

การเตรียมตัวกรองเซรามิกจากดินขาวดินดำและดินดำ (Preparation of Ceramic Filter from China Clay and Ball Clay)

สุมิตรา นาคเครือ , สนิศุภา จั๋ยจุลเจิม , สิทธินันท์ ท่อแก้ว

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ ถ. รังสิต-นครนายก อ.องครักษ์ จ. นครนายก 26120

e-mail: sittinun@swu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการเตรียมตัวกรองเซรามิกจากวัตถุดิบที่เป็นดินขาวและดินดำ ซึ่งขึ้นรูปด้วยวิธีการเทน้ำสลีป น้ำดินเตรียมจาก ดินดำ ดินขาว น้ำ โพลีไวนิลแอลกอฮอล์และโซเดียมซิลิเกต และเผาที่ 1200 °ซ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากผลทดลองแสดงให้เห็นว่า เมื่อเปอร์เซ็นต์ดินดำในน้ำสลีปเพิ่มขึ้นทำให้ความสามารถในการขึ้นรูปชิ้นงานได้ง่ายขึ้น เนื่องจากความสามารถในการหดตัวของดินดำมีมากกว่าดินขาว นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อปริมาณดินดำในสูตรผสมมีค่าเพิ่มขึ้นเปอร์เซ็นต์การหดตัวและขนาดรูพรุนมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความพรุนและความหนาแน่นมีค่าลดลง

ABSTRACT

This research was to prepare the ceramic filter from china clay and ball clay by slip casting method. The slip was prepared from ball clay, china clay, water, polyvinyl alcohol and sodium silicate and fired at 1200°C for 2 hours. The results showed that when the percent of ball clay in slip increased, the preparation of ceramic filter is much easy because the shrinkage of ball clay has a higher value than the shrinkage of china ball clay. And then the content of percent ball clay in the formula was increased, the shrinkage and the pore diameter increased whereas porosity and density of fried body decreased.

1. บทนำ

ตัวกรองเซรามิกถูกใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมนม อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม น้ำผลไม้ เบียร์ และไวน์ เป็นต้น การใช้ตัวกรองมีจุดประสงค์เพื่อแยก จุลินทรีย์หรือตะกอน การทำให้ใส เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการนำแท่งกรองมาใช้ในงานวิจัยด้านเทคโนโลยีชีวภาพ เช่น ใช้ในกระบวนการผลิตแอลกอฮอล์ ใช้แยกและเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์และจุลินทรีย์ ตัวกรองเซรามิกสามารถแบ่งได้ตามชนิดของวัสดุที่ใช้ในการผลิต ตัวกรองเซรามิกเป็นที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม เนื่องจากมีความทนทานต่ออุณหภูมิสูง มีโครงสร้างที่แข็งแรง ทนความดันได้ดี ทนทานต่อสารเคมี มีความต้านทานจุลินทรีย์ เก็บ

รักษาได้ง่าย มีอายุการใช้งานยาว Bouzerra et al. [1] ได้นำเอาดินขาวมาผสมกับโคลโลไมด์เพื่อใช้ในการผลิตชั้นกรองรับ โดยขึ้นรูปด้วยการอัดความดันและเผาชิ้นงานที่อุณหภูมิ 1000 - 1300 °ซ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง Jonger and Potgieter [2] ได้ใช้เถ้าลอย ดินดำ เบนโทไนท์และยิปซัมเป็นวัตถุดิบในการผลิตตัวกรองเซรามิก ในขณะที่ Belouatek et al. [3] ใช้บาร์โบไทต์ เกล็ดหิน เฟลสป่าและทรายโดยใช้วิธีเทน้ำสลีป

ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้เลือกวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตตัวกรองเซรามิกคือดินขาวระนองและดินดำชนิด PBA และขึ้นรูปตัวกรองเซรามิกด้วยวิธีการเทน้ำสลีปและใช้โพลี

ไวนิลแอลกอฮอล์ เป็นตัวประสาน ตัวกรองที่ได้มีรูปร่างเป็นทรงกระบอกกลวง

2. วิธีการทดลอง

2.1 วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้

ดินขาวระนอง, ดินค้ำชนิด PBA, สารละลายโซเดียมซิลิเกตความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร จากบริษัท คอมพาวด์เคลย์ ประเทศไทย และ โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) จากบริษัท Kuraray จำกัด

