

## การเตรียมตัวกรองเซรามิกจากเถ้าแกลบ

นิตยา วงษ์ภา

### Preparation of Ceramic Filters from Rice Husk Ash

Nittaya Wongpha

ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

Department of Industrial Chemistry, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

Corresponding author. E-mail address: pao\_wongpha@hotmail.com (N. Wongpha)

Received 30 April 2007; accepted 14 March 2008

The results of this paper were presented in part at The Third Naresuan University Research Conference, Phitsanulok, Thailand during 28–29 September 2007

#### บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ทำการเตรียมและศึกษาการขึ้นรูปตัวกรองเซรามิกจากเถ้าแกลบ ซึ่งมีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 10, 13 และ 20 ไมโครเมตร ด้วยวิธีหล่อแบบ แล้วเผาผนึกตัวกรองที่อุณหภูมิ 1250 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ด้วยเตาเผาไฟฟ้า ผลการศึกษาพบว่า อัตราส่วนของเถ้าแกลบต่อพีวีเอที่เหมาะสม คือ 14:1 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) โดยเถ้าแกลบที่ใช้มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 20 ไมโครเมตร และสมบัติตัวกรองเซรามิกหลังเผามีค่าความหนาแน่น  $1.0 \pm 0.03$  กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าความพรุนตัวปรากฏ  $53.8 \pm 0.16$  เปอร์เซ็นต์ ค่าความแข็งแรงต่อการกดอัด  $89.97 \pm 0.49$  กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ช่วงขนาดรูพรุน 0.3–6.3 ไมโครเมตร และมีอัตราการกรอง 90 มิลลิลิตร/ชั่วโมง-ตารางเซนติเมตร

คำสำคัญ: เถ้าแกลบ; ตัวกรองเซรามิก; ค่าความแข็งแรงต่อการกดอัด; การเผาผนึก

#### Abstract

In this research, the preparation and the forming conditions of ceramic filters from rice husk ash (RHA) with 10-, 13- and 20- $\mu$ m average particle sizes were studied. The green filters were formed by slip-casting, and then sintered at 1250 °C for 4 h in normal air atmosphere. It was found that an optimum ratio of the RHA and polyvinyl alcohol (PVA) was 14:1 (by weight) with 20- $\mu$ m average particle size of the RHA. The properties of the final filter were  $1.0 \pm 0.03$  g/cm<sup>3</sup> for bulk density,  $53.8 \pm 0.16\%$  for apparent porosity,  $89.97 \pm 0.49$  kg/cm<sup>2</sup> for compressive strength and 0.3–6.3  $\mu$ m for pore size range. Moreover, this ceramic filter provided a filtration rate at 90 ml/h-cm<sup>2</sup>.

**Keywords:** Rice husk ash; Ceramic filter; Compressive strength; Sintering

#### บทนำ

อาชีพหลักของประชากรในประเทศไทยส่วนใหญ่ คือ การเพาะปลูกข้าว ด้วยเหตุนี้หลังฤดูการเก็บเกี่ยวข้าว จะมีแกลบที่ได้จากการสีข้าวมากถึง 5,400,000 ตันต่อปี โดยแกลบส่วนมากจะนิยมนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานในการหุงต้มอาหาร เผาถ่าน โรงผลิตกระแสไฟฟ้า และโรงเผาอิฐ เป็นต้น สิ่งที่เหลือจากการเผาไหม้แกลบ คือ เถ้าแกลบ ซึ่งมีปริมาณมากถึง 972,000 ตันต่อปี (Bronzeoak Limited Distribution, 2003)

เถ้าแกลบมีซิลิกอนไดออกไซด์ (silicon dioxide; SiO<sub>2</sub>) เป็นองค์ประกอบมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเถ้า และมีออกไซด์อื่นๆ ปนผสมอยู่ในปริมาณที่แตกต่างกันของแต่ละพื้นที่ (Bronzeoak Limited Distribution, 2003; Jenkins et al., 1996; Lin et al., 1998) ซิลิกอนไดออกไซด์ที่ได้จากเถ้าแกลบซึ่งเผาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 800 องศาเซลเซียส ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของซิลิกาที่เป็นอสัณฐาน (amorphous silica) มีโครงสร้างคล้ายซิลิกาเจล (silica gel) ลักษณะเป็นเม็ดเล็ก ใส สามารถดูดความชื้นได้ นอกจากนี้ยังมีพื้นที่ผิวและความพรุนตัวสูง (Della et al., 2002)

เนื่องจากเถ้าแกลบมีซิลิกอนไดออกไซด์เป็นองค์ประกอบหลัก ขนาดอนุภาคเล็ก และราคาถูก จึงมีการศึกษาค้นคว้าด้านการนำไปใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจ เช่น ใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องปั้นดินเผา และเครื่องสุขภัณฑ์ เพื่อลดอุณหภูมิเผาผนึก (sintering temperature) ของผลิตภัณฑ์ให้ต่ำลงจากเดิม ซึ่งเป็นการช่วยประหยัดค่าเชื้อเพลิงในการผลิตได้อีกทางหนึ่ง หรือนำมาใช้เป็นองค์ประกอบในยาสีฟัน เครื่องสำอาง สีทาบ้าน (Ozel et al., 2002; Prasad et al., 2001; Prasad et al., 2003)

