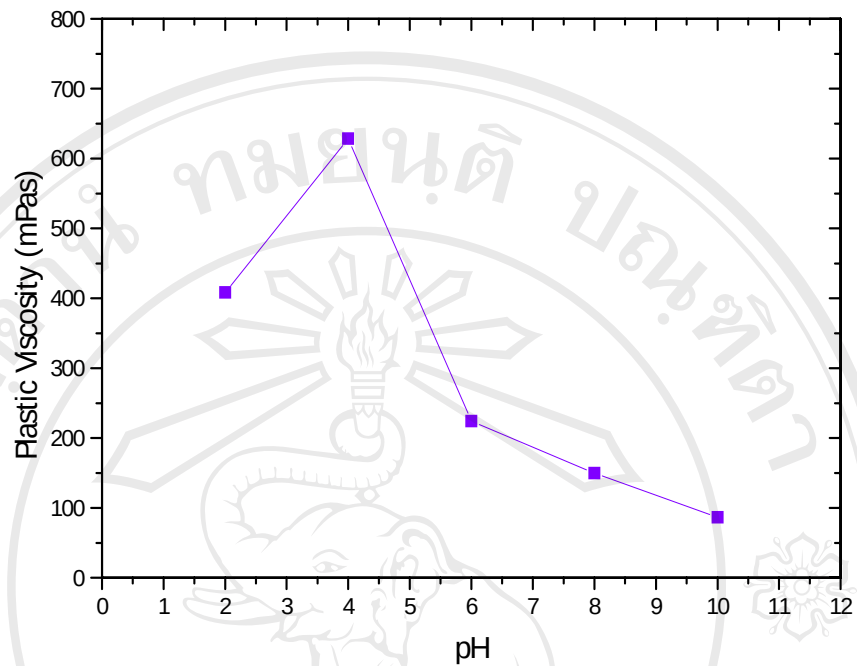
รูปที่ 4.38 แบบจำลองอิเล็กทริกคอลดับเบิลเลเยอร์ที่ความเข้มข้นของอิเล็กโทรไลต์แตกต่างกัน [40]



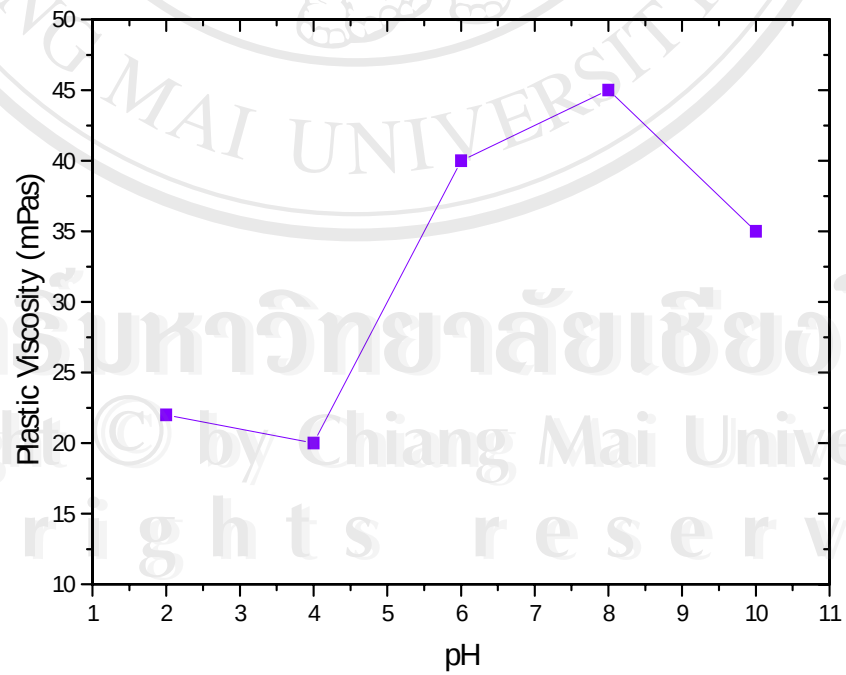
รูปที่ 4.39 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับค่าความหนืดแบบพลาสติกของดินขาวเคโอลินนราवास



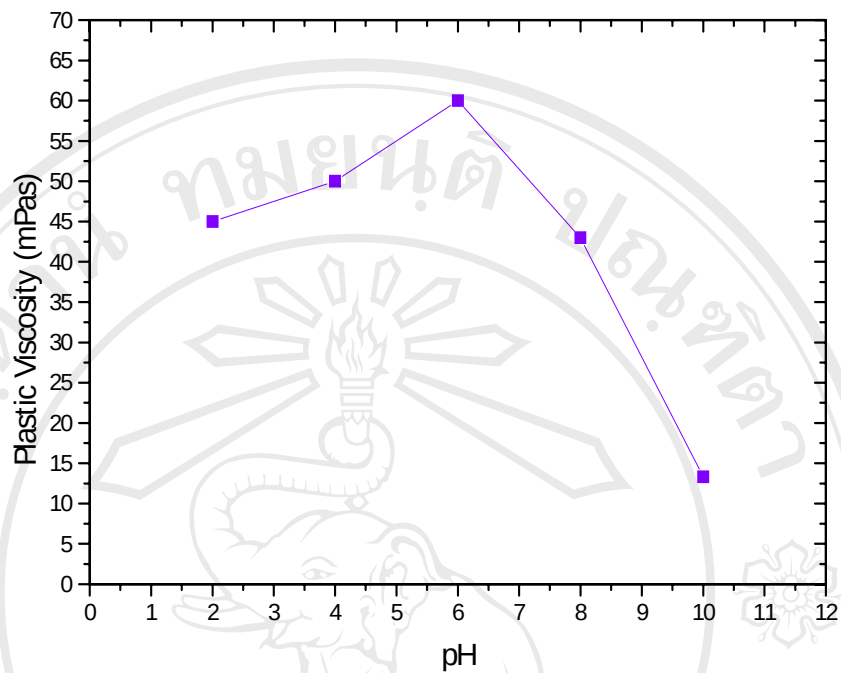
รูปที่ 4.40 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับค่าความหนืดแบบพลาสติกของดินขาวเคโอลินลำปาง



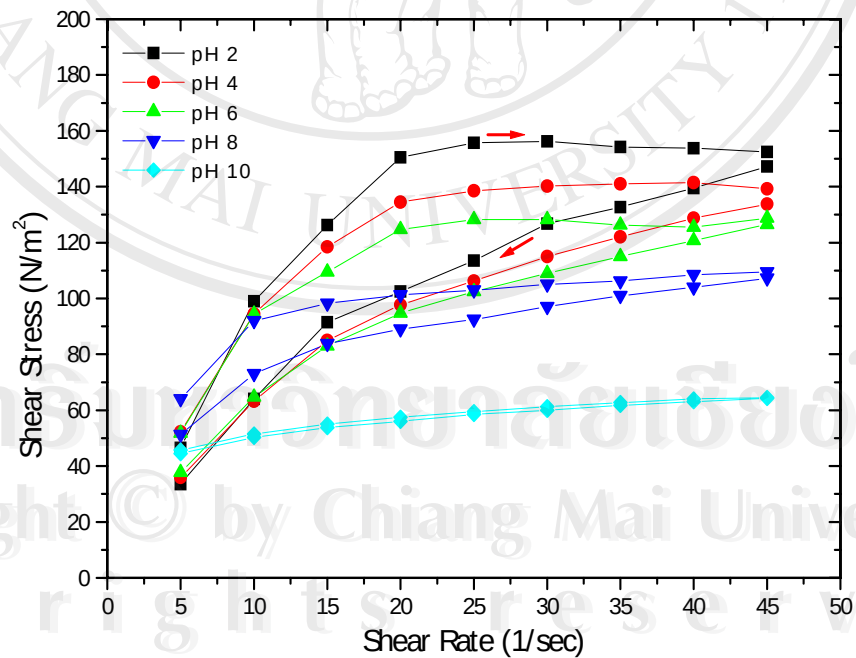
รูปที่ 4.41 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับค่าความหนืดแบบพลาสติกของดินขาวเคโอลินระนอง



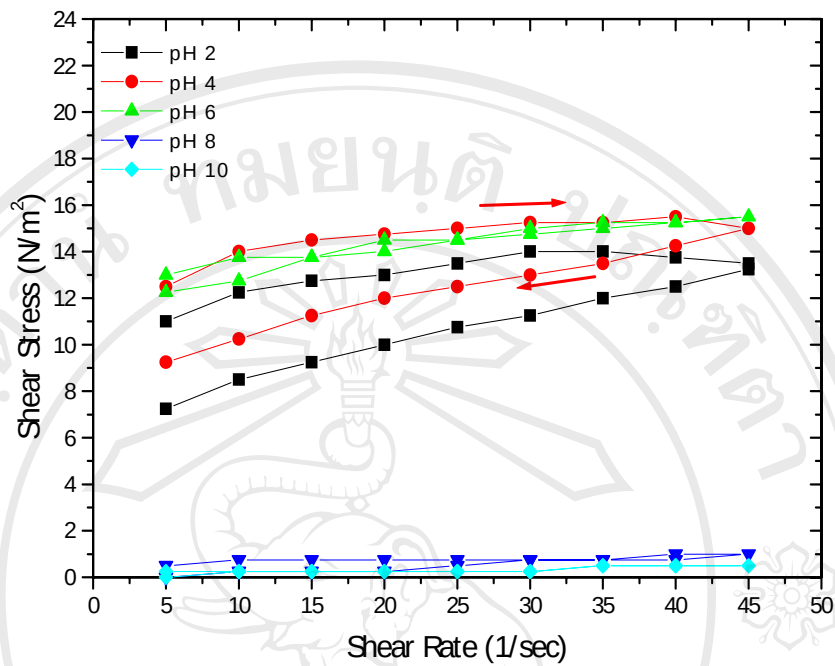
รูปที่ 4.42 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับค่าความหนืดแบบพลาสติกของควอตซ์



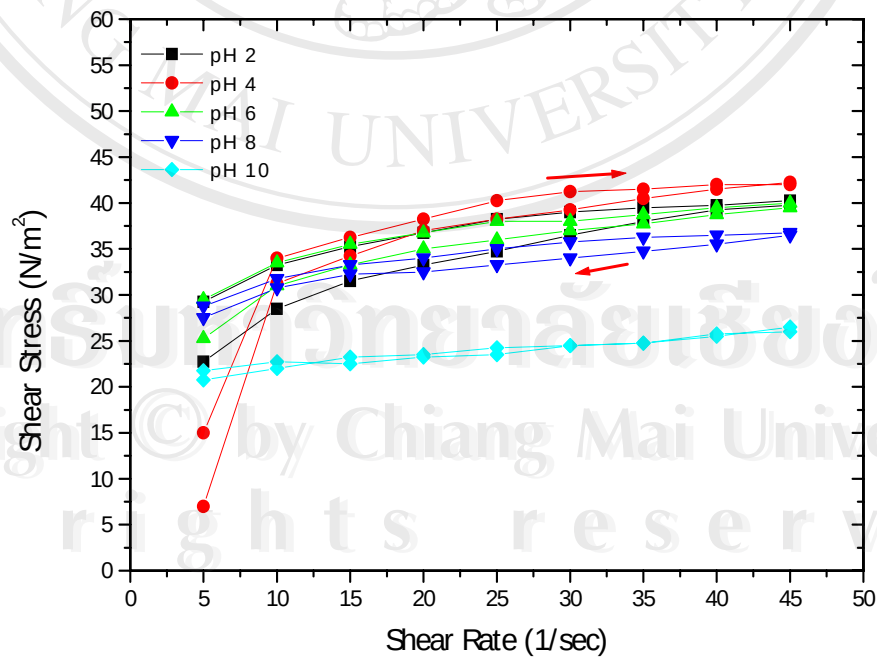
รูปที่ 4.43 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับค่าความหนืดแบบพลาสติกของโซเดียมเฟลด์สปาร์



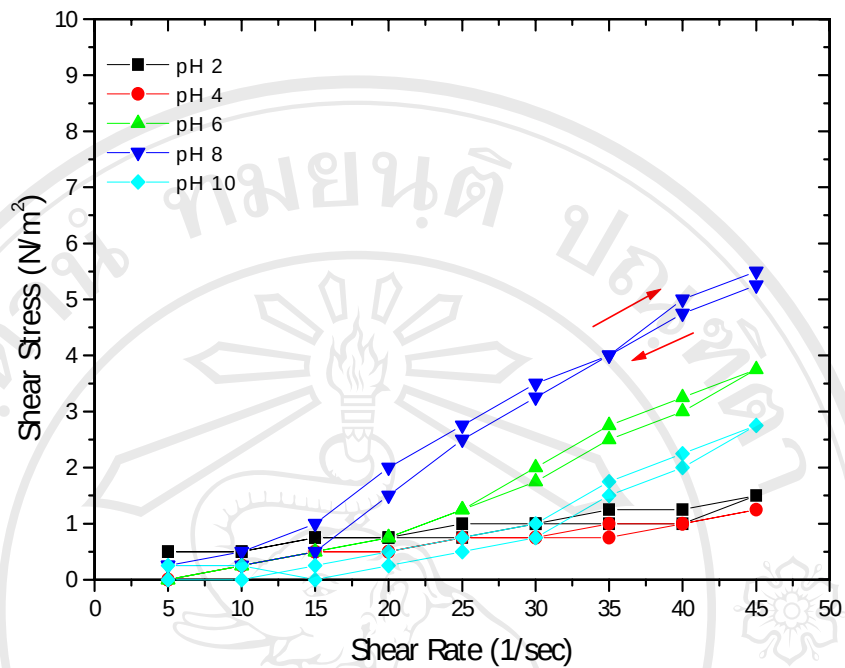
รูปที่ 4.44 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเฉือนกับความเค้นเฉือนของดินขาวเคโอตินนราชีวาสที่เปรียบเทียบกับพีเอช



