การเตรียมตัวกรองเซรามิกด้วยเครื่องอัดรีด

Preparation of a Ceramic Filter Equipped with an Extruder

สิทธินันท์ ท่อแก้ว[1] ผ่องศรี ศิวราศักดิ์[2]

Sittinun Towkhew Pongsri Siwarasak

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการเตรียมตัวกรองเซรามิกด้วยเครื่องอัดรีด เมื่อใช้วัตถุดิบเป็นดินดำและดินขาว หลังจากได้ชิ้นงานนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เมื่อเปอร์เซ็นต์ดินดำในชิ้นงานมีค่าเพิ่มขึ้น ตัวกรองเซรามิกมีความสามารถในการกรองน้ำลดลง ทั้งนี้เนื่องจากในดินดำมีเปอร์เซ็นต์สารช่วยในการหลอมเหลวมากขึ้น ทำให้ชิ้นงานเกิดการหลอมเหลวมากขึ้น ทำให้รูพรุนมีขนาดเล็กลงและมีความพรุนภายในชิ้นงานลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าความแข็งแรงของชิ้นงานมีค่าเพิ่มขึ้น

ABSTRACT

This research was to prepare a ceramic filter equipped with an extruder. When the green body prepared from ball clay and China clay was baked at 1,300°C for 2 hours. The results showed that when the percentage of ball clay in the green body increased, the efficiency of the ceramic filter decreased due to the high percentage of melting flux in the ball clay body. This resulted in higher melting, smaller pores, and decreased porosity in the baked body. In addition, its strength increased.

คำสำคัญ: ตัวกรองเซรามิก เครื่องอัดรีด ความสามารถในการกรองน้ำ

Keywords: ceramic filter, extruder and water flux

---

[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ ถ. รังสิต-นครนายก อ. องครักษ์ จ. นครนายก 26120 e-mail: sittinun@swu.ac.th

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

[1] Asst. Prof., Faculty of Engineering, Srinakarintarawirith Ongkarak, Nakornnayok 26120 e-mail: sittinun@swu.ac.th

[2] Asst. Prof., Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Phathumtani 12110

บทนำ

ตัวกรองเซรามิกถูกประยุกต์ใช้ในการกรองเพื่อแยกอนุภาคระหว่างของแข็งกับของเหลวหรือ สารชีวโมเลกุลขนาดใหญ่ออกจากสารละลาย เช่น ใช้ในอุตสาหกรรมนม อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม น้ำผลไม้ เบียร์ และไวน์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้ในงานเทคโนโลยีชีวภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการหมัก เช่น การเพิ่มปริมาณเชื้อยีสต์ในการผลิตเอทานอลโดยอาศัยกระบวนการไมโครฟิลเตรชัน การแยกเอนไซม์จากน้ำหมัก เพื่อนำเอนไซม์ไปใช้งาน ตัวกรองสามารถแบ่งได้ตามชนิดของวัสดุที่ใช้ในการผลิต ได้แก่ ตัวกรองเซรามิก ตัวกรองพอลิเมอร์ และตัวกรองโลหะ ตัวกรองเซรามิกเป็นที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม เนื่องจากมีความทนทานต่ออุณหภูมิสูง มีโครงสร้างที่แข็งแรง ทนความดันได้ดี ทนทานต่อสารเคมี มีความต้านทานจุลินทรีย์เก็บรักษาได้ง่าย มีอายุการใช้งานยาว สำหรับงานวิจัยที่ศึกษาการขึ้นรูปตัวกรอง เช่น Bouzerra, *et. al.* [1] ได้นำเอาดินขาวมาผสมกับโดโลไมต์เพื่อใช้ในการผลิตชั้นรองรับโดยขึ้นรูปด้วยการอัดรีดและเผาชิ้นงานที่อุณหภูมิ 1,000 – 1,300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง Jonger and Potgieter [2] ได้ใช้เถ้าลอย ดินดำ เบนโทไนท์และยิปซัมเป็นวัตถุดิบในการผลิตตัวกรองเซรามิก ในขณะที่ Belouatek *et. al.* [3] ใช้บาร์โบไทต์ เกาลิน เฟลสปาและทรายโดยใช้วิธีเทน้ำสลิป