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเตรียมตัวกรองเซรามิกจากเถ้าแกลบโดยใช้โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (polyvinyl alcohol; PVA; พีวีเอ) เป็นตัวเติม และศึกษาสมบัติต่างๆ ของตัวกรองหลังเผา

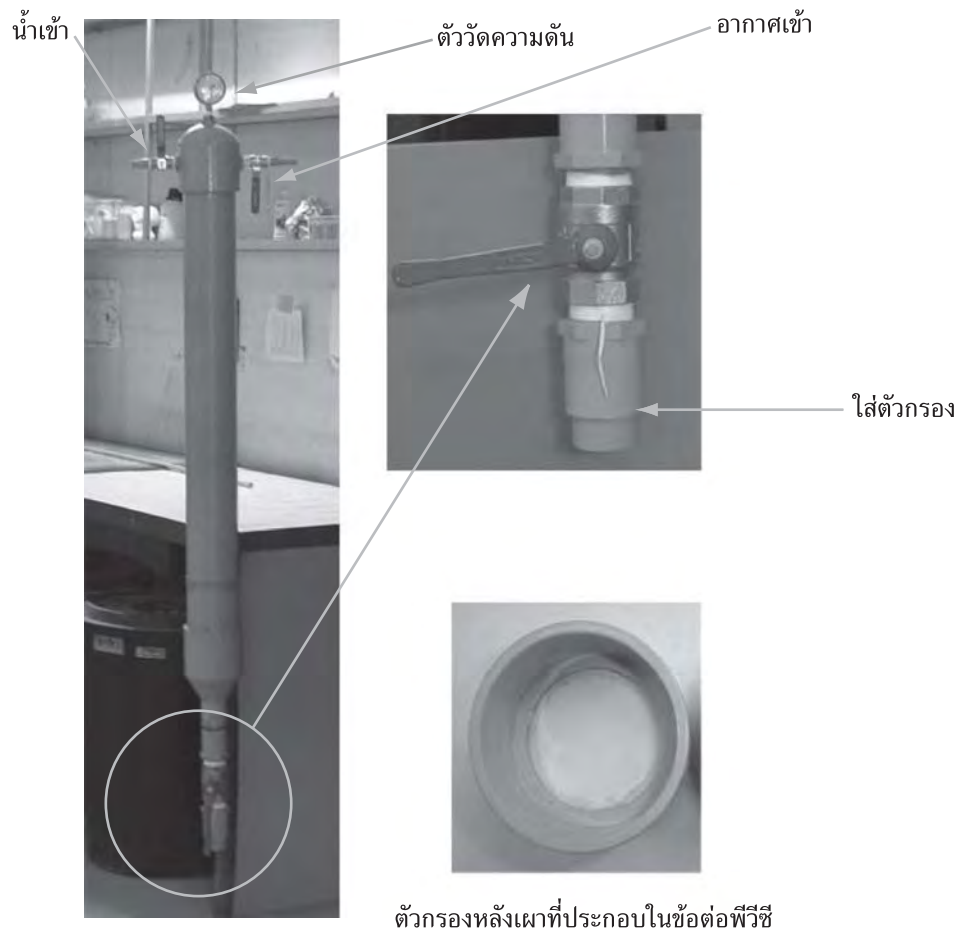
## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบเริ่มต้นที่ใช้ในการศึกษา คือ เถ้าแกลบ ที่นำมาจากโรงเผาอิฐแห่งหนึ่ง ในจังหวัดเชียงใหม่ เตรียมเถ้าแกลบโดยการนำไปบดด้วยเครื่องบดเป็นเวลา 5, 30 และ 60 นาที หลังจากนั้น นำเถ้าแกลบที่เตรียมได้มาวัดขนาดและการกระจายขนาดอนุภาคด้วยเครื่อง particle size analyzer (ซึ่งใช้การวัดแบบ D [4,3]) รุ่น Mastersizer บริษัท Malvern พบว่า เถ้าแกลบมีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 10, 13 และ 20 ไมโครเมตร นำเถ้าแกลบทั้ง 3 ขนาดมาเตรียมเป็นน้ำสลิป (slip) โดยเติมเถ้าแกลบลงในพีวีเอ เกรดทางการค้าของบริษัท Shinetsu Chemical ซึ่งเตรียมให้อยู่ในรูปสารละลายมีความเข้มข้น 3%, 4%, 5% และ 6% การเตรียมน้ำสลิปจะใช้อัตราส่วนเถ้าแกลบต่อพีวีเอ (น้ำหนัก/น้ำหนัก) ดังแสดงในตารางที่ 1 หลังจากนั้นนำน้ำสลิปที่เตรียมได้มาวัดความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืด Brookfield viscometer รุ่น DV-III+