2.2 วิธีการขึ้นรูปตัวกรองด้วยวิธีน้ำสลิป

เตรียมน้ำสลิปที่อัตราส่วนดินค้ำต่อดินขาวต่างๆ โดยใช้ PVA 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของของแข็ง และใช้น้ำ 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ปรับค่าความหนืดของน้ำสลิปด้วยสารละลายโซเดียมซิลิเกต 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จนน้ำสลิปมีค่าความหนืดในช่วง 100-200 เซนติพอยต์ นำน้ำสลิปไปบดเป็นเวลา 30 นาที หล่อจนได้ความหนาของชิ้นงานตามที่ต้องการ อบชิ้นงานที่ 120 °ซ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เผาที่อุณหภูมิ 800 °ซ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และเผาที่ 1200 °ซ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำชิ้นงานไปวัดความหนาแน่น ความพรุน การหดตัว ขนาดรูพรุน โครงสร้างและโครงสร้างจุลภาค ตัวกรองที่ได้มีขนาดกว้าง 1.6 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร และหนา 0.2 เซนติเมตร

2.3 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

วิเคราะห์โครงสร้างโดยใช้เครื่อง X-ray diffraction รุ่น Bruker D8 จากบริษัท 1998-1999 Bruker AXS GmbH, Karlsruhe, West Germany, วิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคโดยใช้เครื่อง Scanning Electron Microscopy JSM 540 S และความหนืดของน้ำสลิปวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดความหนืด Brookfield รุ่น RVDV version 5.0 วิเคราะห์ขนาดรูพรุนด้วยเครื่องวัดความ

พรุน (Mercury Porosity) Quatachrome รุ่น Pore master 33 ประเทศสหรัฐอเมริกา

3. ผลการทดลองและวิเคราะห์

3.1 โครงสร้างและโครงสร้างจุลภาคของวัตถุดิบ

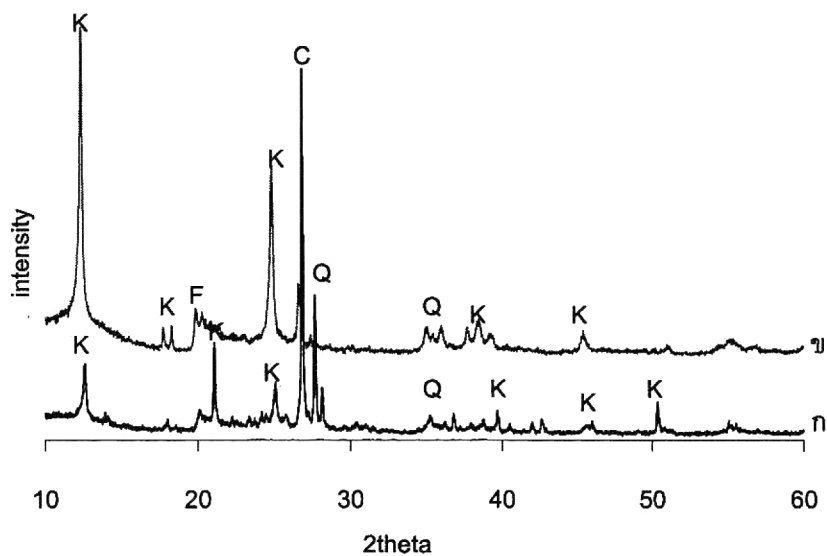
ตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของดินค้ำและดินขาวที่ใช้ในการทดลอง จากตารางที่ 1 พบว่า ในดินค้ำมีปริมาณ SiO_2 ต่อ Al_2O_3 เท่ากับ 2.83 โดยน้ำหนัก ในขณะที่ดินขาวมีค่าเท่ากับ 1.27 โดยน้ำหนัก นอกจากนี้ในดินค้ำมีปริมาณสารช่วยในการหลอม (CaO K_2O Na_2O และ MgO) สูงกว่าที่พบในดินขาวถึง 3.46 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ในดินค้ำมีปริมาณแก๊สน้อยกว่าในดินขาวถึง 6.42 เปอร์เซ็นต์ ผลการวิเคราะห์ XRD ของดินขาวและดินค้ำแสดงในรูปที่ 1 จากการวิเคราะห์ XRD ของดินขาวและดินค้ำ พบว่าทั้งดินขาวและดินค้ำมีแกลิไนต์ คริสโตบาไลต์ ควอทซ์ และเฟลสปาเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ แต่ในดินขาวมีปริมาณของแกลิไนต์สูงกว่าในดินค้ำ เฟลสปาในดินค้ำมีสูตรโครงสร้างเป็น $2\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ในขณะที่ดินค้ำมีเฟลควอทซ์ (SiO_2) มากกว่าในดินขาว ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ผลประกอบทางเคมี ในรูปที่ 2 แสดง โครงสร้างจุลภาคของดินค้ำและดินขาวที่กำลังขยาย 15,000 เท่า จากรูปที่ 2 พบว่า ดินค้ำและดินขาวมีรูปร่างเป็นแผ่นและเป็นแท่งประกอบกัน