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตตัวกรองเซรามิก คือ ดินขาวระนองและดินดำ PBA และขึ้นรูปตัวกรองเซรามิกด้วยวิธีการอัดรีด สำหรับประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ

วิธีการวิจัย

วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้

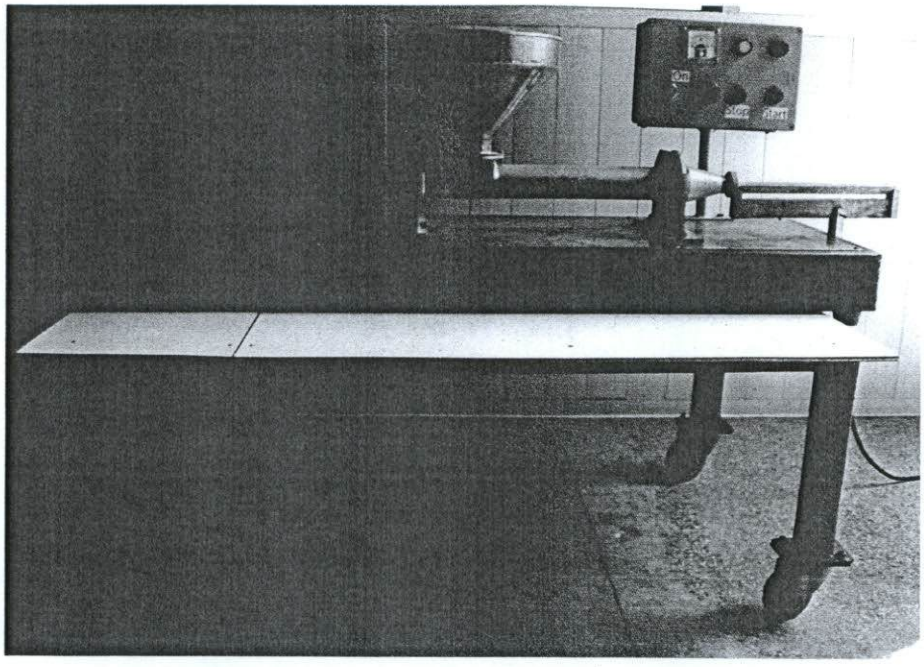
ดินขาวระนองและดินดำ PBA จากบริษัทคอมพาวด์เคลย์ ประเทศไทย

วิธีการขึ้นรูปตัวกรองด้วยวิธีการอัดรีด

ผสมวัตถุดิบ คือ ดินดำ ดินขาว น้ำมันพืช และน้ำ โดยใช้ปริมาณดินและน้ำมันเท่ากับ 800 กรัม และ 16 มิลลิลิตร ให้เข้ากัน ดังแสดงในตารางที่ 1 หลังผสมกันตามอัตราส่วนเรียบร้อยแล้ว ทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำดินที่เตรียมไว้เข้าเครื่องรีดดังแสดงในรูปที่ 1 สำหรับขนาดของชิ้นงานที่ได้จากการรีด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 10 มิลลิเมตร ความหนา 2 มิลลิเมตร และ ความยาวประมาณ 250 มิลลิเมตร ชิ้นงานที่ได้ นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 คืน นำเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และเผาที่ 1,300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำชิ้นงานไปวัดความหนาแน่น ความพรุน การหดตัว ขนาดรูพรุน โครงสร้าง และโครงสร้างจุลภาค

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของดินดำและดินขาว

องค์ประกอบ (%โดยน้ำหนัก)	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	K_2O	Na_2O	MgO	เถ้า
ดินดำ 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 เครื่องอัดรีดที่ใช้ในการขึ้นรูปตัวกรองเซรามิก

การทดสอบการกรอง

นำชิ้นงานมาทดสอบสมบัติการกรองน้ำ โดยใช้ชุดทดสอบการกรองชนิดไมโครฟิลเตรชันแบบไหลขวางสมบัติของตัวกรองทดสอบที่อัตราการไหลที่ 5 ลิตรต่อนาที และที่ความดันแตกต่างเป็น 4.75 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