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของเถ้าแกลบต่อพีวีเอ (น้ำหนัก/น้ำหนัก)

| Mix symbol | ปริมาณเถ้าแกลบ (กรัม) |                       |                       | พีวีเอ (กรัม) |
|------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------|
|            | ขนาด 10 $\mu\text{m}$ | ขนาด 13 $\mu\text{m}$ | ขนาด 20 $\mu\text{m}$ |               |
| RP-1       | 24                    | -                     | -                     | 1             |
| RP-2       | 18                    | -                     | -                     | 1             |
| RP-3       | 14                    | -                     | -                     | 1             |
| RP-4       | 12                    | -                     | -                     | 1             |
| RP-5       | -                     | 24                    | -                     | 1             |
| RP-6       | -                     | 18                    | -                     | 1             |
| RP-7       | -                     | 14                    | -                     | 1             |
| RP-8       | -                     | 12                    | -                     | 1             |
| RP-9       | -                     | -                     | 24                    | 1             |
| RP-10      | -                     | -                     | 18                    | 1             |
| RP-11      | -                     | -                     | 14                    | 1             |
| RP-12      | -                     | -                     | 12                    | 1             |

จากนั้นทำการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยการหล่อแบบเป็นแผ่นกลม (disk) ทำแห้งชิ้นงานโดยตากแห้งในอากาศ 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำชิ้นงานไปตากแห้งให้มีความหนา 0.5 เซนติเมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร แล้วนำชิ้นงานไปเผาที่อุณหภูมิ 1250 องศาเซลเซียส ในเตาไฟฟ้า Furnace temperatur 1500 บริษัท Leton Thermal Designs ในสภาวะที่มีอากาศ นำชิ้นงานที่ผ่านการเผาแล้วประกอบลงในข้อต่อท่อพีวีซี แสดงดังรูปที่ 1 หลังประกอบเสร็จตัวกรองจะมีพื้นที่ผิวสำหรับการใช้ในการกรองน้ำ 4.52 ตารางเซนติเมตร หลังจากนั้นนำตัวกรองไปประกอบกับอุปกรณ์กรองน้ำแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตัวกรองและอุปกรณ์ที่ใช้ในการกรองน้ำ

ค่าความหนาแน่น (bulk density) และค่าความพรุนตัวปรากฏ (apparent porosity) จะถูกอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM-C373-88 การวัดอัตราการไหลของน้ำจะใช้กระบวนการกรองน้ำในระบบปิด กำหนดให้ความดันคงที่ 3 บาร์ ใช้น้ำปะปาซึ่งมีความขุ่นไม่เกิน 5 BTU กรองผ่านตัวกรอง ภายในระยะเวลา 1 ชั่วโมง (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1420-2540, 2540) สำหรับค่าความแข็งแรงต่อการกดอัด (compressive strength) วัดโดยการขึ้นรูปชิ้นงานเป็นลูกบาศก์ขนาด 15x15 มิลลิเมตร ใช้หัวกด digital tritest ให้แรงกด (load) 100 กิโลกรัม อัตราการกด 1.200 มิลลิเมตรต่อวินาที (บริษัท ELE International) ส่วนช่วงขนาดรูพรุนจะศึกษาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope; SEM) รุ่น JSM-5910LV (บริษัท JEOL) โดยขนาดของรูพรุนจะหาจากวิธี point count (ASTM E 562-01) วิธีนี้จะคำนวณหา % volume fraction จากภาพที่ถ่ายจากเครื่อง SEM หลังจากนั้นนำค่า % volume fraction มาคำนวณหาพื้นที่ของรูพรุน นำพื้นที่ที่คำนวณได้ไปหาขนาดของรูพรุน โดยเทียบกับพื้นที่ของวงกลม

#### ผลการศึกษา

ผลการวัดพฤติกรรมการไหลตัวของน้ำสลิปและค่าความสามารถในการกระจายตัวของอนุภาคในน้ำสลิป (condition of fit) ที่เตรียมได้ในสภาวะต่างๆ แสดงดังตารางที่ 2 ตารางที่ 3 ตารางที่ 4 รูปที่ 2 รูปที่ 3 และ รูปที่ 4

ตารางที่ 2 ค่า Plastic viscosity, yield stress และ confidence of fit ของน้ำสลิป RP-1, RP-2, RP-3 และ RP-4

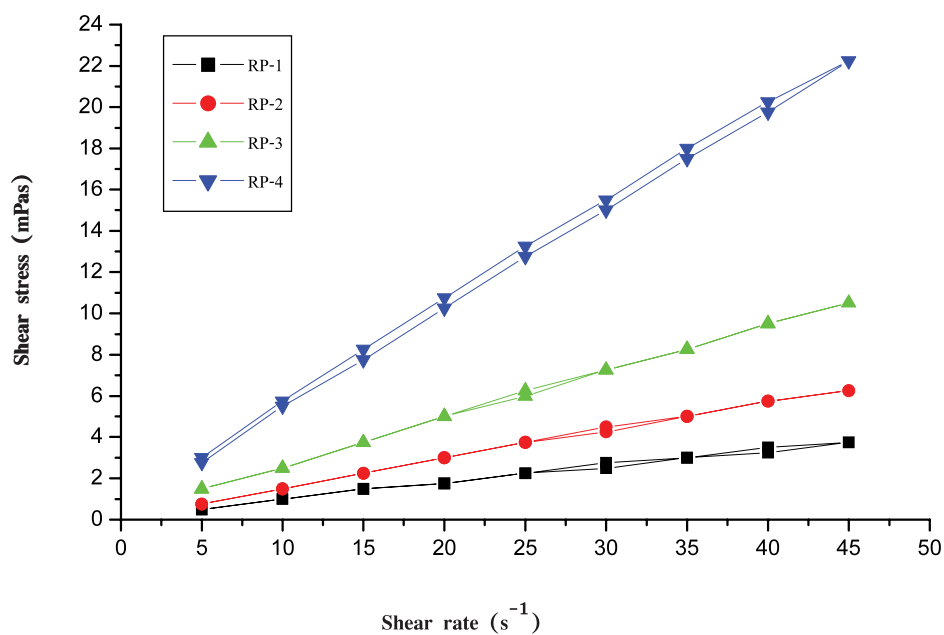
| Mix symbol | Plastic viscosity<br>(mPas) | Yield stress<br>(N/m <sup>2</sup> ) | Confidence of fit<br>(%) |
|------------|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| RP-1       | 80.0                        | 0.16                                | 95.4                     |
| RP-2       | 138.8                       | 0.19                                | 96.8                     |
| RP-3       | 227.5                       | 0.35                                | 98.5                     |
| RP-4       | 428.9                       | 0.73                                | 90.3                     |