3.2 ผลของสารละลายโซเดียมซิลิเกตต่อความหนืดของน้ำดิน

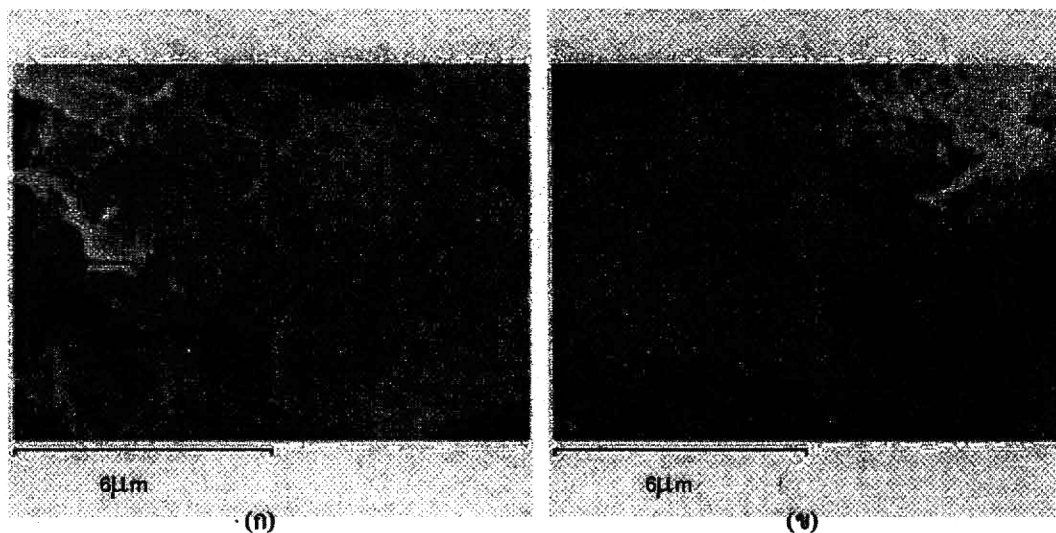
ในการเตรียมน้ำสลิปที่อัตราส่วนดินค้ำต่อดินขาว ตั้งแต่ 0 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ของของแข็ง โดยใช้ PVA 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักและใช้น้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ปรับค่าความหนืดของน้ำสลิปด้วยการเติมสารละลายโซเดียมซิลิเกต 50 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักพบว่า

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของดินค้ำและดินขาว

องค์ประกอบ(%โดยน้ำหนัก)	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	K_2O	Na_2O	MgO	แก๊
ดินค้ำ PBA	63.70	22.50	1.01	0.13	3.61	0.91	0.25	7.88
ดินขาว	46.70	36.70	1.09	0.01	1.25	0.05	0.05	14.30