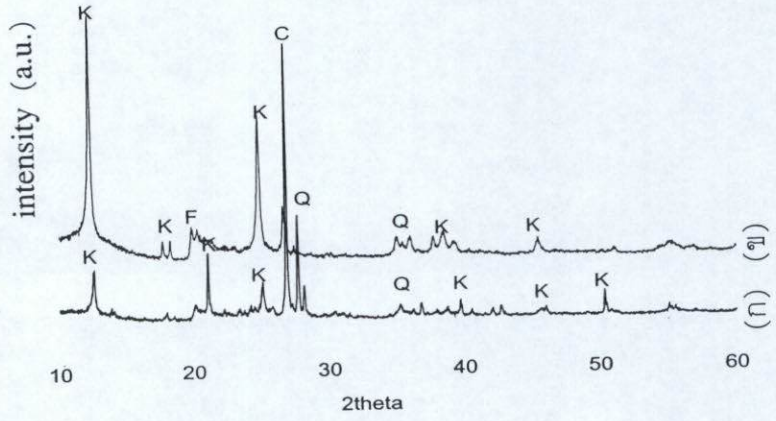
การวิเคราะห์ตัวอย่าง

วิเคราะห์โครงสร้างด้วยเครื่อง X-ray diffraction รุ่น Bruker D8 จากบริษัท 1998-1999 Bruker AXS GmbH, Karisruche, West Germany วิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscopy JSM 540 S วิเคราะห์รูพรุนด้วยเครื่องวัดความพรุนชนิดปรอท (Mercury Porosity) ของบริษัท Quatachrome รุ่น Pore master 33 ประเทศสหรัฐอเมริกา

ผลการวิจัยและวิจารณ์

โครงสร้างและโครงสร้างจุลภาคของวัตถุดิบ

จากตารางที่ 1 พบว่า ในดินดำมีปริมาณ SiO_2 สูงกว่าในดินขาว ในขณะที่ดินดำมีปริมาณ Al_2O_3 ต่ำกว่าดินขาว นอกจากนี้ในดินดำมีปริมาณสารช่วยในการหลอม เช่น CaO K_2O Na_2O MgO เป็นต้น ซึ่งพบว่า ในดินดำมีค่าสูงกว่าในดินขาวถึง 3.46 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ดินดำมีปริมาณเถ้าน้อยกว่าในดินขาวถึง 6.42 เปอร์เซ็นต์ ผลการวิเคราะห์ XRD ของดินขาวและดินดำแสดงในรูปที่ 2 พบว่าทั้งดินขาวและดินดำมีพีคของเกาลิไนต์ คริสโตบาไลต์ ควอทซ์และเฟลสปาเป็นส่วนใหญ่ แต่ในดินขาวมีปริมาณของเกาลิไนต์สูงกว่าในดินดำ เกาลิไนต์มีสูตรโครงสร้างเป็น $2SiO_2.Al_2O_3.2H_2O$ ในขณะที่ดินดำมีเฟสควอทซ์ (SiO_2) มากกว่าในดินขาว ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ผลประกอบทางเคมี และจากการศึกษาโครงสร้างจุลภาคของดินดำและดินขาวที่กำลังขยาย 15,000 เท่า ดังแสดงในรูปที่ 3 พบว่าดินดำและดินขาวมีรูปร่างเป็นแผ่นและเป็นแท่ง