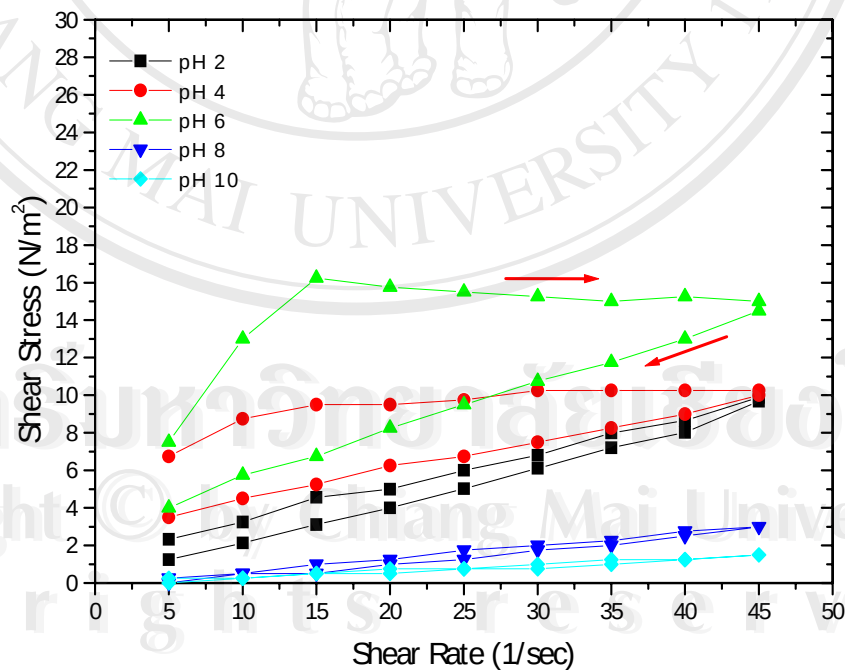
รูปที่ 4.45 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเฉือนกับความเค้นเฉือนของดินขาวเคโอลินลำปางที่เปรียบเทียบกับฟิเอช



รูปที่ 4.46 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเฉือนกับความเค้นเฉือนของดินขาวเคโอลินระนองที่เปรียบเทียบกับฟิเอช



รูปที่ 4.47 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเฉือนกับความเค้นเฉือนของควอตซ์ที่เปรียบเทียบกับพีเอช



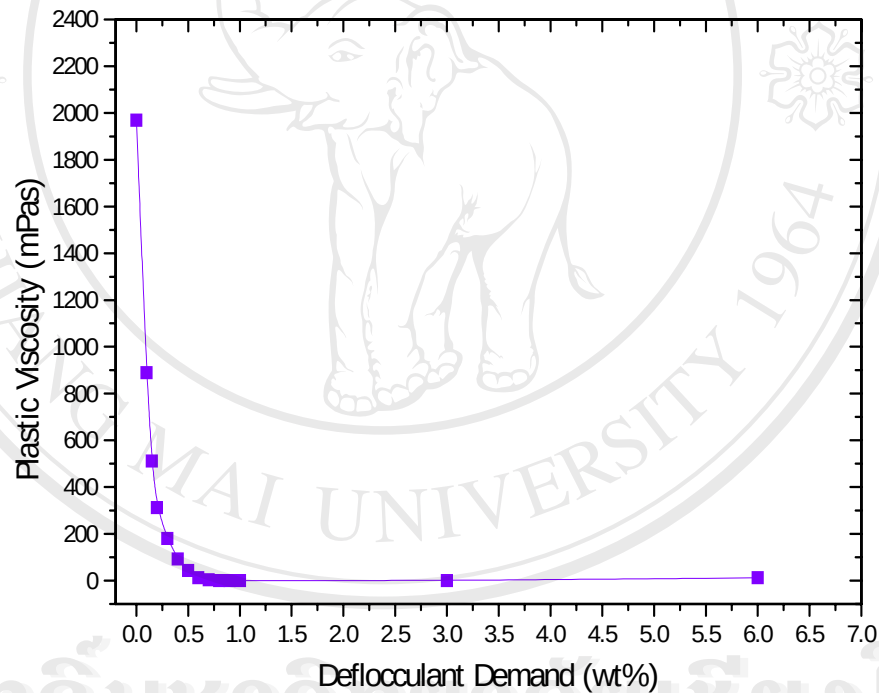
รูปที่ 4.48 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเฉือนกับความเค้นเฉือนของโซเดียมเฟลด์สปาร์ที่เปรียบเทียบกับพีเอช

4.8.3 ผลการวัดค่าความหนืดและทิกโซโทรปีของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ที่ปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 40 40 40 64 และ 65 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ที่มีการเติมโซเดียมซิลิเกตในปริมาณที่แตกต่างกัน

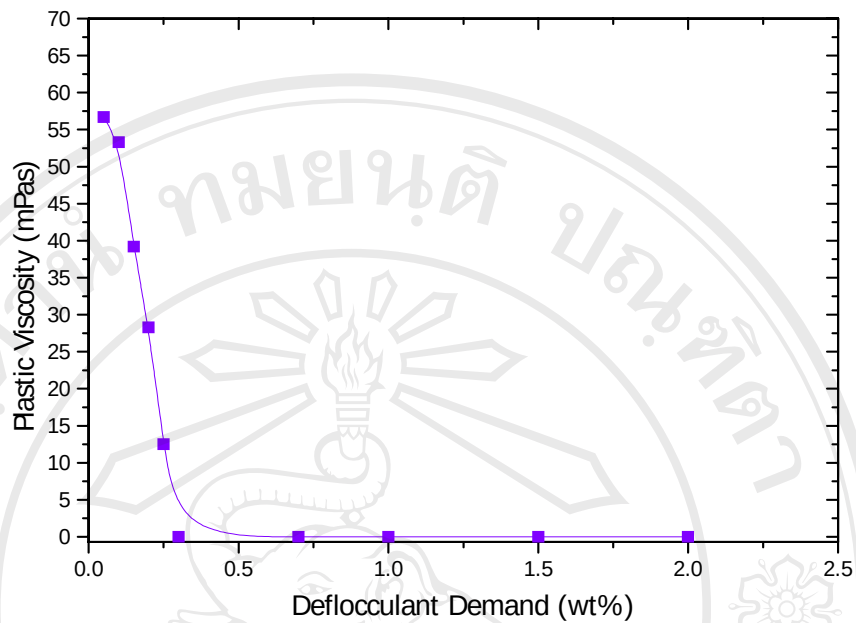
จากการหาปริมาณสารช่วยกระจายตัวและค่าทิกโซโทรปีของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ที่ปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอยเท่ากับ 40 40 40 64 และ 65 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.49-4.58 พบว่าเมื่อเติมโซเดียมซิลิเกตที่เป็นสารช่วยกระจายตัวลงไปในวัตถุดิบทั้ง 5 ชนิดที่แขวนลอยในน้ำ พบว่าค่าความหนืดและทิกโซโทรปีจะลดลง เพราะว่าหมู่ซิลิเกตจะถูกดูดซับบนประจุบวกบริเวณขอบของอนุภาคดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง และดินขาวเคโอลินระนอง และหมู่ซิลิเกตจะถูกดูดซับบนประจุบวกที่ผิวของอนุภาคควอตซ์และโซเดียมเฟลด์สปาร์ จึงทำให้มีประจุลบเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดการกระจายตัวที่ดี และค่าความหนืดและทิกโซโทรปีจะลดลง และปริมาณของสารช่วยกระจายตัวของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ จะมีค่าเท่ากับ 0.8 0.25 0.7 0.075 และ 0.075 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าดินขาวเคโอลินนราธิวาสมีเปอร์เซ็นต์สารช่วยกระจายตัวมากกว่าดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ เพราะว่า ดินขาวเคโอลินนราธิวาสมีขนาดอนุภาคเล็ก จึงทำให้อยู่ใกล้ชิดมากกว่าดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ดังนั้นจึงทำให้อนุภาคดินมีโอกาสรวมตัวกันมาก เพราะฉะนั้นจึงต้องการปริมาณสารช่วยกระจายตัวมากที่สุดเพื่อให้เกิดการกระจายตัวดี ซึ่งปริมาณสารช่วยกระจายตัวที่แตกต่างกันจะไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณสารอินทรีย์ที่ได้ทำการศึกษา เพราะว่าสารอินทรีย์ในวัตถุดิบมีปริมาณน้อยมากจึงไม่ส่งผลต่อการกระจายตัวของวัตถุดิบ และเมื่อเปรียบเทียบดินขาวเคโอลินระนองและลำปาง พบว่าดินขาวเคโอลินระนองมีขนาดอนุภาคที่ใหญ่กว่าดินขาวเคโอลินลำปาง แต่เปอร์เซ็นต์สารช่วยกระจายตัวของดินขาวเคโอลินระนองจะมากกว่าดินขาวเคโอลินลำปาง เนื่องจากดินขาวเคโอลินระนองซึ่งมีรูปร่างที่มีการจัดเรียงตัวของอนุภาคที่หนาแน่นกว่าดินขาวเคโอลินลำปางนั่นเอง

จากงานวิจัยนี้จะสอดคล้องกับงานวิจัยของ Staneva และคณะ [50] และ Yildiz และคณะ [43] ซึ่งจากงานวิจัยของ Staneva และคณะ ได้ศึกษาการไหลของส่วนผสมพอร์ซเลน พบว่าเมื่อปริมาณของโซเดียมซิลิเกตเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความหนืดและ ทิกโซโทรปีของส่วนผสมพอร์ซเลนลดลง สาเหตุเกิดจากปริมาณการรวมตัวกันของอนุภาคลดลง เพราะว่าค่าศักย์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น จึงทำให้อนุภาคมีโอกาสเกิดการผลักกัน และจากงานวิจัยของ Yildiz และคณะ ศึกษาการปรับสภาพน้ำดินหล่อแบบ

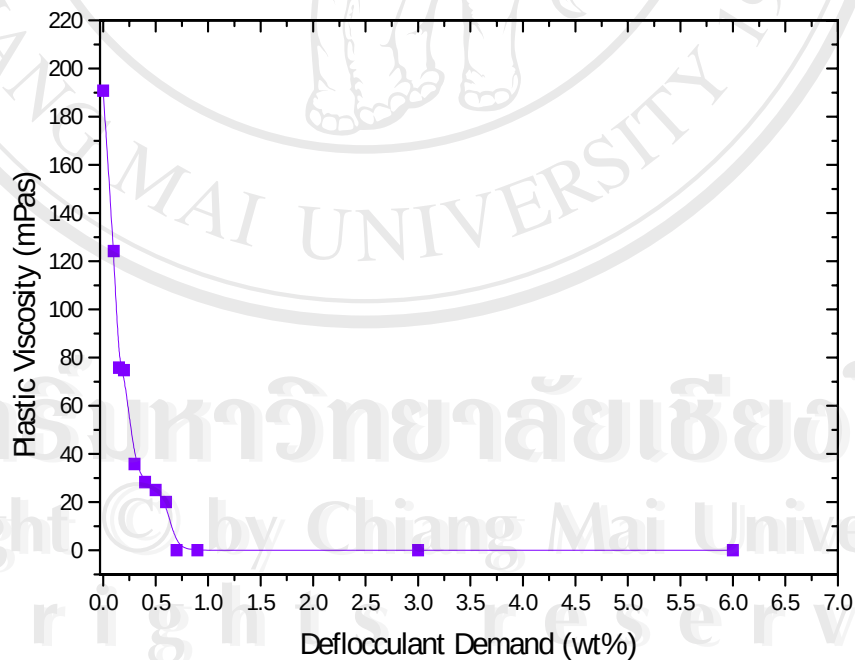
โดยใช้โซเดียมซิลิเกต ซึ่งดินที่ใช้ในการศึกษาคือดินเคโอลิไนต์ ซึ่งมี 2 แหล่ง คือ Sindirgi และ Kure จากการทดลองพบว่าค่าความหนืดและทิกโซโทรปีของดินทั้ง 2 แหล่งจะลดลง เมื่อปริมาณโซเดียมซิลิเกตเพิ่มขึ้น เนื่องจากที่ขอบของอนุภาคดินขาวเคโอลิไนต์จะถูกดูดซับด้วยหมู่ซิลิเกต จึงทำให้มีประจุลบเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดการกระจายตัวที่ดี และค่าความหนืดและทิกโซโทรปีจึงลดลง นอกจากนี้ปริมาณสารช่วยกระจายตัวของดินขาวเคโอลิไนต์ที่ต้องการเพื่อให้เกิดการกระจายตัวที่ดีที่สุด จะขึ้นอยู่กับปริมาณแร่เคโอลิไนต์ที่แตกต่างกัน ถ้าปริมาณแร่เคโอลิไนต์สูงจะต้องใช้ปริมาณสารช่วยกระจายตัวที่มาก แต่ถ้าปริมาณแร่เคโอลิไนต์ต่ำจะต้องใช้ปริมาณสารช่วยกระจายตัวที่น้อย เพื่อให้เกิดการกระจายตัว



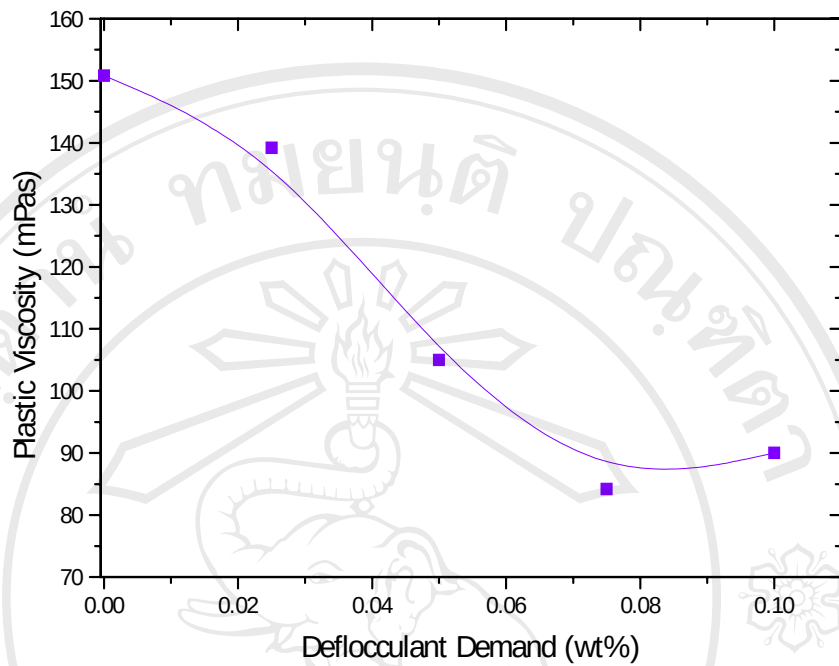
รูปที่ 4.49 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารช่วยกระจายตัวกับค่าความหนืดแบบพลาสติกของดินขาวเคโอลิไนต์ราวีวาส