ตารางที่ 3 ค่า Plastic viscosity, yield stress และ confidence of fit ของน้ำสลิป RP-5, RP-6, RP-7 และ RP-8

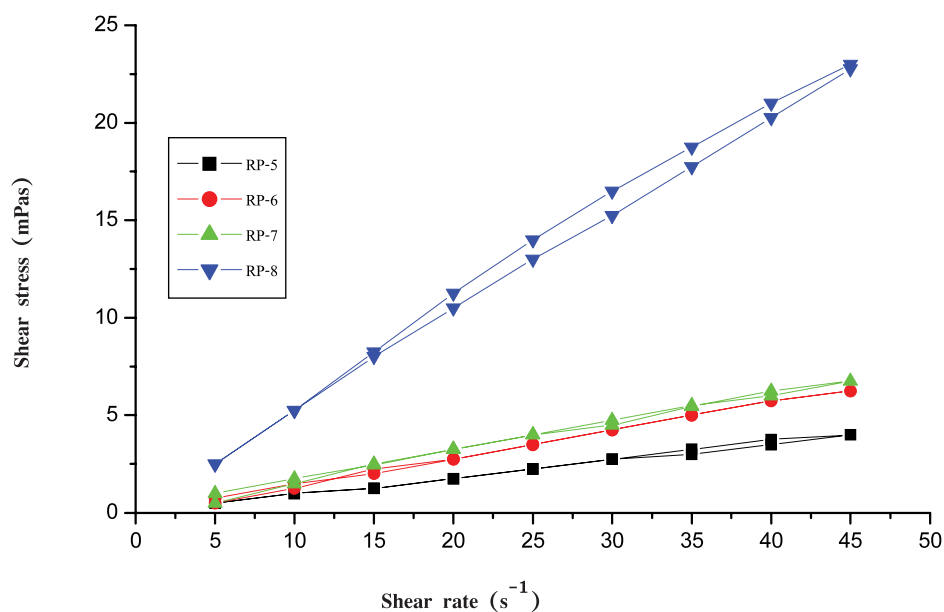
| Mix symbol | Plastic viscosity<br>(mPas) | Yield stress<br>(N/m <sup>2</sup> ) | Confidence of fit<br>(%) |
|------------|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| RP-5       | 88.7                        | 0.03                                | 95.1                     |
| RP-6       | 142.9                       | 0.06                                | 95.8                     |
| RP-7       | 232.1                       | 0.20                                | 97.1                     |
| RP-8       | 509.6                       | 0.36                                | 91.7                     |

ตารางที่ 4 ค่า Plastic viscosity, yield stress และ confidence of fit ของน้ำสลิป RP-9, RP-10, RP-11 และ RP-12

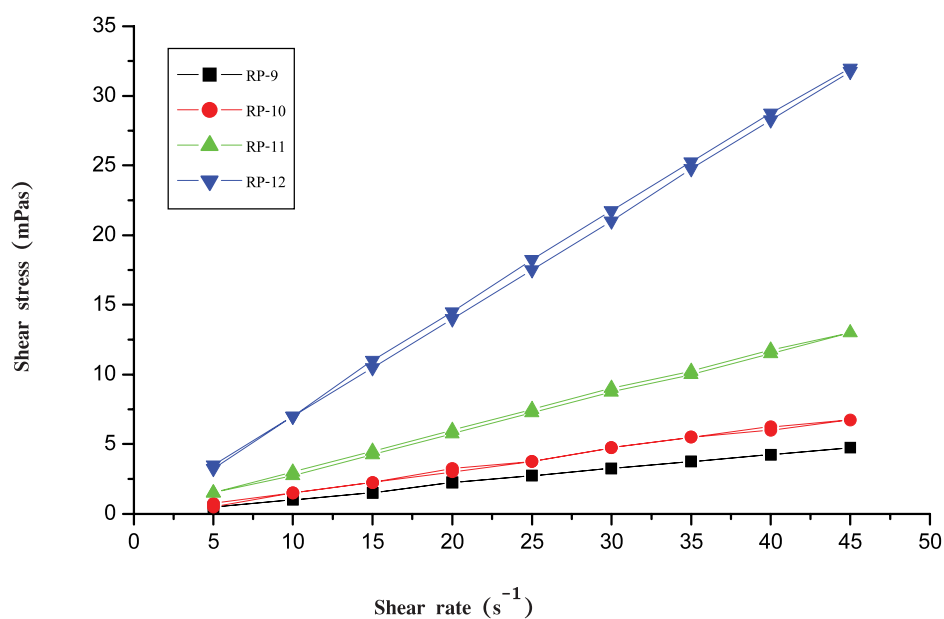
| Mix symbol | Plastic viscosity<br>(mPas) | Yield stress<br>(N/m <sup>2</sup> ) | Confidence of fit<br>(%) |
|------------|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| RP-9       | 107.5                       | -0.06                               | 94.0                     |
| RP-10      | 155.0                       | -0.02                               | 95.4                     |
| RP-11      | 289.2                       | 0.06                                | 98.2                     |
| RP-12      | 713.7                       | 0.07                                | 92.0                     |