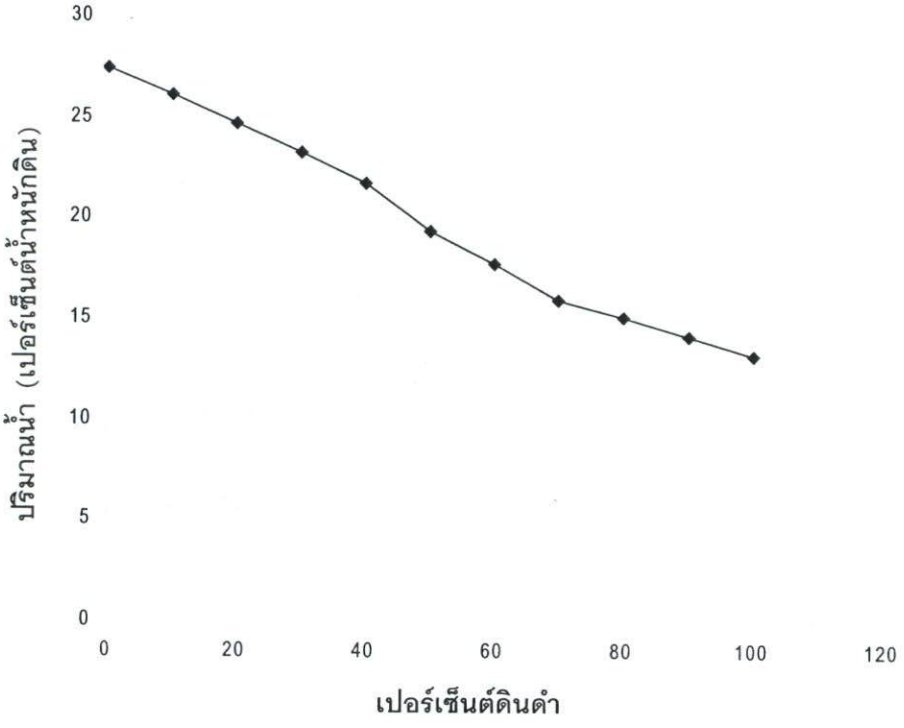
รูปที่ 2 พีค XRD ของดินดำ (ก) และดินขาว (ข) เมื่อ K = Kaolnite; F = Feldspars; C = Cristobalite; Q = Quartz

(ก) (ข)

รูปที่ 3 โครงสร้างจุลภาคของ ดินดำ (ก) และดินขาว (ข) 6μm

ผลของปริมาณน้ำต่อการอัดรีด

เนื้อดินในการอัดรีดเตรียมจากส่วนผสมระหว่างดินดำ ดินขาว และน้ำมันพืช น้ำมันพืชทำหน้าที่ให้เกิดความลื่น ทำให้ดินรีดได้ง่ายขึ้น ในขณะที่การเติมน้ำทำให้เนื้อดินมีความเหนียวขึ้น ในรูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ดินดำและปริมาณการเติมน้ำในการอัดรีด จากรูปที่ 4 พบว่า เมื่อเปอร์เซ็นต์ดินดำในเนื้อดินมีค่าเพิ่มขึ้น พบว่าปริมาณการใช้น้ำในส่วนผสมมีค่าลดลง เนื่องจาก โดยปกติ ดินดำเป็นดินที่มีความละเอียด และจัดเป็นดินที่มีความเหนียวในตัว ในขณะที่ดินขาวเป็นดินที่ไม่มีความเหนียว ทำให้จำเป็นต้องใช้น้ำในปริมาณมาก