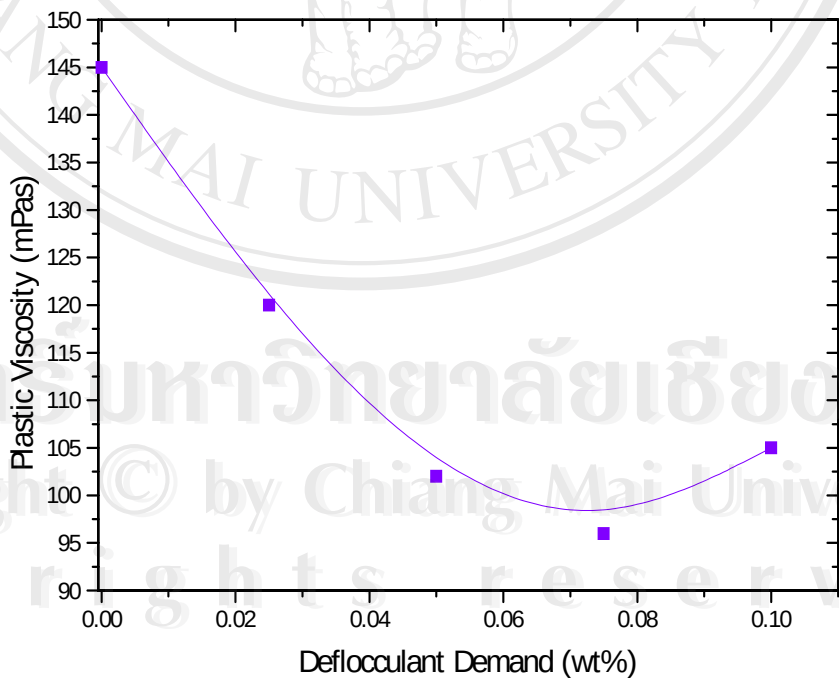
รูปที่ 4.50 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารช่วยกระจายตัวกับค่าความหนืดแบบพลาสติกของดิน
ขาวเคโอลินลำปาง



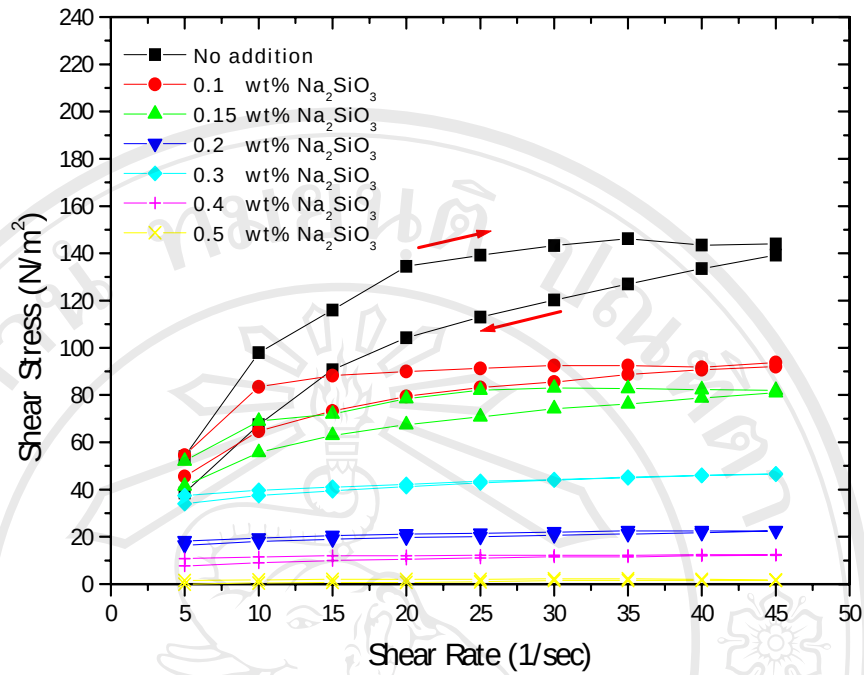
รูปที่ 4.51 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารช่วยกระจายตัวกับค่าความหนืดแบบพลาสติกของดิน
ขาวเคโอลินระนอง



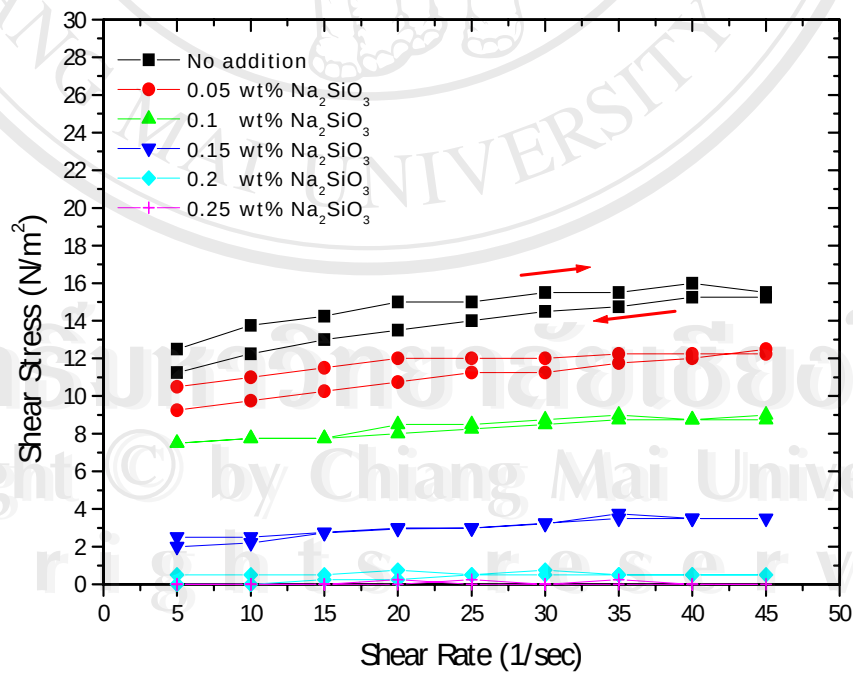
รูปที่ 4.52 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารช่วยกระจายตัวกับค่าความหนืดแบบพลาสติกของควอตซ์



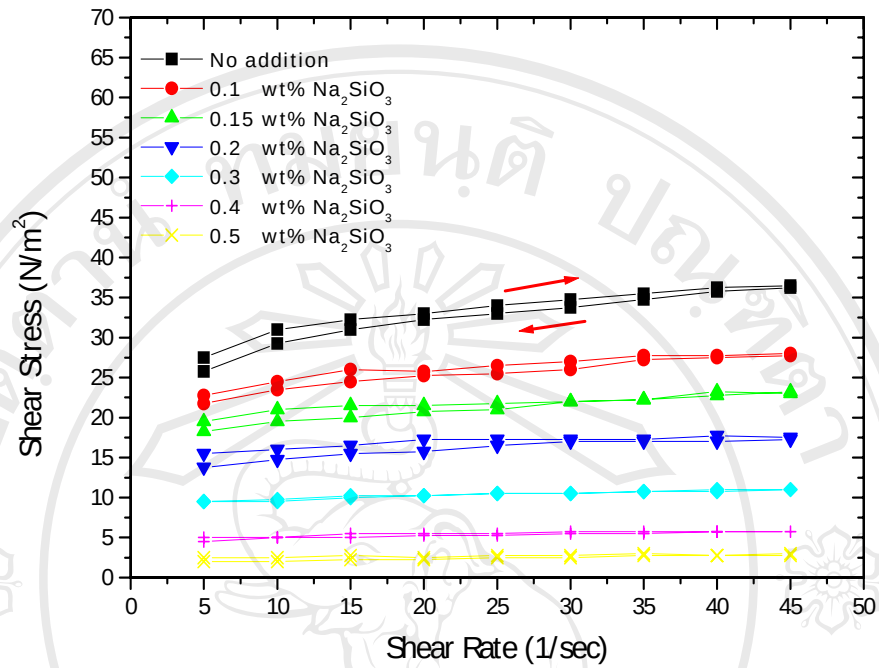
รูปที่ 4.53 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารช่วยกระจายตัวกับค่าความหนืดแบบพลาสติกของโซเดียมเฟลด์สปาร์



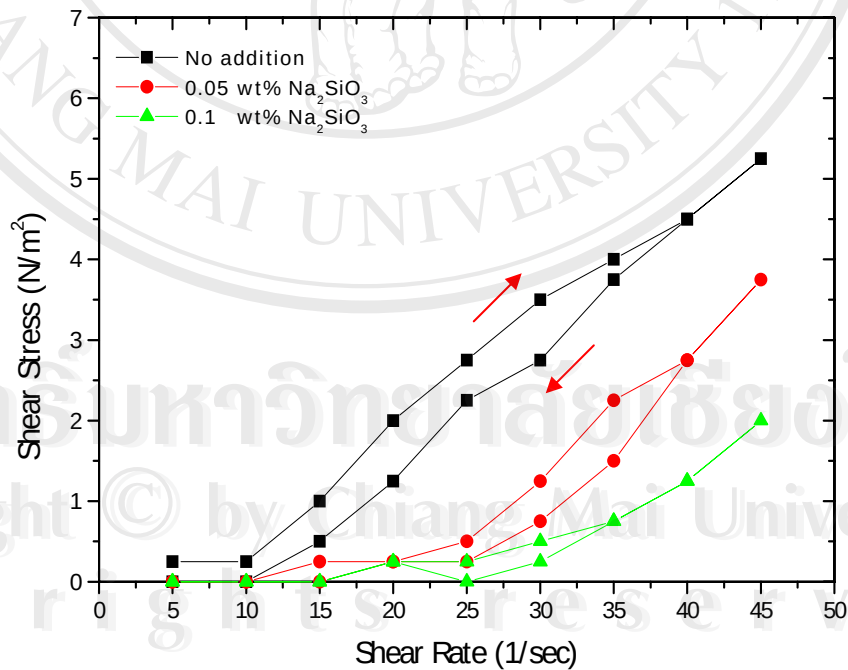
รูปที่ 4.54 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเฉือนกับความเค้นเฉือนของดินขาวเคโอลินนาฬิวงาสที่เปรียบเทียบกับปริมาณโซเดียมซิลิเกต



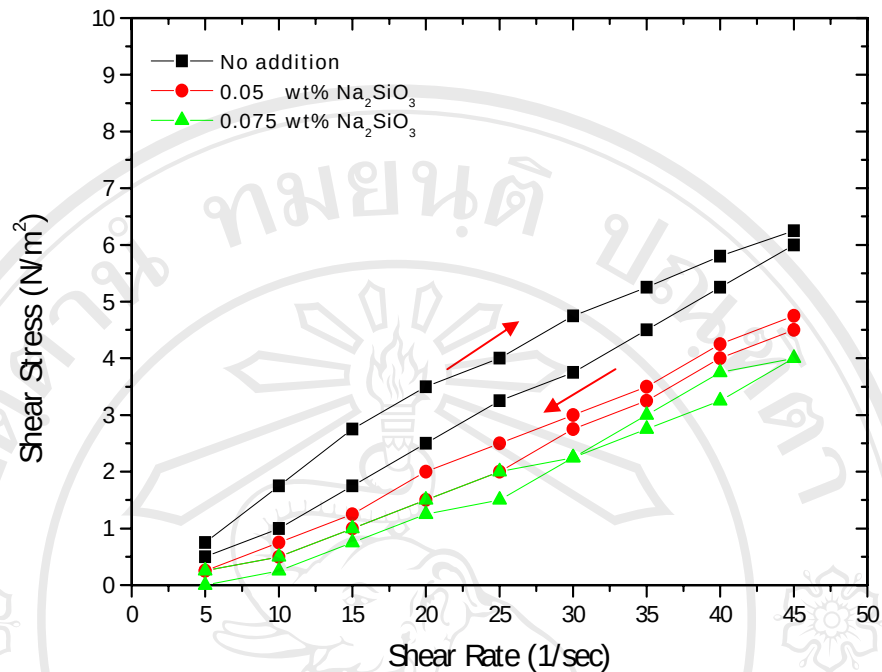
รูปที่ 4.55 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเฉือนกับความเค้นเฉือนของดินขาวเคโอลินลำปางที่เปรียบเทียบกับปริมาณโซเดียมซิลิเกต



รูปที่ 4.56 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเฉือนกับความเค้นเฉือนของดินขาวเคโอลินระนองที่เปรียบเทียบกับปริมาณโซเดียมซิลิเกต



รูปที่ 4.57 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเฉือนกับความเค้นเฉือนของควอตซ์ที่เปรียบเทียบกับปริมาณโซเดียมซิลิเกต