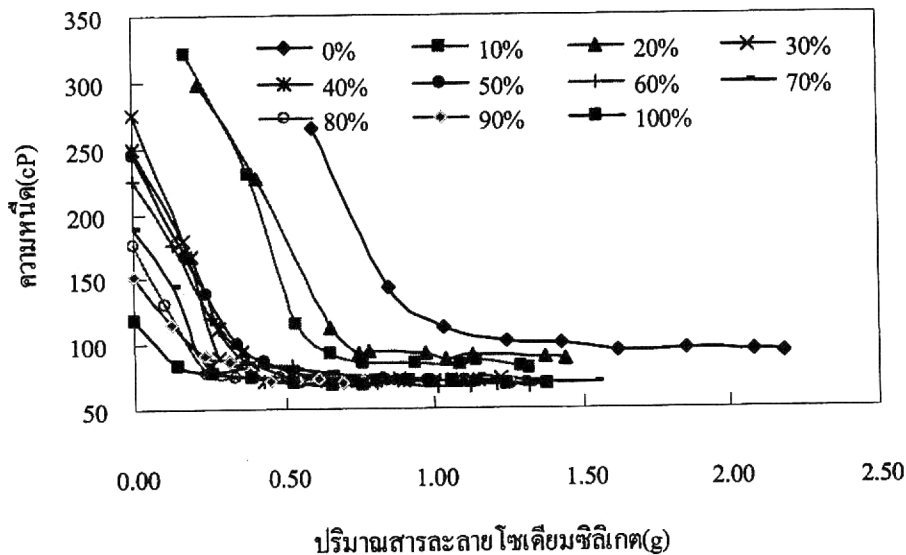
รูปที่ 1 พีค XRD ของดินดำ (ก) และดินขาว (ข)
เมื่อ K = Kaolinite; F = Feldspars; C = Cristobalite; Q = Quartz



รูปที่ 2 จุลโครงสร้างของดินดำ (ก) และ (ข) ดินขาว

ปริมาณการเติมสารละลายโซเดียมซัลไฟต์ต่อค่าความหนืดของน้ำสลิปที่เปอร์เซ็นต์ดินดำต่างๆ ให้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 3 การเติมสารละลายโซเดียมซัลไฟต์ลงในน้ำสลิป ทำให้ค่าความหนืดของน้ำสลิปมีค่าลดลง เนื่องจากเมื่ออนุภาคของดินกระจายตัวอยู่ในน้ำ อนุภาคของดินมีรูปร่างเป็นรูปแผ่นบางๆ โดยดินจะมีประจุลบที่ขอบและมีประจุบวกที่ผิว ทำให้เกิดแรงดึงดูดทางไฟฟ้าสถิตขึ้นทำให้น้ำสลิปมีความหนืดมาก เมื่อเติมสารละลายโซเดียมซัลไฟต์

ลงไปใต้น้ำดิน หมู่ซัลไฟต์จะเกิดการดูดซับที่ขอบของอนุภาคสลิป ทำให้ผิวหน้าดินมีประจุเป็นลบซึ่งเป็นผลให้เกิดการผลักกันทางไฟฟ้าสถิต ทำให้ค่าความหนืดของน้ำสลิปมีค่าลดลง ซึ่งให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับ Hu and Liu [4] นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณดินดำในน้ำสลิป ความหนืดของน้ำสลิปมีค่าลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากดินดำมีปริมาณสารอินทรีย์ในดินสูงกว่าดินขาว ซึ่งสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในดินดำจะทำหน้าที่ช่วยลดค่าความหนืด



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการเติมสารละลายโซเดียมซิลิเกตต่อค่าความหนืดของน้ำสลิปที่เปอร์เซ็นต์ดินค่าต่างๆ