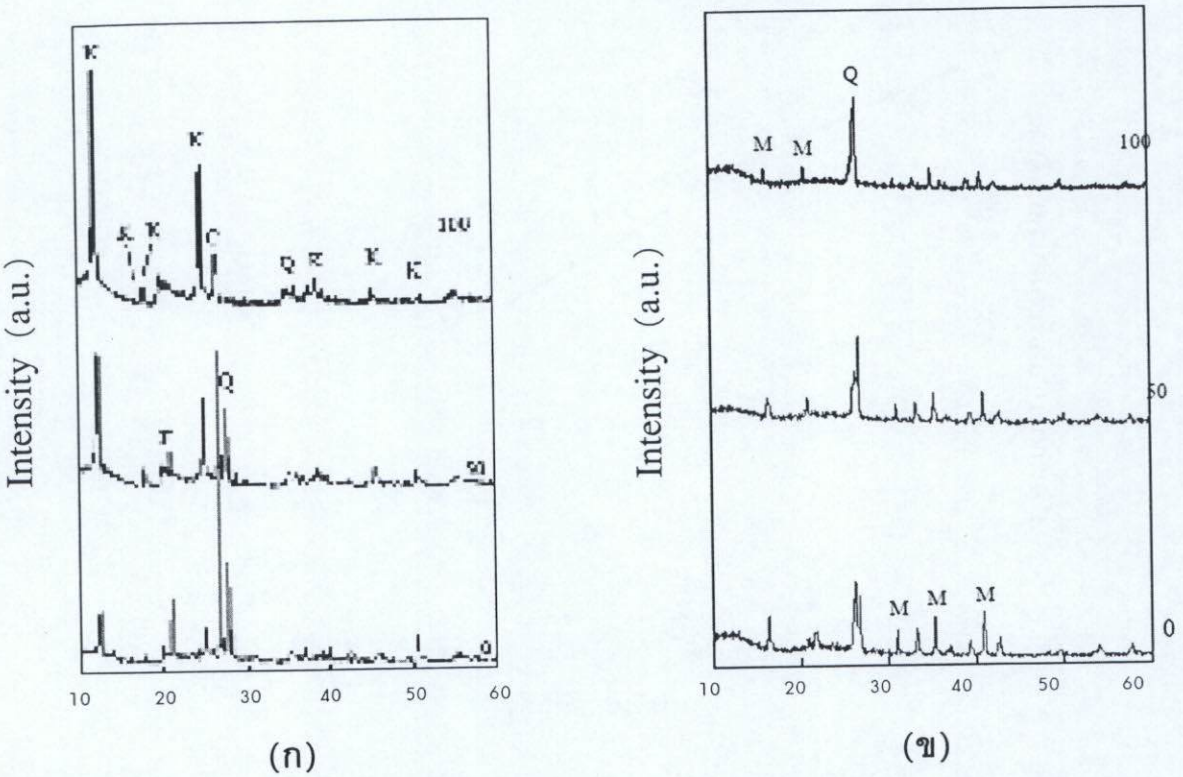


รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ดินดำและปริมาณการเติมน้ำในการอัดรีด

โครงสร้างและโครงสร้างจุลภาคหลังการเผา

เมื่อนำตัวกรองที่เตรียมได้ไปวิเคราะห์โครงสร้างก่อนและหลังเผาที่ 1,300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พบว่า โครงสร้างของตัวกรองหลังการเผามีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของพีค XRD เกิดขึ้นดังแสดงผลวิเคราะห์ในรูปที่ 5 จากรูปที่ 5 ก เมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์ดินดำในตัวกรองทำให้ปริมาณของเกาลิไนต์มีค่าเพิ่มขึ้น (พีคตำแหน่ง 12.6 องศา) และปริมาณของคริสโตบาไลต์มีค่าลดลง (พีคตำแหน่ง 26.9 องศา) ในขณะที่เมื่อนำตัวกรองไปเผาแล้ววิเคราะห์ XRD ดังแสดงในรูปที่ 5 ข พบว่าพีคของเกาลิไนต์หายไป และพบพีคของมัลไลต์ (พีคตำแหน่งที่ 16.5, 21.0, 26.8, 31.2, 33.4, 41.1 และ 50.2 องศา ซึ่งแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงจากเกาลิไนต์เป็นมัลไลต์ ซึ่งผลการทดลองเป็นไปในแนวเดียวกับ Ribeiro *et. al* ได้ทำการทดลอง [5]

เมื่อนำตัวกรองที่เตรียมได้ไปวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคหลังเผาที่ 1,200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ให้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 6 จากรูปที่ 6 ก พบว่า เมื่อเปอร์เซ็นต์ดินดำเป็น 0 ตัวกรองมีลักษณะจุลโครงสร้างเป็นแผ่นและแท่ง เมื่อเปอร์เซ็นต์ดินดำเป็น 20 พบว่า โครงสร้างจุลภาคมีการหลอมรวมกัน ทำให้แผ่นมีขนาดใหญ่ขึ้นและมีเกรนโตขึ้น ซึ่งแสดงถึงการหลอมรวมตัวกันมากขึ้น ทั้งนี้สาเหตุน่าจะมาจากดินดำมีฟลักซ์มาก ซึ่งจากผลองค์ประกอบทางเคมีของดินดำที่มีส่วนผสมของ Na_2O และ K_2O ที่มีปริมาณมากกว่าในดินขาว [2,6] ทำให้เกิดการหลอมได้ง่ายขึ้น