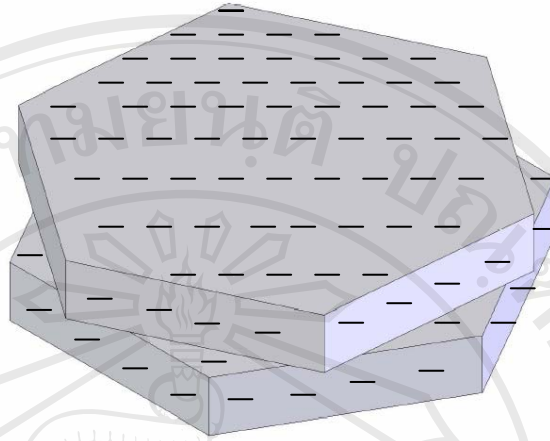
รูปที่ 4.58 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเฉือนกับความเค้นเฉือนของโซเดียมเฟลด์สปาร์ที่เปรียบเทียบกับปริมาณโซเดียมซิลิเกต

4.8.4 ผลการหาจุดไอโซอิเล็กทริกของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ที่ปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 40 40 64 และ 62.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

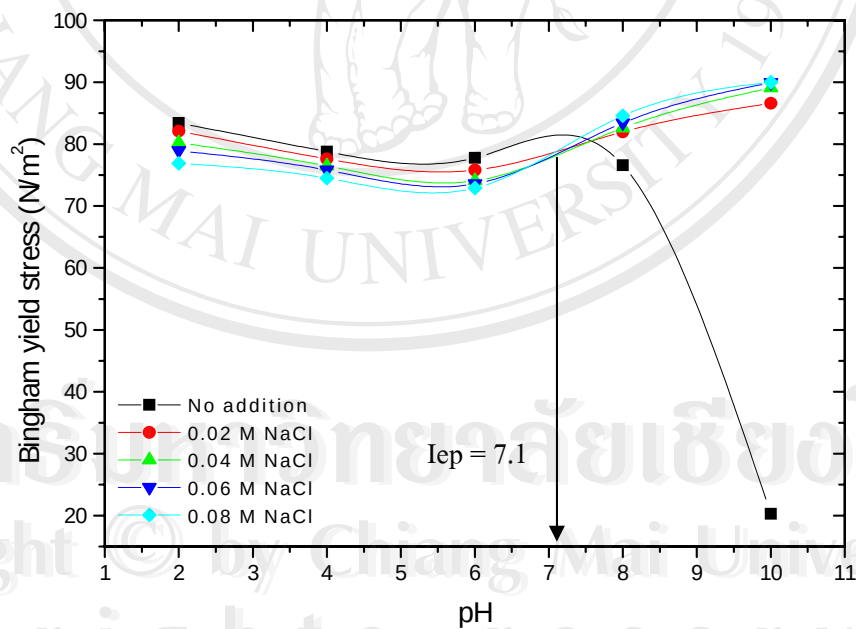
จากการหาจุดไอโซอิเล็กทริกของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ที่ปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอยเท่ากับ 40 40 64 และ 62.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ หาได้จากจุดตัดร่วมของกราฟที่พลอตระหว่างพีเอชกับค่าความเค้นของ Bingham โดยเปรียบเทียบกับปริมาณสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้น 0.02 0.04 0.06 และ 0.08 โมลาร์ ดังแสดงในรูปที่ 4.60-4.64 จากการทดลองพบว่าที่พีเอชสูงๆ (สถานะที่เป็นเบส) เมื่อความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความหนืดของสารแขวนลอยของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์มีค่าสูงขึ้น เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ (สารละลายโซเดียมคลอไรด์) จะไปกดอัยคิเล็กทริกคอลดับเบิลเลเยอร์ของวัตถุนั้นๆ เมื่ออนุภาคเข้าใกล้กันจะทำให้เกิดการดึงดูดกันด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์ ทำให้อนุภาคเกิดการรวมกันแบบ Face-to-Face ดังแสดงในรูปที่ 4.59 จึงส่งผลให้ค่าความหนืดเพิ่มขึ้น ส่วนที่พีเอชต่ำๆ (สถานะ

ที่เป็นกรด) ถ้าความเข้มข้นของสารละลายอิเล็กโทรไลต์เพิ่มขึ้น สารแขวนลอยของดินขาวเคโอลิน นราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ จะมีค่าความหนืดลดลง เพราะว่าเมื่อพีเอชลดลงความแรงของไอออนจะเพิ่มขึ้น ความแรงของไอออนดังกล่าวจะมีผลต่ออิเล็กทริกคอลด์บีลเลเยอร์ที่เป็นลบที่ผิวอนุภาคของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาว เคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ จึงทำให้การรวมตัวกันของอนุภาคลดลง จึงส่งผลให้ค่าความหนืดลดลง จากการทดลองได้ทำการปรับสภาพสารแขวนลอยของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ โดยการเติมสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่มีความเข้มข้น 0.02 0.04 0.06 และ 0.08 โมลาร์ และปรับพีเอชให้มีค่าเท่ากับ 2-10 แล้วนำไปการวัดค่าความหนืด และหาค่าความเค้นของ Bingham จากนั้นพลอตกราฟระหว่างความเค้นของ Bingham และพีเอชจะได้จุดตัดร่วม ซึ่งจุดนี้เรียกว่า ไอโซอิเล็กทริก โดยจุดนี้อนุภาคของดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์จะเกิดการรวมตัวกันด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์ ทำให้จุดนี้มีค่าความหนืดสูงสุด ซึ่งจากการพลอตกราฟระหว่างความเค้นของบิงแฮมและพีเอชพบว่าดินขาวเคโอลินนราธิวาส ดินขาวเคโอลินลำปาง ดินขาวเคโอลินระนอง ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ จะแสดงที่ค่าไอโซอิเล็กทริกอยู่ที่พีเอชประมาณ 7.1 6.8 4.0 2.3 และ 6.00 ตามลำดับ

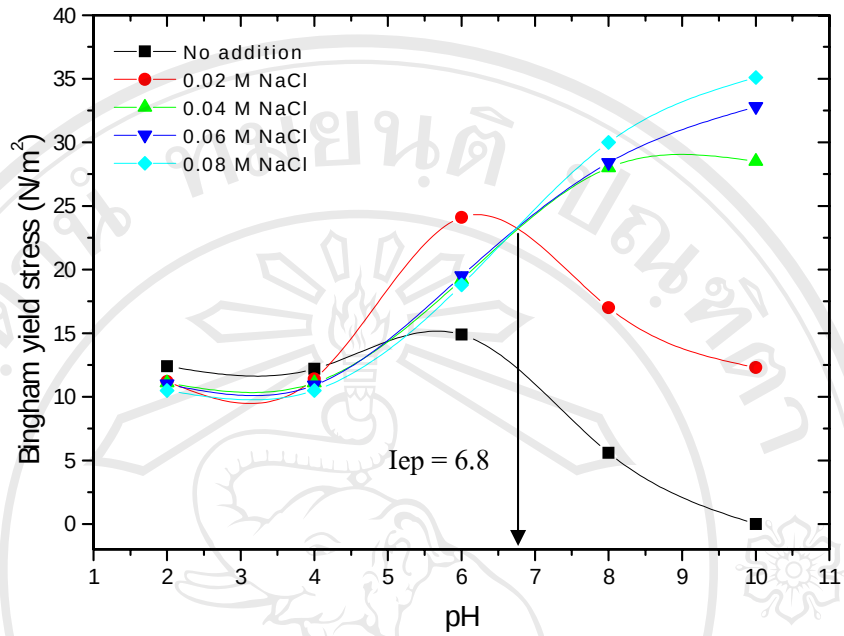
Diz และ Rand [48] ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของจุดไอโซอิเล็กทริกของดินเคโอลิไนท์ ซึ่งในการทดลองจะวัดการไหลตัวของดินขาวเคโอลิไนท์เปรียบเทียบกับพีเอชและความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ ซึ่งการไหลตัวของดินขาวเคโอลิไนท์จะอธิบายในแบบจำลองที่ซับซ้อนต่างกัน และจุดไอโซอิเล็กทริกที่ขอบของอนุภาคดินขาวเคโอลิไนท์ จะหาได้จากจุดตัดร่วมของกราฟที่พลอตระหว่าง Yield stress กับพีเอช จากการทดลองพบว่า ดินเคโอลิไนท์ที่ไม่ได้ล้าง ล้าง 3 ครั้ง และล้าง 16 ครั้ง ด้วยโซเดียมคลอไรด์ 1 โมลาร์ จะมีค่าจุดไอโซอิเล็กทริกเท่ากับ 5.6 6.8 และ 8.8 ตามลำดับ สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงจุดไอโซอิเล็กทริกของดินขาวเคโอลิไนท์ที่ทำการล้าง เพราะว่าอัตราส่วนของซิลิกาต่ออะลูมินามีค่าต่ำ จากงานวิจัยของ Theng และคณะ [36] ได้หาจุดไอโซอิเล็กทริกของดินฮาล์ลอยไซต์ที่มีรูปร่างลักษณะเป็นท่อยาว และเป็นแผ่นบาง การหาจุดไอโซอิเล็กทริกจะเหมือนกับวิธีของ Diz และ Rand จากการทดลองพบว่า จุดไอโซอิเล็กทริกของดินฮาล์ลอยไซต์ที่มีรูปร่างลักษณะเป็นท่อยาว และเป็นแผ่นบาง จะมีค่าเท่ากับ 5.6 และ 6 ตามลำดับ จากงานวิจัยดังกล่าวจุดไอโซอิเล็กทริกจะใกล้เคียงกับงานวิจัยนี้



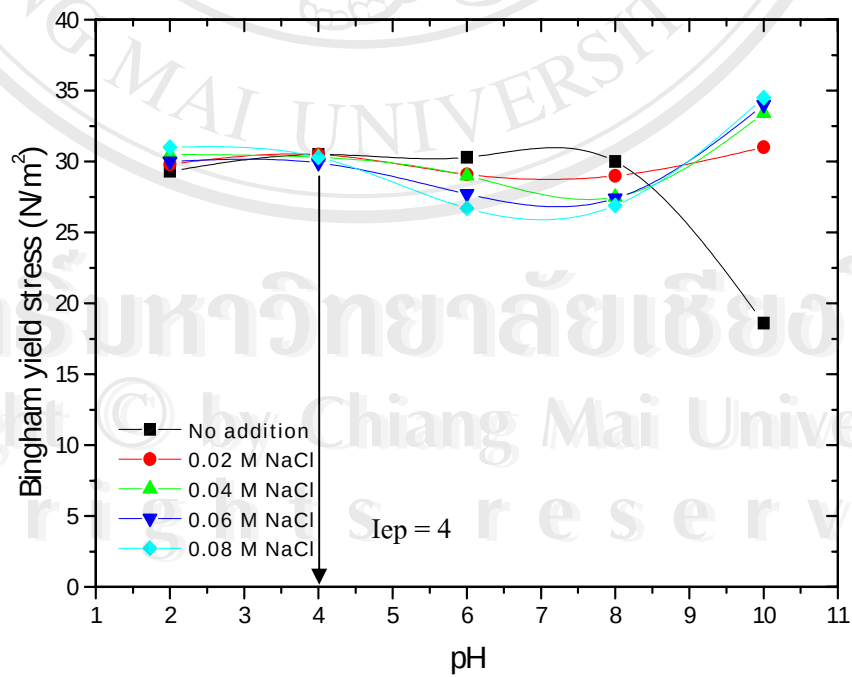
รูปที่ 4.59 การรวมกันของอนุภาคแบบ Face-to-Face



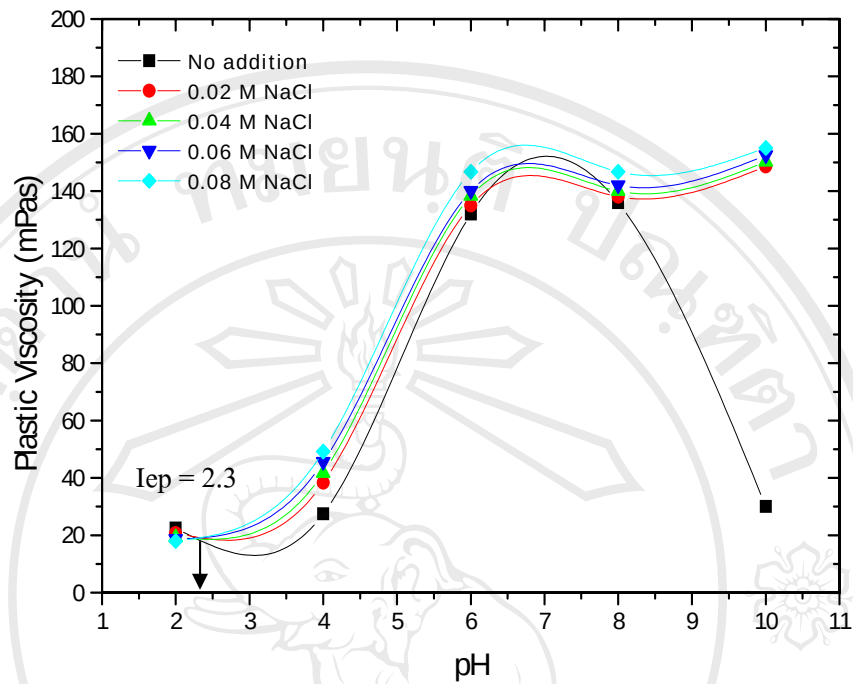
รูปที่ 4.60 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับค่าความเค้นของ Bingham ของดินขาวเคโอลินนราธิวาส