รูปที่ 2 การไหลตัวของน้ำสลิป RP-1, RP-2, RP-3 และ RP-4



รูปที่ 3 การไหลตัวของน้ำสลิป RP-5, RP-6, RP-7 และ RP-8



รูปที่ 4 การไหลตัวของน้ำสลิป RP-9, RP-10, RP-11 และ RP-12

จากตารางที่ 2, 3 และ 4 พบว่า น้ำสลิปมีความหนืดเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของพีวีเอ และเมื่อเปรียบเทียบความหนืดของน้ำสลิปที่เตรียมจากพีวีเอที่มีความเข้มข้นเดียวกันโดยใช้อนุภาคขนาดต่างกัน พบว่า น้ำสลิปที่เตรียมจากแก้วเกลบที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 10 ไมโครเมตร จะมีความหนืดต่ำกว่าแก้วเกลบที่มีขนาดเฉลี่ย 13 ไมโครเมตร และ 20 ไมโครเมตร เมื่อพิจารณาการกระจายอนุภาคของแก้วเกลบในน้ำสลิป พบว่า น้ำสลิปมีการกระจายอนุภาคดีขึ้นตามความเข้มข้นของพีวีเอ ซึ่งสังเกตได้จากค่า condition of fit ของน้ำสลิป ยกเว้นน้ำสลิปที่เตรียมจากพีวีเอที่มีความเข้มข้น 6% (RP-4, RP-8 และ RP-12) จะมีค่า condition of fit ลดลง เนื่องจากน้ำสลิปมีความหนืดเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลา (thixotropy)

สำหรับค่า yield stress ของน้ำสลิปที่เตรียมจากเถ้าแกลบที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 10 ไมโครเมตร จะมีค่าสูงกว่าน้ำสลิปที่เตรียมจากเถ้าแกลบที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 13 ไมโครเมตร และ 20 ไมโครเมตร ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากอนุภาคขนาดเล็กมีแรงดึงดูดระหว่างอนุภาคมากกว่า ดังนั้น การให้แรงเพื่อทำลายแรงดึงดูดที่จะทำให้อนุภาคสามารถเคลื่อนที่ได้จึงใช้มากกว่า นอกจากนี้อนุภาคขนาดเล็กยังมีพื้นที่ผิวมาก เมื่อให้แรงกระทำกับน้ำสลิปอนุภาคภายในน้ำสลิปจะเกิดแรงต้านขึ้น ถ้าอนุภาคยังมีขนาดเล็ก พื้นที่ผิวมาก จะเกิดแรงต้านการเคลื่อนที่มาก

จากรูปที่ 2, 3 และ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง shear stress และ shear rate ของน้ำสลิปที่เตรียมจากพีวีเอซึ่งมีความเข้มข้นต่างกัน พบว่า เมื่อพีวีเอมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นน้ำสลิปจะมีความหนืดเพิ่มขึ้น เหตุผลเนื่องจากโมเลกุลของพีวีเอที่เหลือจากการเข้าไปดูดซับที่ผิวของอนุภาคเถ้าแกลบมีมาก ทำให้น้ำสลิปมีความหนืดเพิ่มขึ้น ดังนั้น แรงที่เข้าไปต่อหน่วยพื้นที่เพื่อทำให้เกิดการเฉือน (shear stress) แล้วทำให้อนุภาคหรือโมเลกุลเกิดการเคลื่อนที่ จะมีค่ามากตามความหนืดของน้ำสลิป และน้ำสลิปซึ่งเตรียมจากพีวีเอที่มีความเข้มข้น 6% (RP-4, RP-8 และ RP-12) มีแนวโน้มที่จะเกิดความหนืดเพิ่มขึ้น เมื่อตั้งน้ำสลิปไว้ในระยะเวลาานาน ซึ่งมีสาเหตุมาจากโมเลกุลของพีวีเอที่เหลือจำนวนมากเกิดการพันเกี่ยวระหว่างโมเลกุล ส่งผลให้เกิดการตกจมของอนุภาค โดยความหนืดจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ตั้งน้ำสลิปไว้

เมื่อนำตัวกรอง (RP-3, RP-7 และ RP-11) ที่เตรียมได้มาเผาด้วยอุณหภูมิ 1250 °C พบว่า มีสมบัติต่างๆ ดังตารางที่ 5