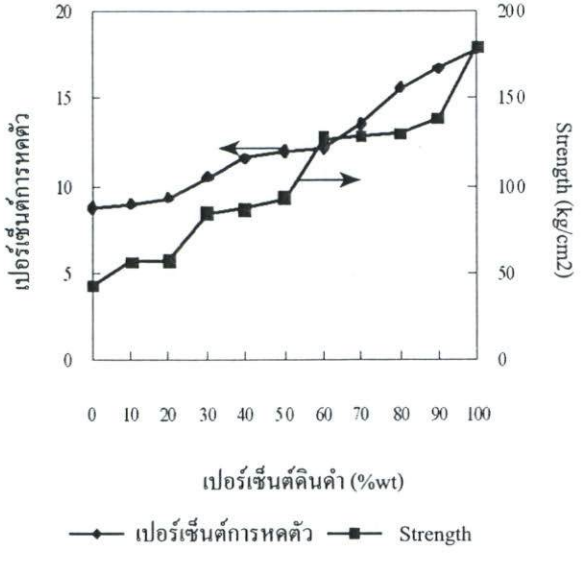
รูปที่ 5 โครงสร้างของตัวกรองที่เปอร์เซ็นต์ดินดำเท่ากับ 0 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของของแข็งก่อน (ก) และ หลังเผา (ข) ที่ 1,300 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง เมื่อ M = Mullite; K= kaolinite; Q = quartz; F = Feldspars; C = Cristobalite

(ก) (ข)

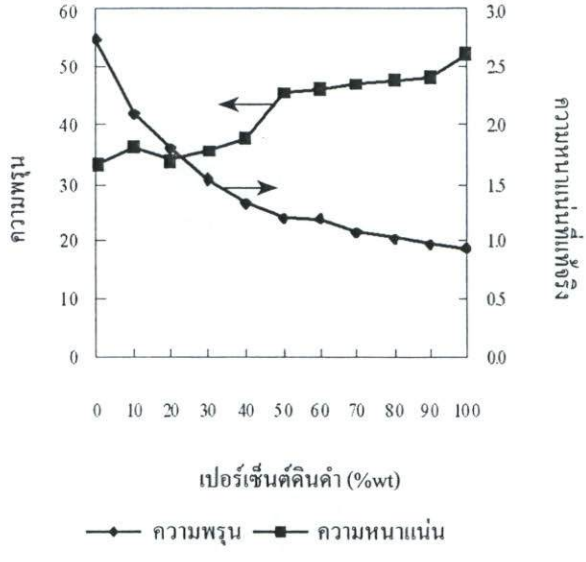
รูปที่ 6 โครงสร้างจุลภาคของตัวกรองเซรามิกหลังเผาที่ 1,200 องศาเซลเซียส ที่เปอร์เซ็นต์ดินดำ 0 (ก) และ 20 (ข) โดยน้ำหนักของของแข็งที่กำลังขยาย 15,000 เท่า

สมบัติทางกายภาพของตัวกรองเซรามิก

เมื่อนำตัวกรองเซรามิกหลังเผาที่ 1,300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง มาวัดค่าความพรุน เปอร์เซ็นต์การหดตัว ความหนาแน่น และขนาดรูพรุนของตัวกรองที่เปอร์เซ็นต์ดินดำต่างๆ ดังแสดงผลการทดลองในรูปที่ 7 พบว่าเมื่อเปอร์เซ็นต์ดินดำในส่วนผสมมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความพรุนและความหนาแน่นมีค่าลดลง ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การหดตัวและขนาดรูพรุนมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากในดินดำมีปริมาณ CaO K_2O Na_2O และ MgO ที่มีปริมาณมากกว่าในองค์ประกอบดินขาว (ตารางที่ 1) ซึ่ง CaO K_2O Na_2O และ MgO ในดินเป็นตัวช่วยในการหลอมเหลว ทำให้เมื่อเผาชิ้นงาน ความหนาแน่นของชิ้นงานมีค่าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดการหดตัวมากขึ้น