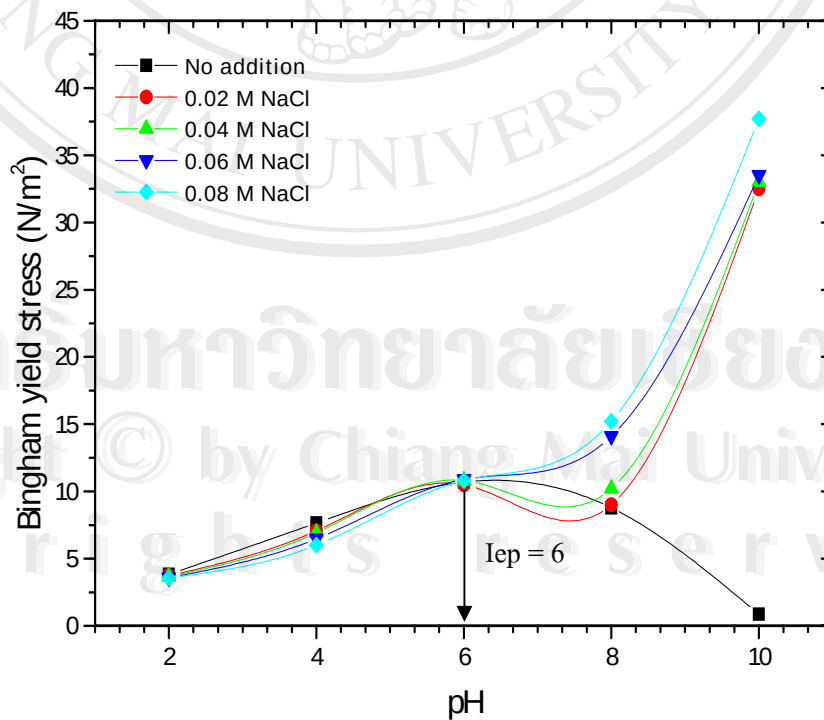
รูปที่ 4.61 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับค่าความเค้นของ Bingham ของดินขาวเคโอลินลำปาง



รูปที่ 4.62 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับค่าความเค้นของ Bingham ของดินขาวเคโอลินระนอง



รูปที่ 4.63 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับค่าความเค้นของ Bingham ของควอตซ์



รูปที่ 4.64 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับค่าความเค้นของ Bingham ของโซเดียมเฟลด์สปาร์

4.9 ผลการวัดพฤติกรรมการไหลของวัตถุดิบผสมระหว่างควอตซ์กับดินขาวเคโอลินนราธิวาส โซเดียมเฟลด์สปาร์กับดินขาวเคโอลินนราธิวาส และเนื้อดินผสมพอร์ชเลน (ควอตซ์ 25 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก โซเดียมเฟลด์สปาร์ 25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และดินขาวนราธิวาส 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) ด้วยเครื่องวัดความหนืด Rion viscometer

4.9.1 ผลการวัดค่าความหนืดของวัตถุดิบผสมระหว่างควอตซ์กับดินขาวเคโอลินนราธิวาส โซเดียมเฟลด์สปาร์กับดินขาวเคโอลินนราธิวาส และเนื้อดินผสมพอร์ชเลน ที่ปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

จากการวัดค่าความหนืดของวัตถุดิบผสมระหว่างควอตซ์กับดินขาวเคโอลินนราธิวาส โซเดียมเฟลด์สปาร์กับดินขาวเคโอลินนราธิวาส ในอัตราส่วน 15:25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และเนื้อดินผสมพอร์ชเลน ที่ปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จากการทดลองพบว่าเมื่อเติมควอตซ์ และ โซเดียมเฟลด์สปาร์ลงในดินขาวเคโอลินนราธิวาสเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความหนืดของน้ำดินมีค่าลดลง ดังแสดงในรูปที่ 4.66-4.67 สาเหตุเกิดจากควอตซ์ และ โซเดียมเฟลด์สปาร์จะขัดขวางการรวมตัวกันของอนุภาคดิน ซึ่งควอตซ์และโซเดียมเฟลด์สปาร์ที่ขัดขวางการรวมตัวกันของอนุภาคดินขาวเคโอลินนั้นจะอธิบายในลักษณะของประจุที่ผิวของอนุภาคเนื่องจากดินขาวเคโอลินจะมีผิวหน้าเป็นประจุลบและที่ชอบจะมีประจุเป็นบวก จึงทำให้มีโอกาสเกิดการรวมตัวกันของอนุภาคของดินได้มาก แต่เมื่อควอตซ์และโซเดียมเฟลด์สปาร์ที่เติมลงไป ในดินขาวเคโอลินนราธิวาสจะไม่มีผิวหน้าและชอบที่แน่นอนและยังมีประจุบวกและลบน้อย (ประจุส่วนมากเกิดจากการแตกหักของพันธะเมื่อบดควอตซ์และโซเดียมเฟลด์สปาร์) จึงทำให้ควอตซ์และโซเดียมเฟลด์สปาร์มีโอกาสที่จะรวมตัวกับอนุภาคดินเคโอลินนราธิวาสได้น้อย ดังนั้นค่าความหนืดจึงลดลง ดังแสดงในรูปที่ 4.65

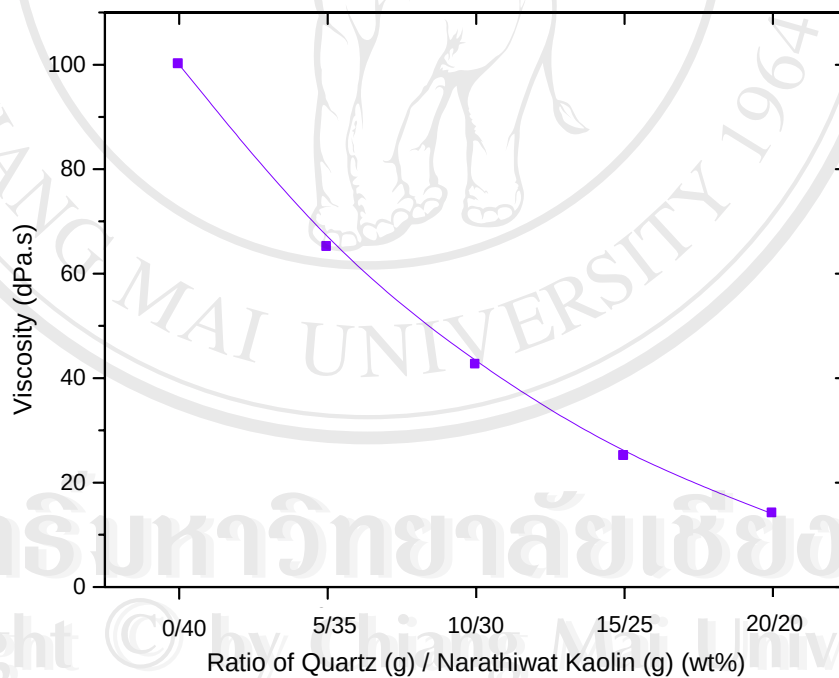
เมื่อเปรียบเทียบค่าความหนืดของเนื้อดินผสมพอร์ชเลน กับดินขาวเคโอลินนราธิวาส ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ดังแสดงในรูปที่ 4.68 จะพบว่า เนื้อดินผสมพอร์ชเลนที่มีดินขาวเคโอลินนราธิวาส ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์เป็นองค์ประกอบ จะมีค่าความหนืดมากกว่าควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ แต่ค่าความหนืดจะน้อยกว่าดินขาวเคโอลินนราธิวาส เพราะว่าควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์จะขัดขวางการรวมตัวของอนุภาคดินเคโอลินนราธิวาส



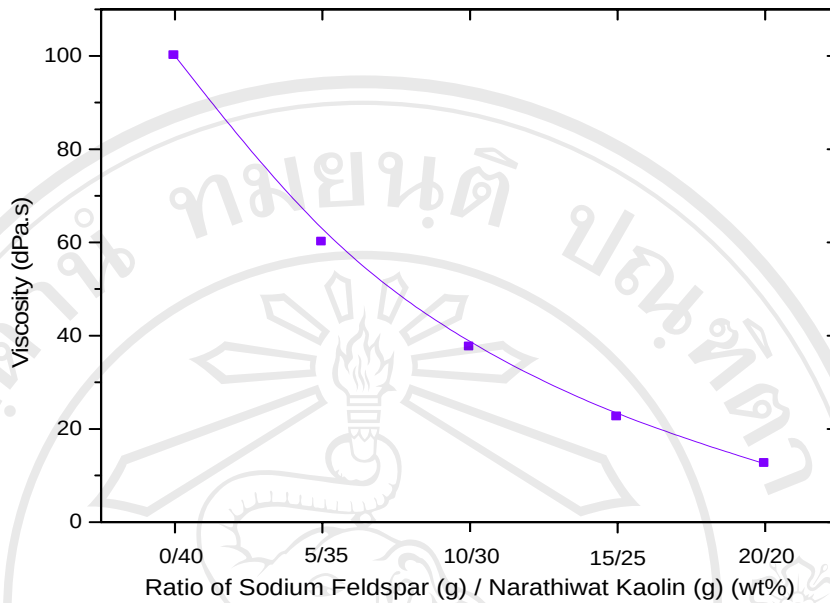
ดินที่ไม่เติมควอตซ์และโซเดียมเฟลด์สปาร์

ดินที่มีเติมควอตซ์และโซเดียมเฟลด์สปาร์

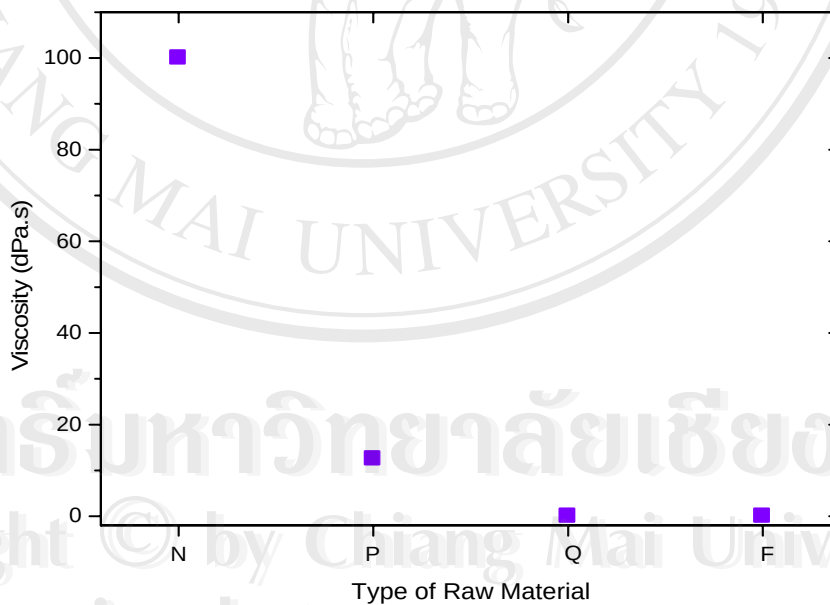
รูปที่ 4.65 แบบจำลองของดินขาวเคโอลินนราธิวาสที่ไม่มีและมีการเติมควอตซ์และโซเดียมเฟลด์สปาร์



รูปที่ 4.66 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของควอตซ์ต่อดินขาวเคโอลินนราธิวาสกับค่าความหนืด



รูปที่ 4.67 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของโซเดียมเฟลด์สปาร์ต่อดินขาวเคโอลินนราธิวาสกับค่าความหนืด



N = Narathiwat kaolin at 40 wt% solid content

Q = Quartz at 40 wt% solid content

P = Porcelain Body at 40 wt% solid content

F = Sodium feldspar at 40 wt% solid content

รูปที่ 4.68 ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัตถุดิบกับค่าความหนืด

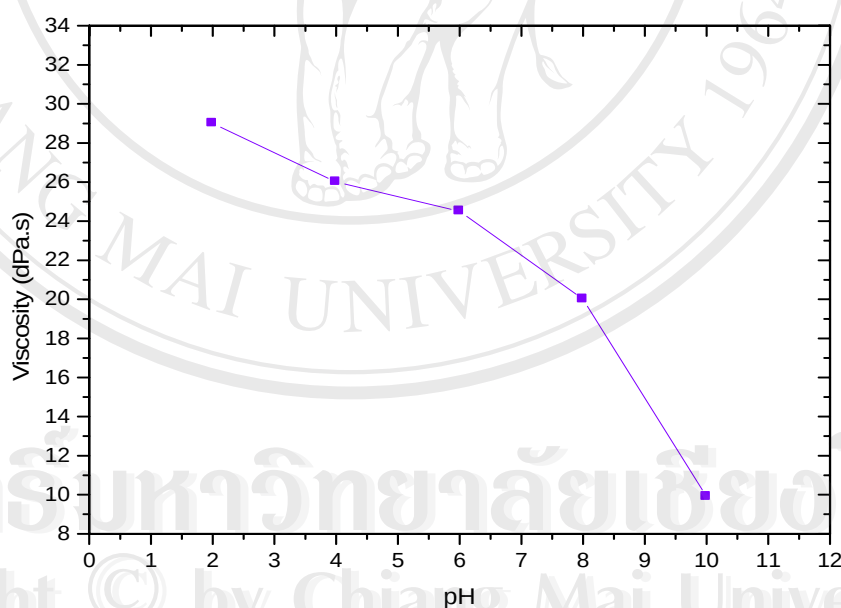
4.9.2 ผลการวัดค่าความหนืดของวัตถุดิบผสมระหว่างควอตซ์กับดินขาวเคโอลินนราธิวาส
โซเดียมเฟลด์สปาร์กับดินขาวเคโอลินนราธิวาส ในอัตราส่วน 15:25 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก และ
เนื้อดินผสมพอร์ซเลน ที่ปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 40 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก ที่มีการ
ปรับพีเอชให้มีค่าเท่ากับ 2 4 6 8 และ 10

จากการวัดค่าความหนืดของวัตถุดิบผสมระหว่างควอตซ์กับดินขาวเคโอลินนราธิวาส
โซเดียมเฟลด์สปาร์กับดินขาวเคโอลินนราธิวาส ในอัตราส่วน 15:25 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก และ
เนื้อดินผสมพอร์ซเลน ที่ปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 40 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก ที่มีการ
ปรับพีเอชให้มีค่าเท่ากับ 2 4 6 8 และ 10 จากการทดลองพบว่า สารแขวนลอยของส่วนผสมของ
ควอตซ์กับดินขาวเคโอลินนราธิวาส จะมีค่าความหนืดลดลงเมื่อพีเอชเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.69
เนื่องจากอนุภาคของวัตถุดิบจะถูกเปลี่ยนให้เป็นประจุลบเพิ่มขึ้น จึงทำให้เกิดการรวมตัวกันของ
อนุภาคลดลง ค่าความหนืดจึงลดลง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบแนวโน้มของค่าความหนืดของสาร
แขวนลอยของส่วนผสมของควอตซ์กับดินขาวเคโอลินนราธิวาสดังกล่าวจะเหมือนกันกับค่าความ
หนืดของดินขาวเคโอลินที่ไม่ได้ผสมกับควอตซ์ (รูปที่ 4.39) ซึ่งสาเหตุอาจเกิดจากควอตซ์มีจุด
ไอโซอิเล็กทริกเท่ากับ 2.3 จึงทำให้แนวโน้มของค่าความหนืดของส่วนผสมของควอตซ์กับดิน
ขาวเคโอลินนราธิวาสไม่เปลี่ยนแปลง