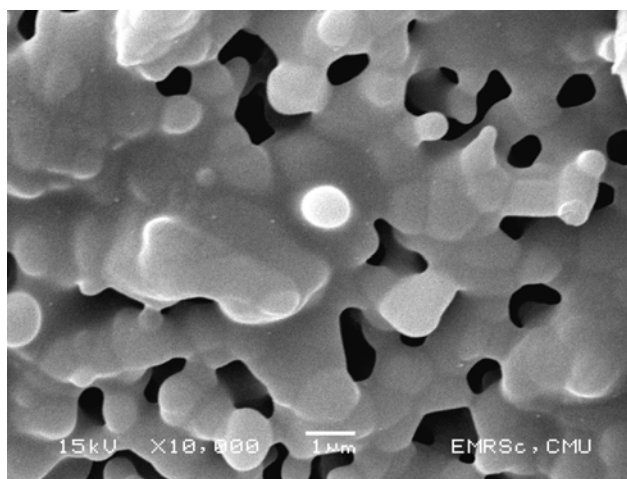
ตารางที่ 5 สมบัติต่างๆ ของตัวกรองหลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1250 °C

| สมบัติของตัวกรอง                                | RP-3           | RP-7           | RP-11        | มอก.1420-2540<br>ของไส้กรองน้ำเซรามิก |
|-------------------------------------------------|----------------|----------------|--------------|---------------------------------------|
| ความหนาแน่น (g/cm <sup>3</sup> )                | 1.1 ± 0.011    | 1.0 ± 0.006    | 1.0 ± 0.035  | -                                     |
| ค่าความพรุนตัวปรากฏ (%)                         | 49.4 ± 0.403   | 53.4 ± 0.243   | 53.8 ± 0.162 | -                                     |
| ค่าความแข็งแรงต่อการกดอัด (kg/cm <sup>2</sup> ) | 133.06 ± 0.420 | 121.98 ± 0.312 | 89.97 ± 0.49 | -                                     |
| ช่วงขนาดรูพรุน (ไมโครเมตร)                      | 0.2-4.3        | 0.3-5.8        | 0.3-6.3      | เล็กกว่า 0.3                          |
| อัตราการกรอง (ml/h-cm <sup>2</sup> )            | 75             | 85             | 90           | 250                                   |

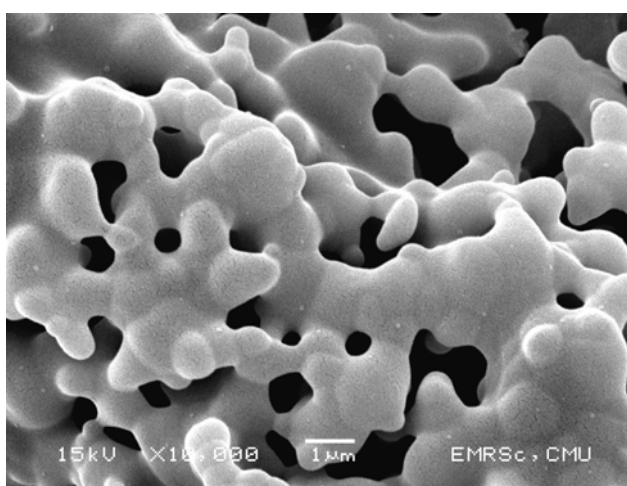
จากตารางที่ 5 พบว่า ตัวกรองที่เตรียมจากอนุภาคของเถ้าแกลบที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 10 ไมโครเมตร (RP-3) จะมีความหนาแน่นและค่าความแข็งแรงต่อการกดอัดสูงกว่าตัวกรองที่เตรียมจากเถ้าแกลบที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 13 ไมโครเมตร (RP-7) และ 20 ไมโครเมตร (RP-11) แต่มีค่าความพรุนตัวปรากฏต่ำกว่า และช่วงขนาดรูพรุนของตัวกรองที่เตรียมจากเถ้าแกลบที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 10 ไมโครเมตร จะมีค่าอยู่ในช่วง 0.2-4.3 ไมโครเมตร (รูปที่ 5) ซึ่งรูพรุนมีขนาดเล็กกว่าตัวกรองที่เตรียมเถ้าแกลบที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 13 ไมโครเมตร ซึ่งมีค่า 0.3-0.58 ไมโครเมตร (รูปที่ 6) และ 20 ไมโครเมตร ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.3-6.3 ไมโครเมตร (รูปที่ 7) สำหรับอัตราการไหลของน้ำผ่านตัวกรอง พบว่า ตัวกรองที่เตรียมจากเถ้าแกลบที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 10 ไมโครเมตร มีอัตราการกรองเท่ากับ 75 ml/cm<sup>2</sup> ซึ่งมิต้านน้อยกว่าตัวกรองที่เตรียมจากเถ้าแกลบที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 13 ไมโครเมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ 85 ml/cm<sup>2</sup> และ 20 ไมโครเมตร มีค่าเท่ากับ 90 ml/cm<sup>2</sup> เมื่อใช้เวลากรองน้ำ 1 ชั่วโมง