(ก)

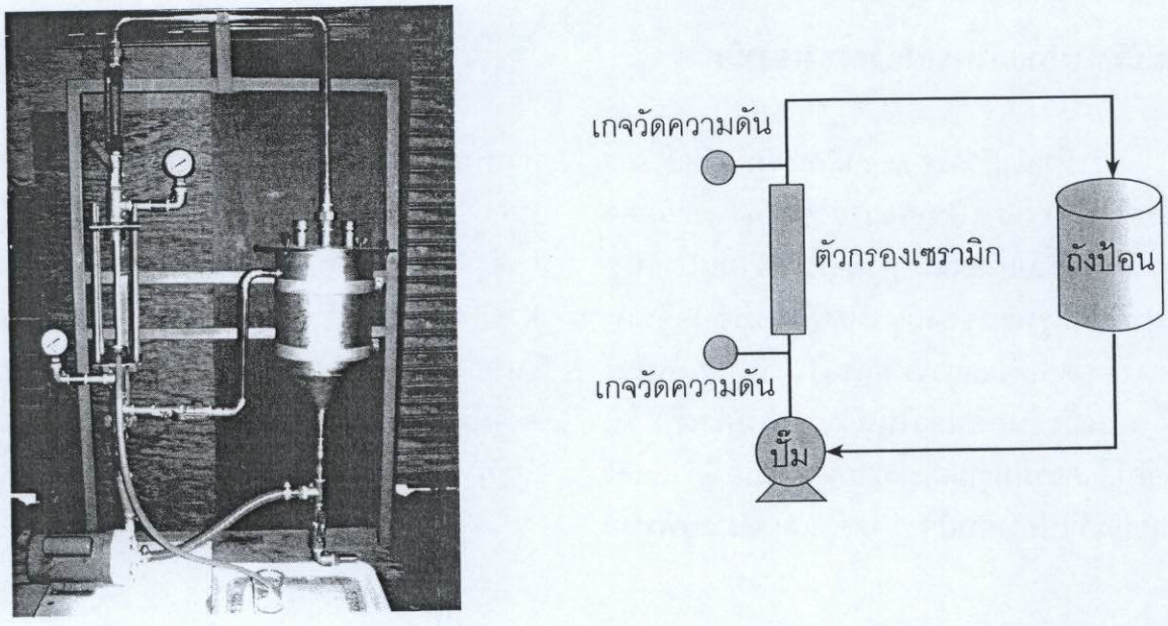


(ข)

รูปที่ 7 เปอร์เซ็นต์การหดตัวและความแข็งแรง (ก) และ ความหนาแน่นของชิ้นงานและความพรุน (ข) ที่เปอร์เซ็นต์ดินดำต่างๆ หลังการเผาชิ้นงานที่ 1,300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

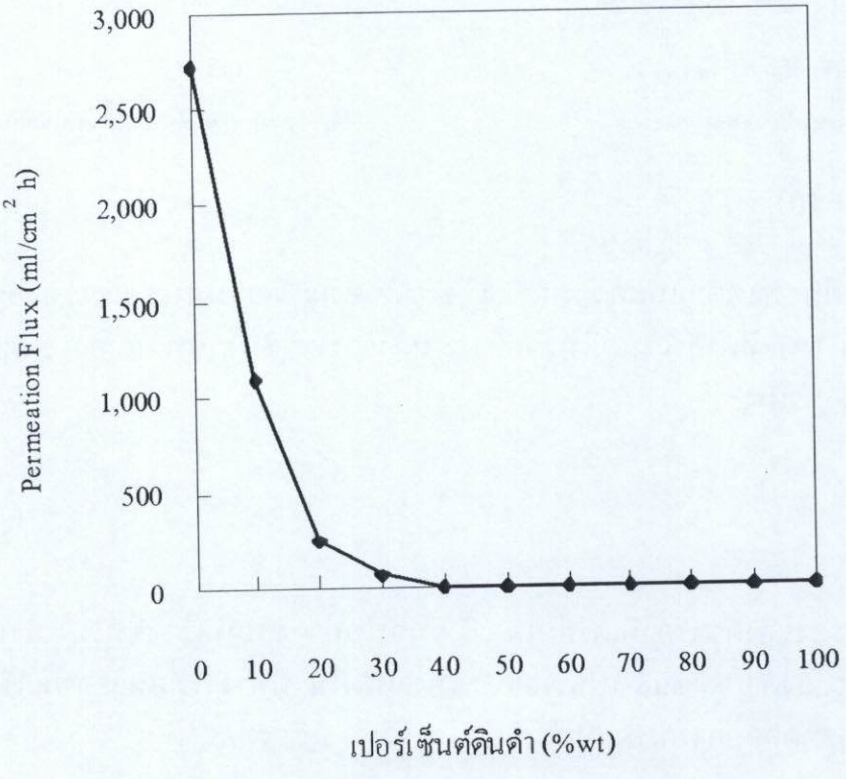
สมบัติการกรอง

สมบัติการกรองของตัวกรองที่เตรียมได้หลังการเผาที่ 1,300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง วัดโดยใช้ชุดทดสอบการกรองแบบไหลขนานอย่างง่ายที่สร้างขึ้นในห้องปฏิบัติการ ดังแสดงในรูปที่ 8 เพื่อหาค่าฟลักซ์น้ำที่อัตราการไหล 5 ลิตรต่อนาที



รูปที่ 8 ชุดทดสอบการกรองแบบไหลขนานอย่างง่าย

ผลการทดลอง พบว่า เมื่อเปอร์เซ็นต์ดินดำมีค่าเพิ่มขึ้น ฟลักซ์ของน้ำมีค่าลดลง และเมื่อเปอร์เซ็นต์ดินดำ มากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของของแข็ง ฟลักซ์ของน้ำมีค่าเท่ากับศูนย์ ในขณะที่เมื่อใช้ตัวกรองที่มีองค์ประกอบของดินขาวอย่างเดียวให้ค่าฟลักซ์มากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากการที่ดินขาวมีเปอร์เซ็นต์สารช่วยในการหลอมเหลวต่ำ (รูปที่ 9)



รูปที่ 9 ฟลักซ์น้ำกับเวลาที่อัตราการไหล 5 ลิตรต่อนาที ที่เปอร์เซ็นต์ดินดำต่าง ๆ

สรุป

ในการวิจัย นี้สามารถเตรียมตัวกรองเซรามิก จากส่วนผสมดินดำและดินขาวจากการอัดรีดได้ ซึ่งพบว่า เมื่อปริมาณดินดำมีค่าเพิ่มขึ้น ความสามารถในการกรองน้ำลดลง ขนาดรูพรุนและการหดตัวมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความพรุนและความหนาแน่นมีค่าลดลง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับแหล่งเงินทุนอุดหนุนวิจัย ประจำปี 2550 ในโครงการวิจัย-เงินงบประมาณ เรื่อง การผลิตเอนไซม์จากเชื้อราไตรโคเดอร์มารีสิอี สำหรับอุตสาหกรรมเอทานอล ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี-ราชมงคลธัญบุรี คลองหก ธัญบุรี ปทุมธานี

เอกสารอ้างอิง

[1] Bouzerara, F. A. Harabi, S. Achour and A. Larbot. Porous ceramic supports for membranes prepared from kaolin and doloma mixtures. *Journal of European Ceramic Society*, Vol. 26 (2006), 1663-1671.

[2] Jonger, A. 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] Belouatek, A. N. Benderdouche, A. Addou, A. Ouagued and N. Bettahar. Preparation of inorganic supports for waste treatment. *Microporous and Mesoporous Materials*, Vol. 85 (2005), 163-168.

[4] Hu, Y. and X. Liu. Chemical composition and surface property of kaolins. *Mineral Engineering*, Vol. 16 (2003), 1279-1284.

[5] Ribeiro, M. J. 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] Das, S. K. 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.