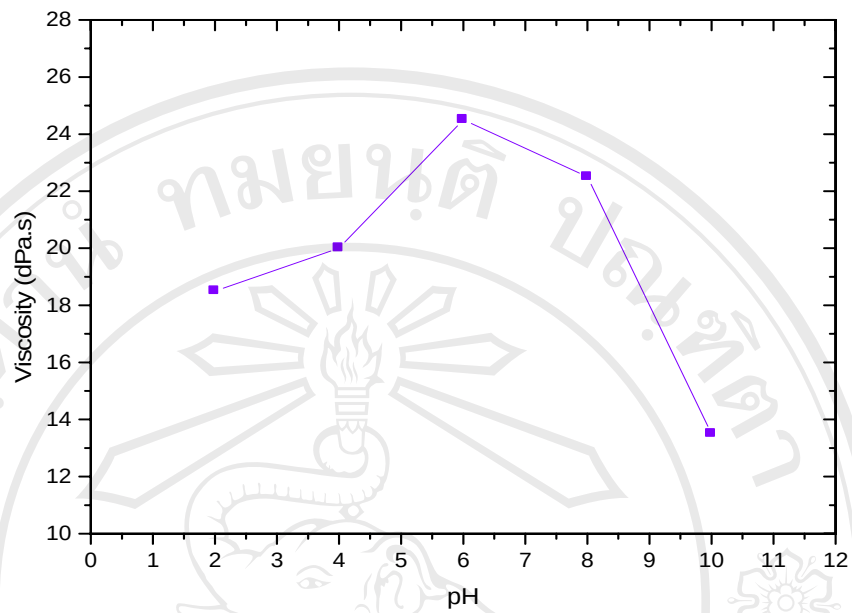
ในส่วนการวัดค่าความหนืดของวัตถุดิบผสมระหว่างโซเดียมเฟลด์สปาร์กับดินขาวเคโอลิน
นราธิวาส จะพบว่าสารแขวนลอยผสมระหว่างโซเดียมเฟลด์สปาร์กับดินขาวเคโอลินนราธิวาส จะมี
ค่าความหนืดสูงสุดที่พีเอช 6 และค่าความหนืดจะลดลงเมื่อพีเอชสูงและต่ำกว่าพีเอช 6 ดังแสดงใน
รูปที่ 4.70 เมื่อพีเอชสูงกว่าพีเอช 6 ค่าความหนืดของวัตถุดิบผสมระหว่างโซเดียมเฟลด์สปาร์กับดิน
ขาวเคโอลินนราธิวาสจะลดลง เนื่องจากที่บริเวณผิวของวัตถุดิบจะถูกเปลี่ยนให้เป็นประจุลบ
เพิ่มขึ้น จึงทำให้อนุภาคเกิดการกระจายตัวได้ดี ส่งผลให้ค่าความหนืดลดลง ส่วนในกรณีที่พีเอชต่ำ
กว่าพีเอช 6 ค่าความหนืดของวัตถุดิบผสมระหว่างโซเดียมเฟลด์สปาร์กับดินขาวเคโอลิน
นราธิวาสจะลดลงเช่นกัน เพราะว่าเมื่อพีเอชลดลงความแรงของไอออนจะเพิ่มขึ้น ความแรงของ
ไอออนดังกล่าวจะมีผลต่ออิเล็กทริกคอลด์บิลเลเยอร์ที่เป็นลบที่ผิวของวัตถุดิบ จึงทำให้การ
รวมตัวกันของอนุภาคลดลง จึงส่งผลให้ค่าความหนืดลดลง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบแนวโน้มของค่า
ความหนืดของสารแขวนลอยของส่วนผสมของโซเดียมเฟลด์สปาร์กับดินขาวเคโอลินนราธิวาส
ดังกล่าวจะแตกต่างจากค่าความหนืดของดินขาวเคโอลินนราธิวาสที่ไม่ได้ผสมกับโซเดียม
เฟลด์สปาร์ (รูปที่ 4.36) คือค่าความหนืดของส่วนผสมของโซเดียมเฟลด์สปาร์กับดินขาวเคโอลิน
นราธิวาส และดินขาวเคโอลินที่ไม่ได้ผสมกับโซเดียมเฟลด์สปาร์ จะมีค่าเท่ากับ 6 และ 2 ตามลำดับ

ซึ่งสาเหตุอาจเกิดจากโซเดียมเฟลด์สปาร์มีจุดไอโซอิเล็กทริกเท่ากับ 6 จึงทำให้แนวโน้มของค่าความหนืดของส่วนผสมของโซเดียมเฟลด์สปาร์กับดินขาวเคโอลินนราธิวาสเปลี่ยนแปลงไป

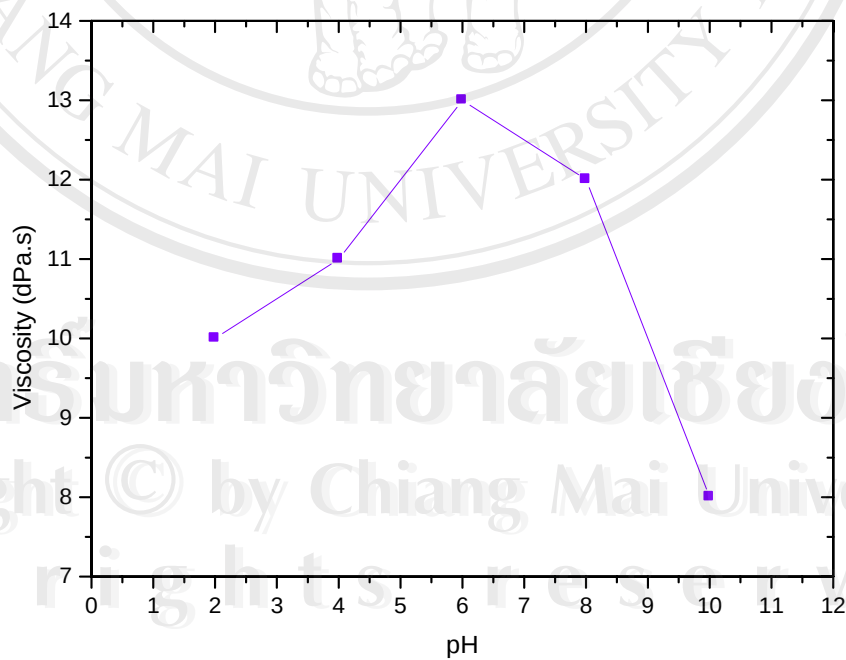
นอกจากนี้การวัดค่าความหนืดของเนื้อดินผสมพอร์ชเลน จะพบว่าเนื้อดินผสมพอร์ชเลนจะมีค่าความหนืดสูงสุดที่พีเอช 6 และค่าพีเอชที่สูงและต่ำกว่าพีเอช 6 ค่าความหนืดจะลดลง ดังแสดงในรูปที่ 4.71 เนื่องจากการรวมตัวกันของอนุภาคจะลดลง เมื่อเปรียบเทียบแนวโน้มของค่าความหนืดของสารแขวนลอยของเนื้อดินผสมพอร์ชเลนและค่าความหนืดของดินขาวเคโอลินนราธิวาส จะพบว่าแนวโน้มของค่าความหนืดของเนื้อดินผสมพอร์ชเลนจะแตกต่างจากค่าความหนืดของดินขาวเคโอลินนราธิวาส เพราะว่าเนื้อดินผสมพอร์ชเลนจะประกอบด้วยวัตถุดิบ 3 ชนิด คือ ดินขาวเคโอลินนราธิวาส ควอตซ์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ซึ่งวัตถุดิบที่ทำให้เนื้อดินผสมพอร์ชเลนแตกต่างจากดินขาวเคโอลินนราธิวาส คือ โซเดียมเฟลด์สปาร์ เพราะว่าโซเดียมเฟลด์สปาร์มีจุดไอโซอิเล็กทริกเท่ากับ 6 จึงทำให้แนวโน้มของค่าความหนืดของเนื้อดินผสมพอร์ชเลนเปลี่ยนแปลงไป



รูปที่ 4.69 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับค่าความหนืดของวัตถุดิบผสมระหว่างควอตซ์กับดินขาวเคโอลินนราธิวาส



รูปที่ 4.70 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับค่าความหนืดของวัตถุดิบผสมระหว่างโซเดียมเฟลด์สปาร์กับดินขาวเคโอลินนราธิวาส

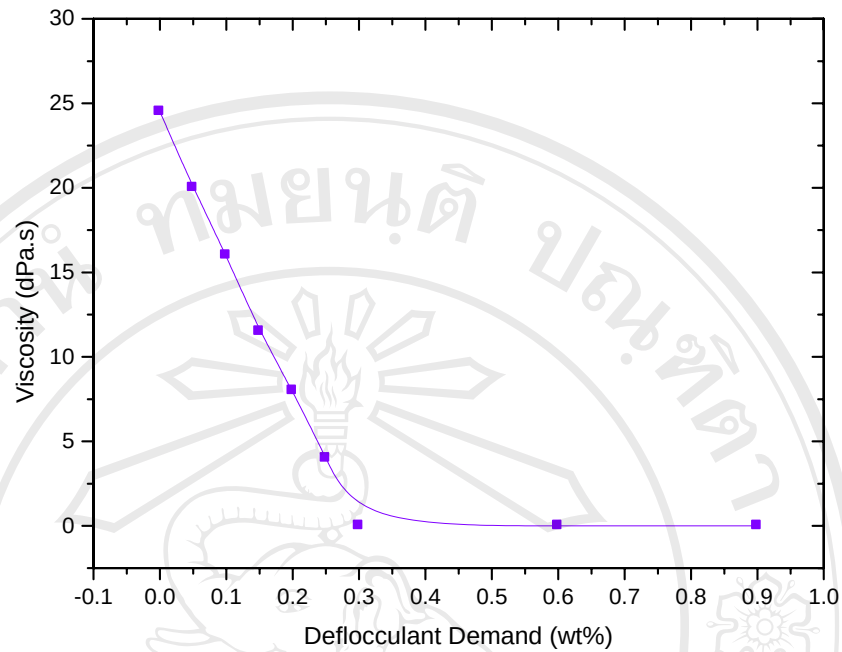


รูปที่ 4.71 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับค่าความหนืดของเนื้อดินผสมพอร์ซเลน

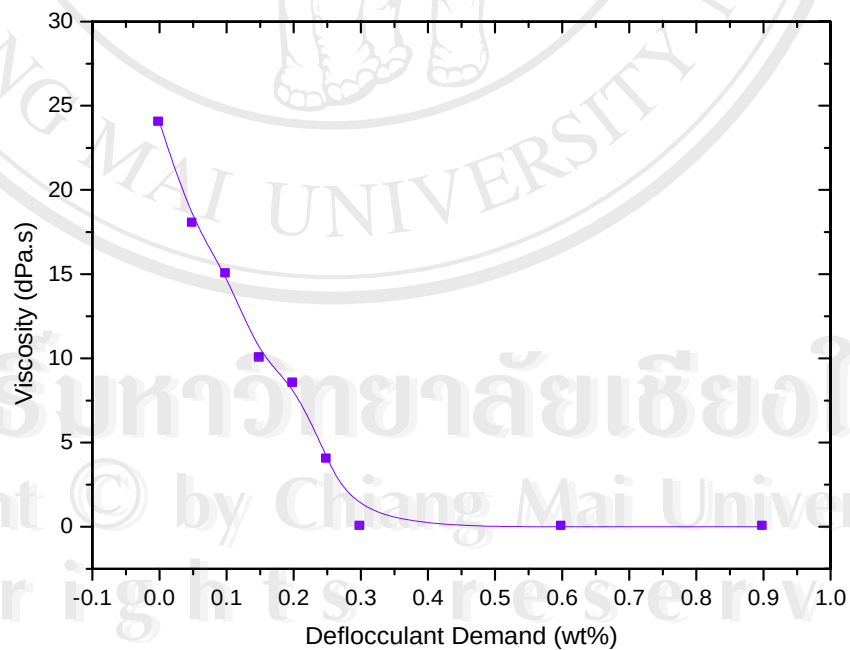
4.9.3 ผลการวัดค่าความหนืดของวัตถุคิพผสมระหว่างควอตซ์กับดินขาวเคโอลินนราธิวาส
โซเดียมเฟลด์สปาร์กับดินขาวเคโอลินนราธิวาส ในอัตราส่วน 15:25 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก และ
เนื้อดินผสมพอร์ซเลน ที่ปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 40 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก ที่มีการ
เติมโซเดียมซิลิเกตในปริมาณที่แตกต่างกัน