3.3 โครงสร้างและโครงสร้างจุลภาคหลังการเผา

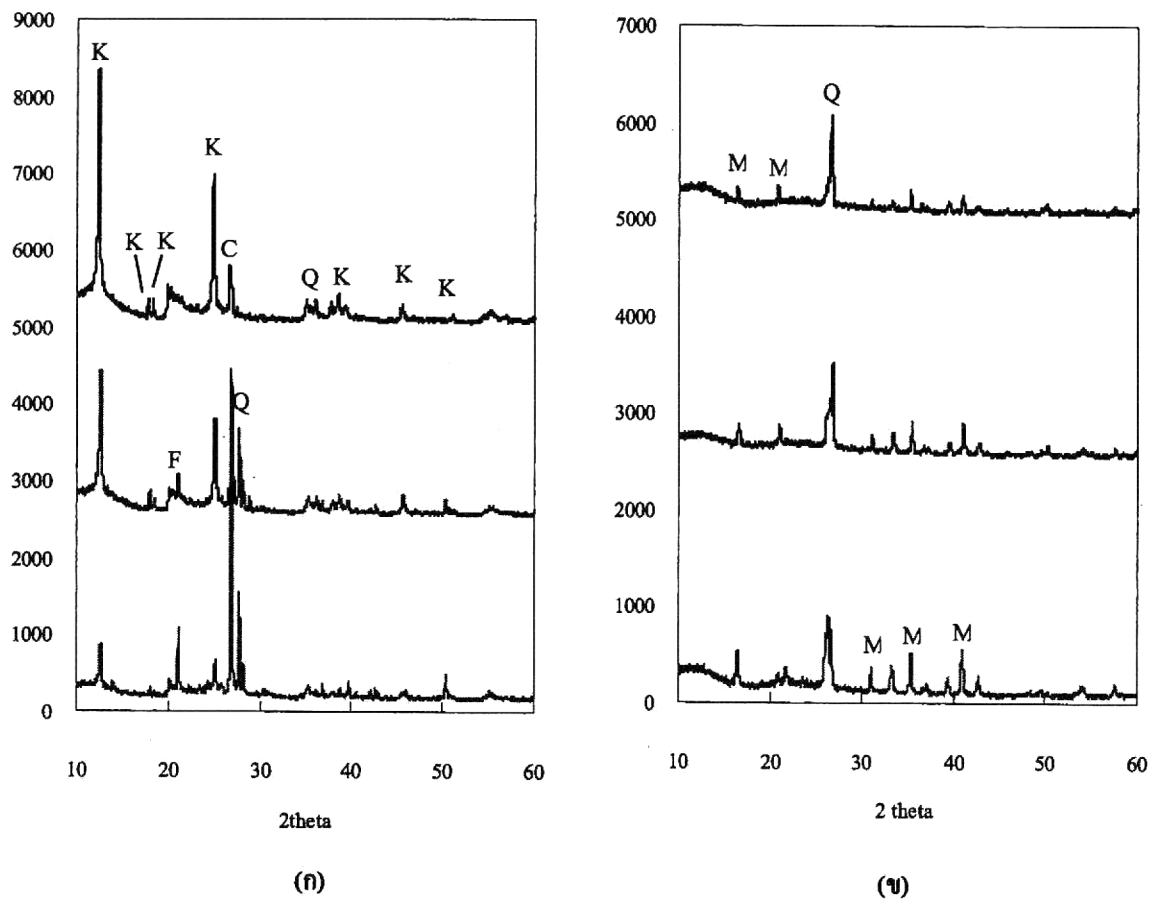
เมื่อนำตัวกรองที่เตรียมได้ไปวิเคราะห์โครงสร้างก่อนและหลังเผาที่ 1200 °ซ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พบว่าโครงสร้างของตัวกรองหลังการเผามีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของพีค XRD เกิดขึ้นดังแสดงผลวิเคราะห์ในรูปที่ 4 จากรูปที่ 4 ก เมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์ดินค่าในตัวกรองทำให้ปริมาณของกาลิไนต์มีค่าเพิ่มขึ้น (พีคตำแหน่ง 12.6 องศา) และปริมาณของคริสโตบาไลต์มีค่าลดลง (พีคตำแหน่ง 26.9 องศา) ในขณะที่เมื่อนำตัวกรองไปเผาแล้ววิเคราะห์ XRD ดังแสดงในรูปที่ 4 ข พบว่าพีคของกาลิไนต์หายไป และพบพีคของมัลไลต์ (พีคตำแหน่งที่ 16.5, 21.0, 26.8, 31.2, 33.4, 41.1 และ 50.2 องศา ซึ่งแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงจากกาลิไนต์เป็นมัลไลต์ ซึ่งผลการทดลองเป็นไปในแนวเดียวกับ Ribeiro et. al [5]

เมื่อนำตัวกรองที่เตรียมได้ไปวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคหลังเผาที่ 1200 °ซ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ให้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 5 จากรูปที่ 5 ก พบว่า เมื่อเปอร์เซ็นต์ดินค่าเป็น 0 ตัวกรองมีลักษณะจุลโครงสร้างเป็นแผ่นและแท่ง เมื่อเปอร์เซ็นต์ดินค่าเป็น 20% พบว่าโครงสร้างจุลภาคมีการหลอมรวมกัน ทำให้แผ่นมีขนาด

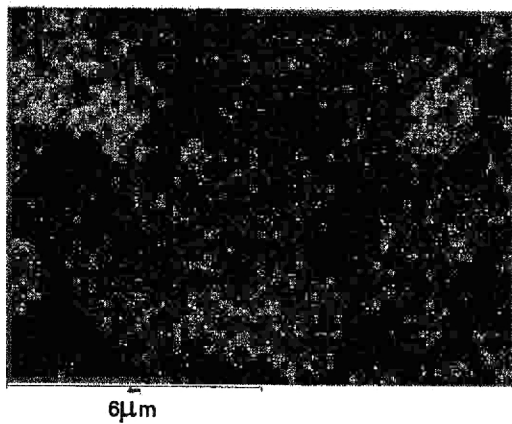
ใหญ่ขึ้นและมีเกรนโตขึ้น ซึ่งแสดงถึงการหลอมรวมตัวกันมากขึ้น ทั้งนี้สาเหตุน่าจะมากจากดินค่ามีฟลักซ์มาก ซึ่งจากผลองค์ประกอบทางเคมีของดินค่าที่มีส่วนผสมของ Na₂O และ K₂O ที่มีปริมาณมากกว่าในดินขาว [2,6] ทำให้เกิดการหลอมได้ง่ายขึ้น

3.4 คุณสมบัติทางกายภาพของตัวกรองเซรามิก

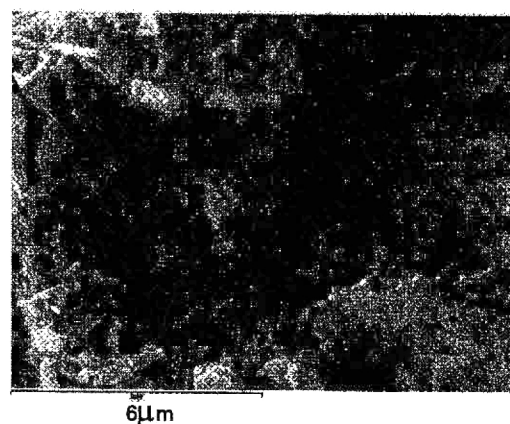
เมื่อนำตัวกรองเซรามิกหลังเผามา 1200 °ซ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง มาวัดค่าความพรุน เปอร์เซ็นต์การหดตัว ความหนาแน่น และขนาดรูพรุนของตัวกรองที่เปอร์เซ็นต์ดินค่าต่างๆ ดังแสดงผลการทดลองในรูปที่ 6 จากรูปที่ 6 พบว่า เมื่อเปอร์เซ็นต์ดินค่าในส่วนผสมมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความพรุนและความหนาแน่นมีค่าลดลง ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การหดตัวและขนาดรูพรุนมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากในดินค่ามีปริมาณ CaO K₂O Na₂O และ MgO ที่มีปริมาณมากกว่าในองค์ประกอบดินขาว (ตารางที่ 1) ซึ่ง CaO K₂O Na₂O และ MgO ในดินเป็นตัวช่วยในการหลอมเหลว ทำให้เมื่อเผาขึ้นงาน ความหนาแน่นของชิ้นงานมีค่าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดการหดตัวมากขึ้น



รูปที่ 4 โครงสร้างของตัวกรองที่เปอร์เซ็นต์ดินดำเท่ากับ 0 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของของแข็งก่อน (ก) และหลังเผา (ข) ที่ 1200°C 2 ชั่วโมง เมื่อ A = alumina M = Mullite ; K = kaolinite ; Q = quartz ; F = Feldspars ; C = Cristobalite

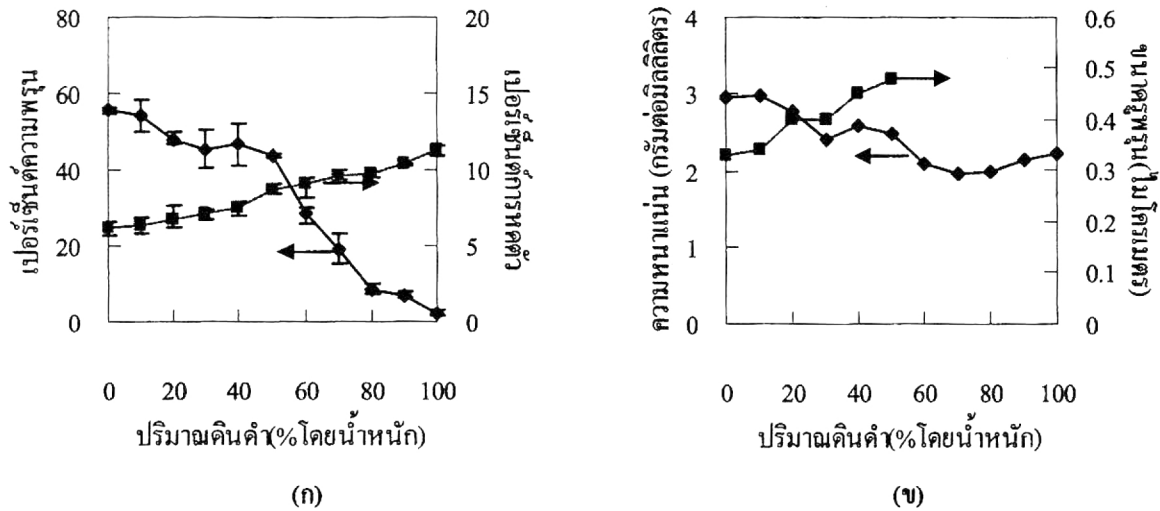


(ก)



(ข)

รูปที่ 5 โครงสร้างจุลภาคของตัวกรองเซรามิกหลังเผาที่ 1200°C ที่เปอร์เซ็นต์ดินดำ 0 (ก) และ 20 (ข) เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของของแข็งที่กำลังขยาย 15000 เท่า



รูปที่ 6 ความพรุนและเปอร์เซ็นต์การหดตัวของตัวกรอง (ก) และ ความหนาแน่นของชิ้นงานและขนาดรูพรุน (ข) ที่เปอร์เซ็นต์ดินค้ำต่างๆ หลังเผา 1200°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

4. สรุปผลการทดลอง

ในการวิจัยนี้สามารถเตรียมตัวกรองเซรามิกจาก ส่วนผสมดินค้ำและดินขาวได้ ด้วยวิธีการเทน้ำสลิป นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อปริมาณดินค้ำมีค่าเพิ่มขึ้น ความสามารถในการหล่อชิ้นงานสามารถทำได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพคือ ทำให้ขนาดรูพรุนและการหดตัวมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความพรุนและความหนาแน่นลดลง

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับแหล่งเงินทุนงบประมาณ แผ่นดินประจำปี 2548 (สัญญาเลขที่ 032/2548) ใน โครงการวิจัยการผลิตเอทานอลไปใช้เพื่อเป็นพลังงานทดแทน

6. เอกสารอ้างอิง

1. F. Bouzerara, A. Harabi, S. Achour and A. Larbot, Porous ceramic supports for membranes prepared from kaolin and dolomite mixtures, *Journal of European Ceramic Society*, Vol. 26 (2006), 1663-1671.
2. A. Jonger and J.H. Potgieter, An evolution of selected waste resources for utilization in ceramic materials applications, *Journal of European Ceramic Society*, Vol. 25 (2005), 3145-3149.
3. A. Belouatek, N. Bendorouche, A. Addou, A. Ouagued and N. Bettahar, Preparation of inorganic supports for waste treatment, *Microporous and Mesoporous Materials*, Vol. 85 (2005), 163-168.
4. Y. Hu and X. Liu, Chemical composition and surface property of kaolins, *Mineral Engineering*, Vol. 16 (2003), 1279-1284.
5. M. J. Ribeiro, D. U. Tulygavov, J. M. Ferreiras and J. A. Lasbrincha, High temperature mullite dissolution in ceramic bodies derived from Al-rich sludge, *Journal of European Ceramic Society*, Vol. 25 (2005), 703-710.
6. S. K. Das, K. Dana, N. Singh and R. Sarkar, Shrinkage and strength behaviour of quartzitic and kaolinitic clays in wall tile compositions, *Applied Clay Science*, Vol. 29 (2005), 137-143.