## อภิปรายและสรุปผลการศึกษา

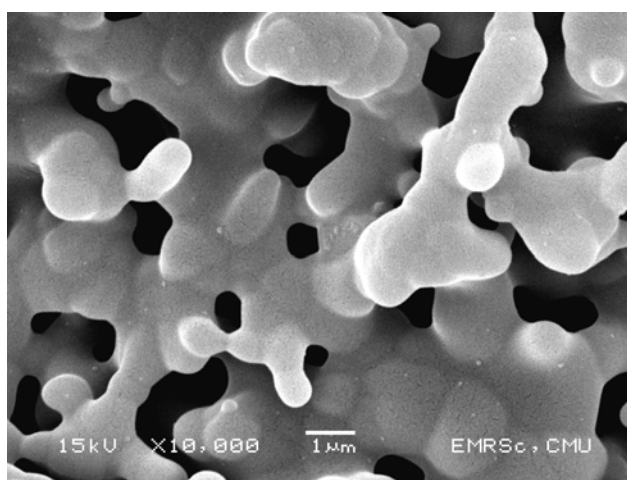
การกระจายอนุภาคในน้ำสลิปมีผลต่อการจัดเรียงอนุภาคภายในตัวกรองเซรามิก จากผลการทดลอง พบว่า น้ำสลิปที่เตรียมโดยใช้พีวีเอ 5% (RP-11) มีการกระจายอนุภาคของเถ้าแกลบที่ดีที่สุด ทำใหตัวกรองที่ได้มีการจัดเรียงอนุภาคภายในชั้นงานเป็นระเบียบ และสม่ำเสมอ (รูปที่ 8) แต่น้ำสลิปที่เตรียมจากพีวีเอ 6% (RP-12) เกิดการเกาะกลุ่มกันตกจมลง และเกิด thixotropy ส่งผลให้การจัดเรียงอนุภาคภายในชั้นงานเกิดอย่างไม่เป็นระเบียบ (รูปที่ 9)



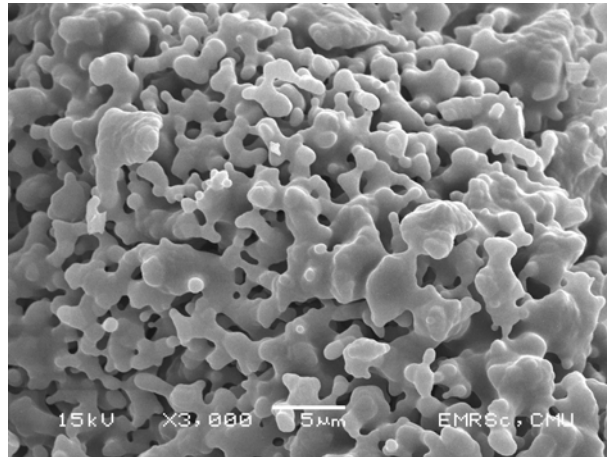
รูปที่ 5 SEM ของตัวกรองหลังเผา RP-3 ซึ่งมีช่วงขนาดรูพรุน 0.2-4.3 ไมโครเมตร (กำลังขยาย 10000x)



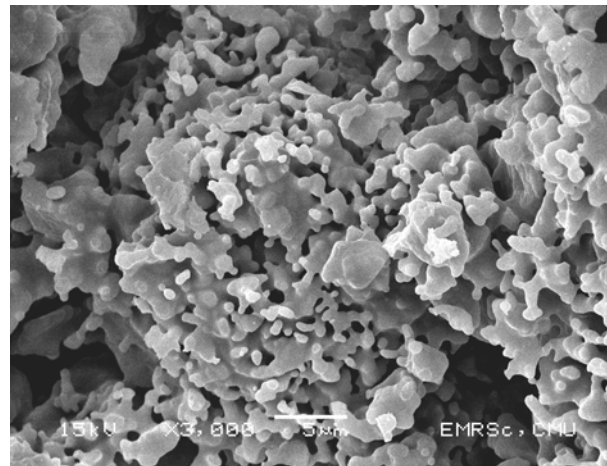
รูปที่ 6 SEM ของตัวกรองหลังเผา RP-7 ซึ่งมีช่วงขนาดรูพรุน 0.3-5.8 ไมโครเมตร (กำลังขยาย 10000x)



รูปที่ 7 SEM ของตัวกรองหลังเผา RP-11 ซึ่งมีช่วงขนาดรูพรุน 0.3-6.3 ไมโครเมตร (กำลังขยาย 10000x)



รูปที่ 8 SEM ของตัวกรองหลังเผาซึ่งเตรียมจากน้ำสลิป RP-11 (กำลังขยาย 3000x)



รูปที่ 9 SEM ของตัวกรองหลังเผาซึ่งเตรียมจากน้ำสลิป RP-12 (กำลังขยาย 3000x)

เมื่อพิจารณาสมบัติต่างๆ ของตัวกรองหลังเผาที่อุณหภูมิ 1250 °C (ตารางที่ 5) พบว่า ตัวกรองที่เตรียมจากเถ้าแกลบที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 10 ไมโครเมตร (RP-3) จะมีความหนาแน่น และค่าความแข็งแรงต่อการกดอัดสูงกว่าตัวกรองที่เตรียมเถ้าแกลบที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 13 ไมโครเมตร (RP-7) และ 20 ไมโครเมตร (RP-11) ทั้งนี้มีผลเนื่องมาจากอนุภาคขนาดเล็กมีการจัดเรียงอนุภาคได้ชิดกัน มีพื้นที่ผิวมาก ช่องว่างระหว่างอนุภาคมีขนาดเล็ก และผิวสัมผัสระหว่างอนุภาคมีมากกว่าอนุภาคขนาดใหญ่ การมีพื้นที่ผิวมากจะทำให้สามารถรับพลังงานความร้อนขณะเผาได้มาก โมเลกุลที่ผิวนอกของแต่ละอนุภาคสามารถเคลื่อนที่และแพร่ไปสร้างพันธะกับโมเลกุลของอนุภาคอื่นได้ง่าย ซึ่งรูพรุนระหว่างอนุภาคจะถูกปิด ทำให้ตัวกรองมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นและอนุภาคมีผิวสัมผัสระหว่างกันมาก การเกิดพันธะระหว่างการเผานี้จะมีมากตามไปด้วย ดังนั้น เมื่อเผาตัวกรองที่เตรียมจากอนุภาคทั้ง 3 ขนาด ตัวกรองที่เตรียมจากเถ้าแกลบที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 10 ไมโครเมตร จะเกิดการเผานี้ได้ดีกว่าตัวกรองที่เตรียมจากเถ้าแกลบที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 13 ไมโครเมตร และ 20 ไมโครเมตร ส่งผลให้มีค่าความหนาแน่นและค่าความแข็งแรงต่อการกดอัดมากกว่า

ช่วงขนาดรูพรุนของตัวกรองที่เตรียมเถ้าแกลบที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 10 ไมโครเมตร จะมีช่วงขนาดรูพรุนเล็กกว่าตัวกรองที่เตรียมจากเถ้าแกลบที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 13 ไมโครเมตร และ 20 ไมโครเมตร ซึ่งมีสาเหตุมาจากช่องว่างที่เกิดจากการจัดเรียงตัวของเถ้าแกลบที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 10 ไมโครเมตร มีขนาดเล็กกว่าช่องว่างที่เกิดจากการจัดเรียงตัวของเถ้าแกลบที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 13 ไมโครเมตร และ 20 ไมโครเมตร แต่สำหรับค่าความพรุน

ตัวปรากฏจะต่ำกว่าตัวกรองที่เตรียมจากเถ้าแกลบที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 13 ไมโครเมตร และ 20 ไมโครเมตร เนื่องจากตัวกรองที่เตรียมจากเถ้าแกลบที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 20 ไมโครเมตร เมื่อได้รับความร้อน โมเลกุลเกิดการแพร่ไปสร้างพันธะระหว่างอนุภาคได้น้อย ดังนั้น ภายในตัวกรองจึงมีรูพรุนมากเมื่อเทียบกับตัวกรองที่เตรียมจากอนุภาคขนาดเล็ก

สภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปตัวกรองเซรามิก คือ การใช้อัตราส่วนเถ้าแกลบต่อพีวีเอ 14:1 (น้ำสลিপที่เตรียมจากพีวีเอที่มีความเข้มข้น 5%) ซึ่งสมบัติของตัวกรองเซรามิกหลังเผาที่เตรียมจากเถ้าแกลบที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 13 และ 20 ไมโครเมตร จะมีค่าความพรุนตัวปรากฏ ช่วงขนาดรูพรุน และอัตราการกรอง ดีกว่าตัวกรองที่เตรียมจากเถ้าแกลบที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 10 ไมโครเมตร แต่ตัวกรองเซรามิกหลังเผาที่เตรียมจากเถ้าแกลบที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 13 และ 20 ไมโครเมตร จะมีค่าความหนาแน่น และค่าความแข็งแรงต่อการกดอัดต่ำกว่าตัวกรองที่เตรียมจากเถ้าแกลบที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 10 ไมโครเมตร

### เอกสารอ้างอิง

- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.1420-2540. (2540). *ไส้กรองน้ำเซรามิก*. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม: กระทรวงอุตสาหกรรม.
- Bronzeoak Limited Distribution. (2003). *Rice husk ash market study*. United Kingdom: Limited Distribution -UK companies.
- Della, V. P., Kuhn, I., & Htza, D. (2002). Rice husk ash as an alternate source for active silica production. *Materials Letters*, 57, 818-821.
- Jenkins, B. M., Bakker, R. R., & Wei, J. B. (1996). On the properties of washed straw. *Biomass and Bioenergy*, 10, 177-220.
- Lin, K. S., Wang, H. P., Lin, C. J., & Juch, C. I. (1998). A process development for gasification of rice husk. *Fuel Processing Technology*, 55, 185-192.
- Ozel, E., Kurama, S., & Ay, N. (2002). Effect of active silica on slip properties and microstructure of sanitary ware. *American Ceramic Society Bulletin*, 8, 42-45.
- Prasad, C. S., Maiti, K. N., & Venugopal, R. (2001). Effect of rice husk ash in whiteware compositions. *Ceramic International*, 27, 629-635.
- Prasad, C. S., Maiti, K. N., & Venugopal, R. (2003). Effect of substitution of quartz by rice husk ash and silica fume on the properties of whiteware compositions. *Ceramic International*, 29, 907-914.