การวัดค่าความหนืดของวัตถุคิพผสมระหว่างควอตซ์กับดินขาวเคโอลินนราธิวาส โซเดียม
เฟลด์สปาร์กับดินขาวเคโอลินนราธิวาส ในอัตราส่วน 15:25 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก และเนื้อดิน
ผสมพอร์ซเลน ที่ปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 40 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักที่มีการเติม
โซเดียมซิลิเกตในปริมาณที่แตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.72-4.74 จากการทดลองพบว่าเมื่อเติม
โซเดียมซิลิเกตที่เป็นสารช่วยกระจายตัวลงไปวัตถุคิพผสมระหว่างควอตซ์กับดินขาวเคโอลิน
นราธิวาส โซเดียมเฟลด์สปาร์กับดินขาวเคโอลินนราธิวาส ในอัตราส่วน 15:25 เปอร์เซนต์โดย
น้ำหนัก และเนื้อดินผสมพอร์ซเลน (ควอตซ์ 25 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก โซเดียมเฟลด์สปาร์ 25
เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก และดินขาวนราธิวาส 50 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก) ที่แขวนลอยในน้ำ
ค่าความหนืดจะลดลง เพราะว่าหมู่ซิลิเกตจะถูกดูดซับบนประจุบวกที่ผิวของวัตถุคิพ จึงทำให้มี
ประจุลบเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดการกระจายตัวที่ดี และค่าความหนืดจึงลดลง และปริมาณของสารช่วย
กระจายตัวของวัตถุคิพผสมระหว่างควอตซ์กับดินขาวเคโอลินนราธิวาส โซเดียมเฟลด์สปาร์กับดิน
ขาวเคโอลินนราธิวาส ในอัตราส่วน 15:25 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก และเนื้อดินผสมพอร์ซเลน จะมี
ค่าเท่ากับ 0.3 0.3 และ 0.25 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

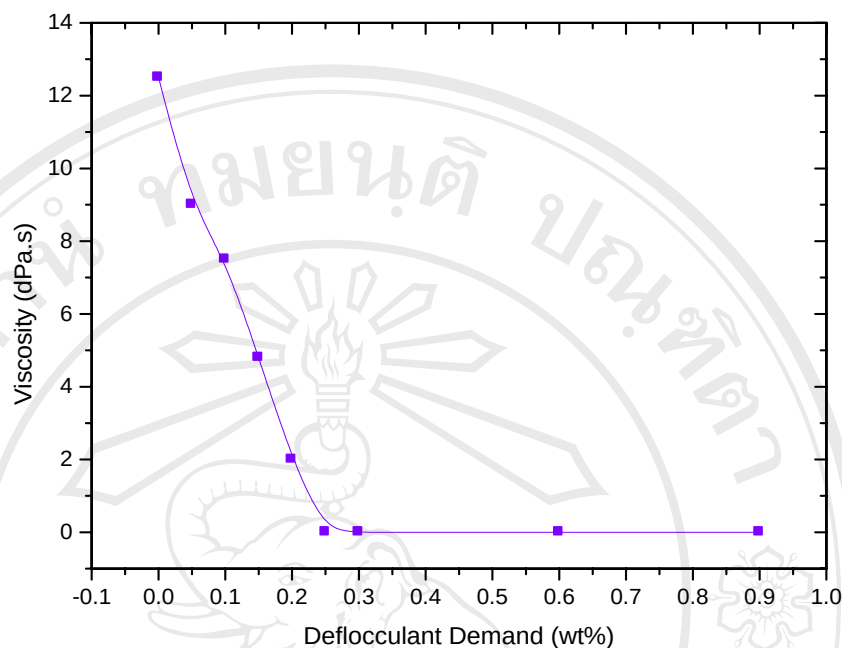
เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารช่วยกระจายตัวที่ต้องการของดินขาวเคโอลินนราธิวาส (รูปที่
4.49) วัตถุคิพผสมระหว่างควอตซ์กับดินขาวเคโอลินนราธิวาส โซเดียมเฟลด์สปาร์กับดินขาว
เคโอลินนราธิวาส ในอัตราส่วน 15:25 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก และเนื้อดินผสมพอร์ซเลน พบว่า
วัตถุคิพผสมระหว่างควอตซ์กับดินขาวเคโอลินนราธิวาส โซเดียมเฟลด์สปาร์กับดินขาวเคโอลิน
นราธิวาส ในอัตราส่วน 15:25 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก และเนื้อดินผสมพอร์ซเลน ต้องการปริมาณ
สารช่วยกระจายตัวน้อยกว่าดินขาวเคโอลินนราธิวาส เพื่อให้เกิดการกระจายตัวที่ดีที่สุด สาเหตุเกิด
จากวัตถุคิพผสม และเนื้อดินผสมพอร์ซเลน จะมีควอตซ์และโซเดียมเฟลด์สปาร์ที่เป็นวัตถุคิพที่ไม่
มีความเหนียวเป็นองค์ประกอบ ซึ่งจะไปขัดขวางการรวมตัวกันของอนุภาคดิน จึงทำให้เกิดการ
รวมตัวกันของอนุภาคมีน้อย ดังนั้นเมื่อเติมสารช่วยกระจายตัวลงไปจึงเกิดการกระจายตัวได้เร็วกว่า
ดินขาวนราธิวาสที่ไม่ได้ผสมกับควอตซ์และโซเดียมเฟลด์สปาร์



รูปที่ 4.72 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารช่วยกระจายตัวกับค่าความหนืดของวัตถุดิบผสมระหว่างควอตซ์กับดินขาวเคโอลินนราธิวาส



รูปที่ 4.73 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารช่วยกระจายตัวกับค่าความหนืดของวัตถุดิบผสมระหว่างโซเดียมเฟลด์สปาร์กับดินขาวเคโอลินนราธิวาส



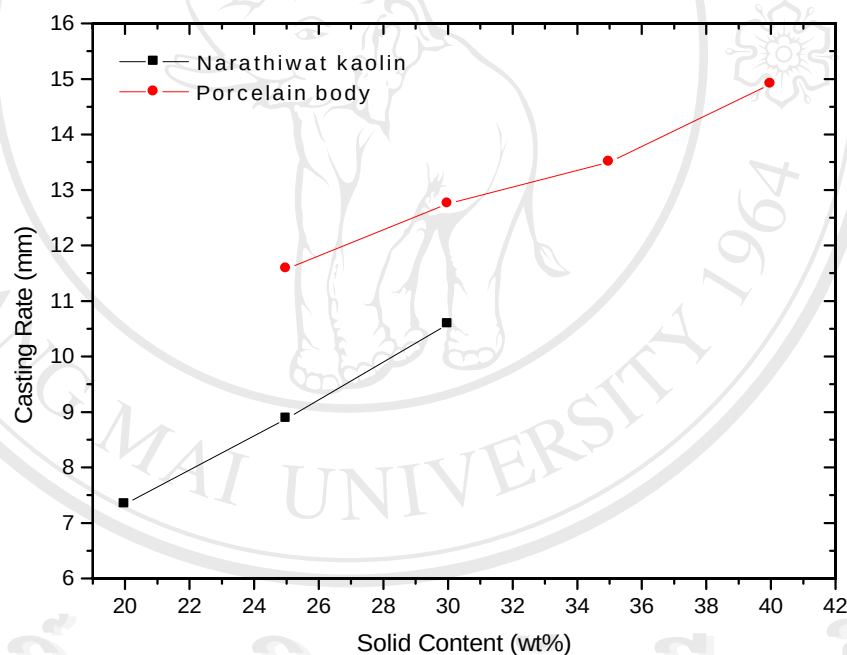
รูปที่ 4.74 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารช่วยกระจายตัวกับค่าความหนืดของเนื้อดินผสมพอร์ซเลน

4.10 การหล่อแบบของดินขาวเคโอลินนราธิวาส และเนื้อดินผสมพอร์ซเลน

4.10.1 ผลของการหล่อแบบดินขาวเคโอลินนราธิวาส และเนื้อดินผสมพอร์ซเลน ที่ปริมาณของแข็งในสารแขวนลอย 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยเปรียบเทียบที่ปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย

จากการหล่อแบบดินขาวเคโอลินนราธิวาส และเนื้อดินผสมพอร์ซเลน โดยเปรียบเทียบที่ปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอยต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.75-4.77 พบว่าเมื่อปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอยเพิ่มขึ้น อัตราเร็วในการหล่อแบบจะเพิ่มขึ้น สาเหตุเกิดจากเมื่อปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอยเพิ่มขึ้น ค่าความหนืดและทิกโซที่ปีจะมีค่าเพิ่มขึ้น จึงทำให้ลักษณะของกลุ่มอนุภาคมีขนาดใหญ่ ดังนั้นช่องว่างระหว่างอนุภาคจึงใหญ่ด้วย ดังนั้นน้ำจะแทรกเข้าไปเนื้อพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ได้เร็ว ฉะนั้นการหล่อแบบจึงเร็ว นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอยเพิ่มขึ้น ลักษณะการบิดเบี้ยวของผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากน้ำดินมีค่าความหนืดและทิกโซที่ปีเพิ่มขึ้น จึงทำให้ลักษณะของกลุ่มอนุภาคดินมีขนาดใหญ่ เมื่อทำการหล่อแบบกลุ่มอนุภาคดินที่มีขนาดใหญ่จะก่อตัวเป็นผนังผลิตภัณฑ์อย่างไม่เป็นระเบียบ และเมื่อน้ำระเหยออกจากผนังผลิตภัณฑ์จึงทำให้การหดตัวไม่เท่ากัน ดังนั้นการบิดเบี้ยวจึงเกิดขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบอัตราในการหล่อแบบและลักษณะการบิดเบี้ยวของผลิตภัณฑ์ของดินขาวเคโอลินนราธิวาส และเนื้อดินผสมพอร์ซเลน พบว่าอัตราในการหล่อแบบของเนื้อดินผสมพอร์ซเลนจะเร็วกว่าดินขาวเคโอลินนราธิวาส เพราะว่าเนื้อดินผสมพอร์ซเลน จะมีควอตซ์และโซเดียมเฟลด์สปาร์เป็นองค์ประกอบ ซึ่งควอตซ์และโซเดียมเฟลด์สปาร์จะมีขนาดอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ จึงทำให้ช่องว่างระหว่างอนุภาคใหญ่และน้ำจะแทรกเข้าไปเนื้อพิมพ์บนพลาสติกได้เร็ว ดังนั้นจึงทำให้เนื้อดินผสมพอร์ซเลนก่อตัวเป็นผนังผลิตภัณฑ์ได้เร็ว นอกจากนี้ลักษณะการบิดเบี้ยวของผลิตภัณฑ์ของเนื้อดินผสมพอร์ซเลนจะน้อยกว่าดินขาวเคโอลินนราธิวาส เพราะว่าเนื้อดินผสมพอร์ซเลนมีควอตซ์และโซเดียมเฟลด์สปาร์เป็นองค์ประกอบ ซึ่งจะสามารถลดค่าตึงผิวได้ และการหดตัวของควอตซ์และโซเดียมเฟลด์สปาร์มีน้อย จึงทำให้การบิดเบี้ยวลดลง



รูปที่ 4.75 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งในสารแขวนลอยกับอัตราในการหล่อแบบของดินขาวเคโอลินนราธิวาส และเนื้อดินผสมพอร์ซเลน



a



b



c

รูปที่ 4.76 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการขึ้นรูปโดยวิธีการหล่อแบบของดินขาวเคโอลินนราธิวาส โดยเปรียบเทียบที่ปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 20 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก



a

**b****c**



d

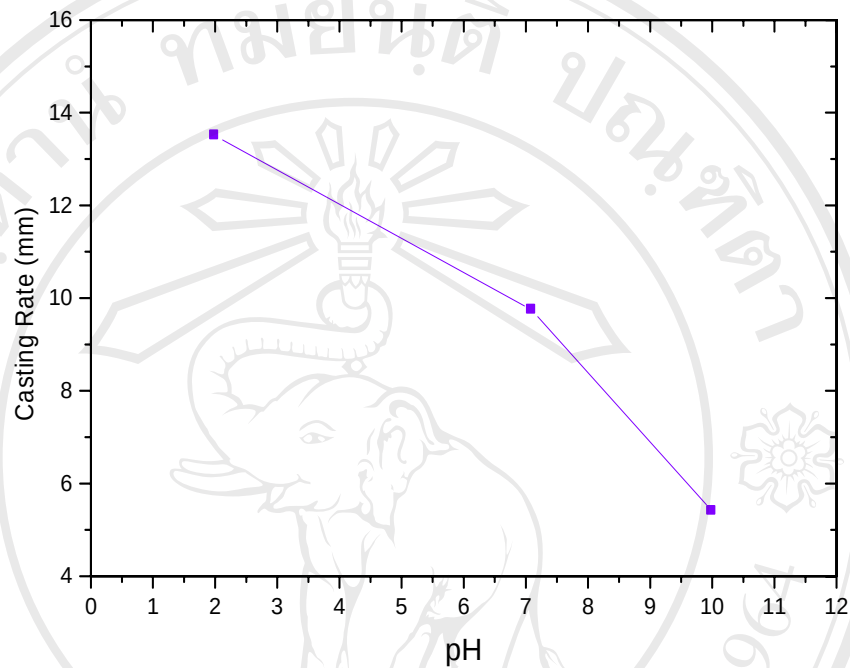
รูปที่ 4.77 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการขึ้นรูปโดยวิธีการหล่อแบบของเนื้อดินผสมพอร์ชเลน โดยเปรียบเทียบที่ปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 25 30 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

4.10.2 ผลของการหล่อแบบดินขาวเคโอลินนราธิวาส และเนื้อดินผสมพอร์ชเลน โดยเปรียบเทียบที่ค่าพีเอชต่างๆ

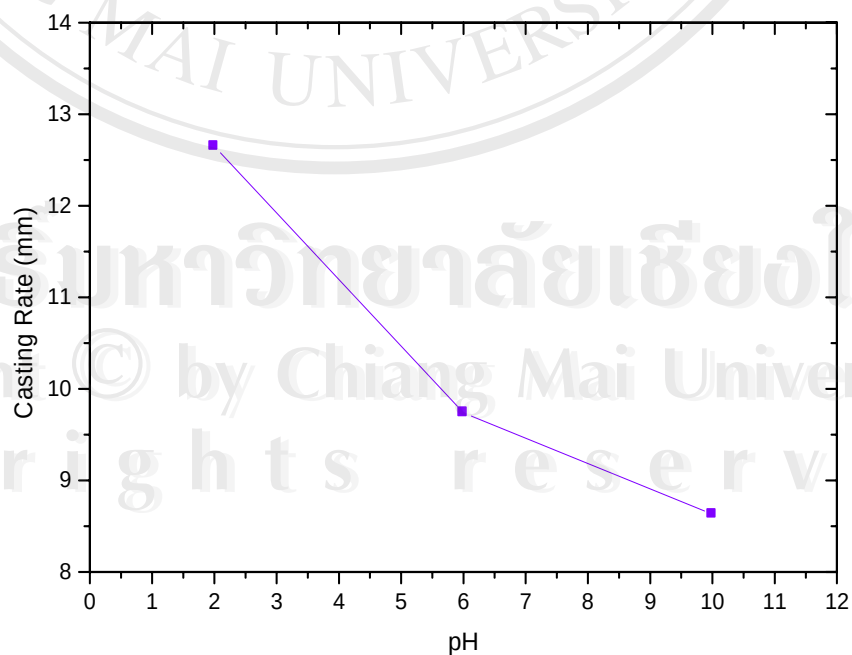
จากการหล่อแบบดินขาวเคโอลินนราธิวาส และเนื้อดินผสมพอร์ชเลน โดยเปรียบเทียบที่ค่าพีเอชต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.75-4.81 พบว่าเมื่อพีเอชเพิ่มขึ้นอัตราเร็วในการหล่อแบบและลักษณะการบิดเบี้ยวของผลิตภัณฑ์จะลดลง สาเหตุเกิดจากเมื่อพีเอชเพิ่มขึ้น ค่าความหนืดและทิกโซที่ปีจะลดลง เมื่อค่าความหนืดและทิกโซที่ปีลดลง การกระจายตัวของอนุภาคจะกระจายตัวได้ดี จึงทำให้กลุ่มของอนุภาคมีขนาดเล็ก ดังนั้นเมื่อทำการหล่อแบบกลุ่มของอนุภาคมีขนาดเล็กจะก่อตัวเป็นผนังผลิตภัณฑ์อย่างเป็นระเบียบ กลุ่มของอนุภาคอยู่ใกล้ชิดกัน มีความหนาแน่นมาก และช่องว่างระหว่างอนุภาคมีขนาดเล็ก จึงทำให้อัตราเร็วในหล่อแบบลดลง และการบิดเบี้ยวของผลิตภัณฑ์ลดลง เพราะว่าเมื่อน้ำระเหยออกจากผนังผลิตภัณฑ์การหดตัวจะไม่แตกต่างกันมาก ดังนั้นการบิดเบี้ยวจึงลดลง

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบลักษณะการบิดเบี้ยวของผลิตภัณฑ์ของดินขาวเคโอลินนราธิวาส และเนื้อดินผสมพอร์ชเลน พบว่าลักษณะการบิดเบี้ยวของผลิตภัณฑ์ของเนื้อดินผสมพอร์ชเลนจะ

น้อยกว่าดินขาวเคโอลินนราธิวาส เพราะว่าเนื้อดินผสมพอร์ชเลนมีควอตซ์และโซเดียมเฟลด์สปาร์เป็นองค์ประกอบ ซึ่งจะสามารถลดค่าทิกโซโทรปีลงได้ และการหดตัวของควอตซ์และโซเดียมเฟลด์สปาร์มีน้อย จึงทำให้การบิดเบี้ยวลดลง



รูปที่ 4.78 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟิเอกซ์กับอัตราในการหล่อแบบของดินขาวเคโอลินนราธิวาส



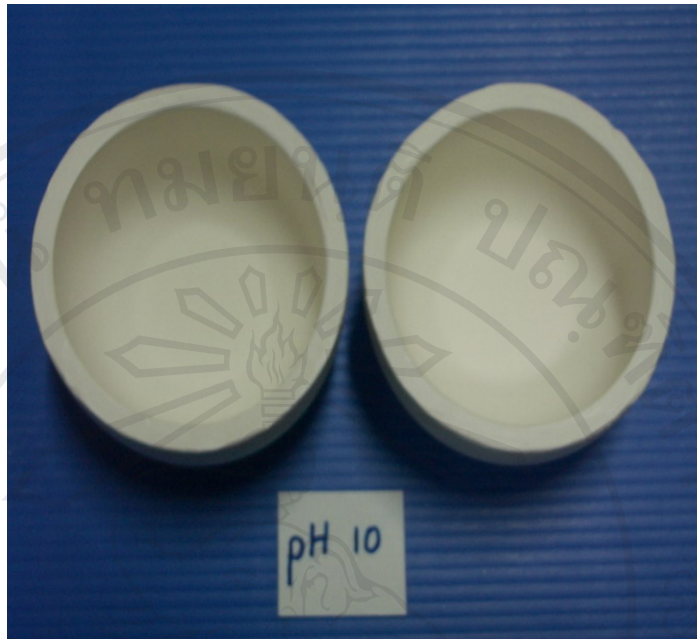
รูปที่ 4.79 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟิเอกซ์กับอัตราในการหล่อแบบของเนื้อดินผสมพอร์ชเลน



a



b

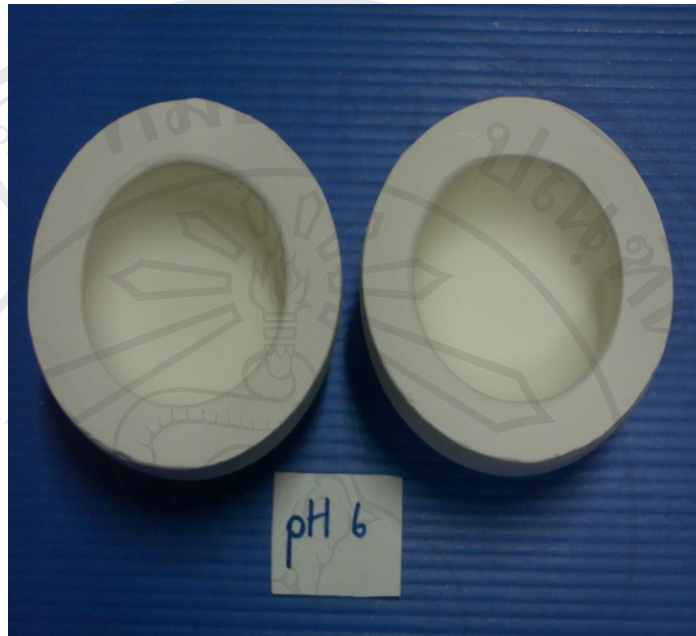


c

รูปที่ 4.80 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการขึ้นรูปโดยวิธีการหล่อแบบของดินขาวเคโอลินนราธิวาส โดยเปรียบเทียบที่พีเอช 2 7.1 และ 10



a



b



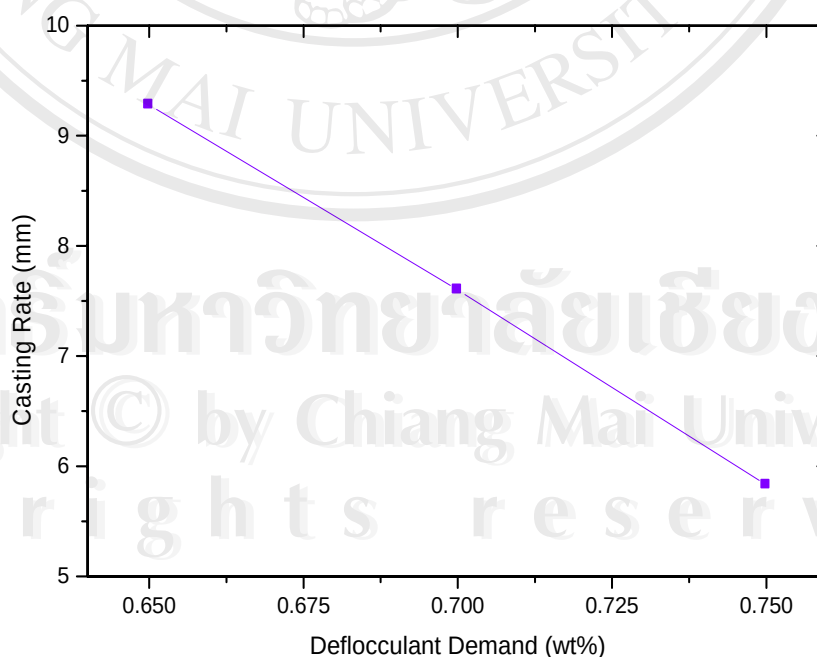
c

รูปที่ 4.81 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการขึ้นรูปโดยวิธีการหล่อแบบของเนื้อดินผสมพอร์ชเลนโดยเปรียบเทียบที่พีเอช 2 6 และ 10

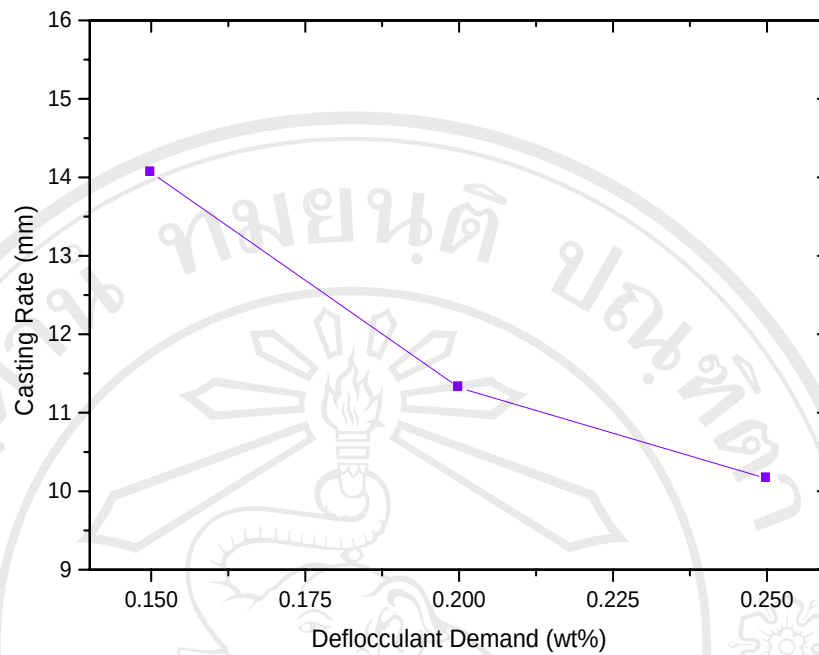
4.10.3 ผลของการหล่อแบบดินขาวเคโอลินนาฬิกา และเนื้อดินผสมพอร์ซเลน โดยเปรียบเทียบที่ค่าปริมาณสารช่วยกระจายตัว

จากการหล่อแบบดินขาวเคโอลินนาฬิกา และเนื้อดินผสมพอร์ซเลน โดยเปรียบเทียบที่ค่าปริมาณสารช่วยกระจายตัวต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.82-4.85 พบว่าเมื่อเติมโซเดียมซิลิเกตลงในสารแขวนลอยของดินขาวเคโอลินนาฬิกา และเนื้อดินผสมพอร์ซเลน พบว่าอัตราเร็วในการหล่อแบบ และลักษณะการบิดเบี้ยวของผลิตภัณฑ์จะลดลง สาเหตุเกิดจากเมื่อปริมาณโซเดียมซิลิเกตเพิ่มขึ้น ค่าความหนืดและทิกโซที่ปีจะลดลง เมื่อค่าความหนืดและทิกโซที่ปีลดลง การกระจายตัวของอนุภาคจะกระจายตัวได้ดี จึงทำให้กลุ่มของอนุภาคมีขนาดเล็ก ดังนั้นเมื่อทำการหล่อแบบกลุ่มของอนุภาคมีขนาดเล็กจะก่อตัวเป็นผนังผลิตภัณฑ์อย่างเป็นระเบียบ กลุ่มของอนุภาคอยู่ใกล้ชิดกัน และช่องว่างระหว่างอนุภาคมีขนาดเล็ก จึงทำให้อัตราเร็วในการหล่อแบบลดลง และการบิดเบี้ยวของผลิตภัณฑ์ลดลงด้วย เพราะว่าเมื่อน้ำระเหยออกจากผนังผลิตภัณฑ์การหดตัวจะไม่แตกต่างกันมาก ดังนั้นการบิดเบี้ยวจึงลดลง

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบลักษณะการบิดเบี้ยวของผลิตภัณฑ์ของดินขาวเคโอลินนาฬิกา และเนื้อดินผสมพอร์ซเลน พบว่าลักษณะการบิดเบี้ยวของผลิตภัณฑ์ของเนื้อดินผสมพอร์ซเลนจะน้อยกว่าดินขาวเคโอลินนาฬิกา เพราะว่าเนื้อดินผสมพอร์ซเลนมีควอตซ์และโซเดียมเฟลด์สปาร์เป็นองค์ประกอบ ซึ่งจะสามารถลดค่าทิกโซที่ปีได้ และการหดตัวของควอตซ์และโซเดียมเฟลด์สปาร์มีน้อย จึงทำให้การบิดเบี้ยวลดลง



รูปที่ 4.82 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารช่วยกระจายตัวกับอัตราในการหล่อแบบของดินขาวเคโอลินนาฬิกา



รูปที่ 4.83 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารช่วยกระจายตัวกับอัตราในการหล่อแบบของเนื้อดินผสมพอร์ซเลน ที่มีปริมาณของของแข็งในสารแขวนลอย 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก





b



c

รูปที่ 4.84 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการขึ้นรูปโดยวิธีการหล่อแบบของดินขาวเคโอลินนราธิวาส โดยเปรียบเทียบที่ปริมาณสารช่วยกระจายตัวที่มีค่า 0.65 0.70 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

**a****b**



c

รูปที่ 4.85 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการขึ้นรูปโดยวิธีการหล่อแบบของดินขาวเคโอลินนราธิวาส โดยเปรียบเทียบที่ปริมาณสารช่วยกระจายตัวที่มีค่า 0.15 0.20 และ 0.25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก