

การพัฒนากระเบื้องเซรามิกผสมหินฮอร์นเฟลด์กับหินเพอร์ไลต์
Development of Ceramic Tile Containing Hornfels and Perlite

อารักษ์ พูลศักดิ์¹ และ ดานุนพล ตันนโยภาส^{2*}
Arrak Poolsak¹ and Danupon Tonnayopas^{2*}

บทคัดย่อ

ศึกษาหินฮอร์นเฟลด์ผสมเพอร์ไลต์เพื่อผลิตเป็นกระเบื้องเซรามิก โดยแทนที่เพอร์ไลต์ในอัตราส่วนร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 กระเบื้องดิบเผาที่อุณหภูมิตั้งแต่ 1,050 ถึง 1,100°C. เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ทดสอบสมบัติของกระเบื้อง ได้แก่ ความโค้งงอและการบิดเบี้ยว การเปลี่ยนแปลงขนาดเชิงปริมาตรหลังเผา น้ำหนักสูญหายหลังเผา ความหนาแน่นรวม การดูดซึมน้ำ ความแข็งกระดอน การต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ กำลังคืบและการนำความร้อน ส่วนผสมที่เหมาะสมพบว่าอัตราส่วนผงเพอร์ไลต์ร้อยละ 20 เผาที่อุณหภูมิ 1,100 °C. ส่วนโครงสร้างจุลภาคของตัวอย่างกระเบื้องวิเคราะห์ด้วยการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ และถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ผลทดสอบพบว่าตัวอย่างกระเบื้องเซรามิกผสมฮอร์นเฟลด์ร้อยละ 10-20 ที่อุณหภูมิ 1,100 °C. เหมาะสมสำหรับเป็นกระเบื้องปูพื้นในเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 37-2529

คำสำคัญ : กระเบื้องเซรามิก, ฮอร์นเฟลด์, เพอร์ไลต์, กำลังคืบ

Abstract

Ceramic hornfels tiles mixed perlite for agriculture (PA) was investigated. It was replaced partly in proportion of 0, 10, 20 and 30% PA. Green tile specimens were sintered from 1,050 to 1,100°C for each 12 hours. The tests carried out on squareness and distortion, volumetric changes, bulk density, weight loss, water absorption, rebound hardness, electrical resistivity, flexural strength and thermal conductivity. Optimum formulated specimens were found to be where proportion of 20%PA and firing temperature of 1,100°C. Microstructure of specimens are explained on the basis of X-ray diffraction (XRD), and scanning electron microscopy (SEM) analysis. The results showed that 10-20%PA of 1,100°C ceramic tile specimens are suitable for the floor tile in threshold of TIS 37-2529.

Keywords: Ceramic Tile, Hornfels, Perlite, Flexural Strength

¹ นักศึกษาปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ 90112

² รองศาสตราจารย์ ดร. ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ 90112

* Corresponding author: โทรศัพท์/โทรสาร 074 558 834 ต่อ 7318, E-mail: danupon.t@psu.ac.th

บทนำ

ประเทศไทยมีทรัพยากรธรณีอุดมสมบูรณ์ เช่น ทรัพยากรหินก่อสร้าง ทรัพยากรแร่อุตสาหกรรมโลหะ และอโลหะ ซึ่งหินบางชนิดยังไม่ได้นำมาผลิตเป็นวัสดุเซรามิก ดังนั้นในโครงการงานวิจัยการศึกษาวัสดุหินที่มีศักยภาพในการนำมาใช้ทดแทนวัสดุเซรามิกซึ่งได้ดำเนินการมาเป็นเวลานานนับทศวรรษ หน่วยวิจัยธรณีเทคนิคและวัสดุก่อสร้างนวัตกรรม ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ จึงได้ค้นคว้าใช้หินชนิดต่างๆ อาทิเช่น หินแกรนิต [1] หินชนวน [2] หินบะซอลต์ [3] และหินพัมมิช [4] เป็นต้น มาเป็นวัตถุดิบเซรามิก หลักในการผลิตกระเบื้องก่อสร้างเนื่องจากในพื้นที่ของอำเภอหาดใหญ่มีแหล่งหินฮอร์นเฟลส์ (hornfels) บริเวณบ้านเกาะหมี่ส่วนใหญ่ นำไปใช้ถมที่ จึงมีความคิดที่จะนำเศษหินและหินฝุ่นฮอร์นเฟลส์มาเป็นวัสดุเซรามิกผลิตเป็นกระเบื้อง อันเป็นการเพิ่มคุณค่าให้กับทรัพยากรในท้องถิ่น และใช้ทรัพยากรหินนั้นอย่างมีประสิทธิภาพ และเพื่อลดการหลุดร่วงของกระเบื้องจึงได้มีความคิดผสมหินเพอร์ไลต์ (perlite) ลงไป เนื่องจากหินเพอร์ไลต์เมื่อได้รับความร้อน เนื้อหินจะเกิดการพองขยายตัวคล้ายข้าวโพดคั่ว น้ำหนักเบา ทนไฟ ทนความร้อน จึงมีผลทำให้กระเบื้องมีน้ำหนักเบา ทนต่อการสึกกร่อน ทนต่อความร้อน ระบายอากาศได้ดี ช่วยกระตุ้นให้ผู้ประกอบการหันมาใช้วัตถุดิบธรรมชาติมาช่วยเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ของกระเบื้องให้ดีขึ้น เป็นที่

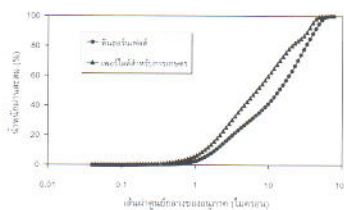
ยอมรับของตลาดเพิ่มขึ้นและยังช่วยกระตุ้นให้เศรษฐกิจภายในประเทศดีขึ้นด้วย เพราะได้ผลิตภัณฑ์กระเบื้องเซรามิกที่ราคาไม่สูงเมื่อเทียบกับคุณภาพ อันเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศออกมาให้เหมาะกับภาวะโลกร้อนในปัจจุบันและการใช้งานประหยัดพลังงานตามนโยบายของประเทศ

วิธีการ วัสดุและอุปกรณ์

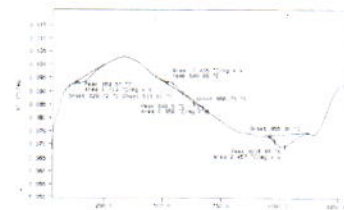
ลักษณะวัตถุดิบที่ใช้วัสดุที่ใช้ประกอบด้วยหินฮอร์นเฟลส์ จากแหล่งหินที่บ้านเกาะหมี่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา เป็นฮอร์นเฟลส์จุด (spotted hornfels) สีเทาเข้มถึงดำ (รูปที่ 1 ก) และเพอร์ไลต์สำหรับการเกษตร (เรียกว่า เพอร์ไลต์เกษตร) ซื้อมาจากบริษัท เอกชน มีแหล่งวัตถุดิบในพื้นที่อำเภอโคกเจ็ญและสระโบสถ์ จ.ลพบุรี วัสดุทั้งสองบดและคัดเล็กกว่า 75 ไมครอน ตรวจการกระจายตัวของอนุภาค (รูปที่ 1 ข) และชนิดแร่ที่ประกอบด้วยวิธีการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-ray Diffraction -XRD) ในตารางที่ 1 วิเคราะห์สมบัติทางความร้อนของหินฮอร์นเฟลส์ ด้วยวิธีวิเคราะห์ความร้อนเชิงอนุพันธ์ (Differential Thermal Analysis - DTA) พบว่ามีจุดเปลี่ยนภาวะวิกฤต 4 ช่วง (รูปที่ 1 ค) อุณหภูมิที่ดูดความร้อน 169.57°ซ. 648.6°ซ. 1016.85°ซ. ทำให้เกิดกระบวนการเปลี่ยนวัฏภาคแร่ขึ้น ส่วนคายความร้อนที่ 540.86°ซ. ได้เสร็จสิ้นก่อผลึก ทำให้ประมาณอุณหภูมิที่เผาผนึก (sintering) ของกระเบื้องทดลองได้



ก)



ข)



ค)

ภาพที่ 1 ก) หินฮอร์นเฟลส์ ข) ขนาดคละของวัตถุดิบ และ ค) ลายพิมพ์ความร้อนเชิงอนุพันธ์ของหินฮอร์นเฟลส์

ตารางที่ 1 ปริมาณอย่างคร่าวที่คำนวณจากพื้นที่ใต้กราฟ XRD และชนิดแร่ประกอบของวัตถุดิบที่ใช้

ชนิดแร่	หินฮอร์นเฟลส์ (%)	เพอร์ไลต์เกษตร (%)
ไบโอไทต์ (biotite)	21.02	-
แคลไซต์ (calcite)	-	70.05
ไฮดรอกซิลอะพาไทต์ (hydroxylapatite)	-	14.08
ควอตซ์ (quartz)	12.97	9.86
แอนดีซีน (andesine)	35.72	-
เฮอร์ซินไนต์ (hercynite)	-	6.01
ไดออปไซด์ (diopside)	29.94	-
ระบุแร่ไม่ได้ (unidentified)	0.35	-

การเตรียมและอัตราส่วนผสมของแผ่นกระเบื้อง
 บดและคัดขนาดวัตถุดิบทั้งสองขนาดเล็กกว่า 75 ไมครอน ด้วยเครื่องบดลูกบอลกระแทก (Ball mill) เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ผสมวัตถุดิบตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ (ตารางที่ 2) แล้วหมักไว้ 24 ชั่วโมง เพื่อให้ น้ำซึมซับ เข้าในเนื้อผสม ขึ้นแผ่นกระเบื้องด้วยอย่างเดิมเพอร์ไลต์ เกษตรทั้งหมด 3 อัตราส่วน คือร้อยละ 10, 20 และ 30 โดย น้ำหนักและกระเบื้องควบคุมไม่เดิมเพอร์ไลต์เกษตรอีก 1 อัตราส่วน จากนั้นวัตถุดิบที่เตรียมไว้เทลงแม่พิมพ์อัด ขนาด 110 มม.×110 มม.×7 มม. แล้วขึ้นรูปด้วยแรง 100 บาร์ เป็นเวลา 30 วินาที แล้วไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 100°C. เป็นเวลา 3 ชั่วโมงก่อนนำไปเผาที่อุณหภูมิที่กำหนด อัตราความร้อนของเตาเผาเริ่มด้วยอัตรา

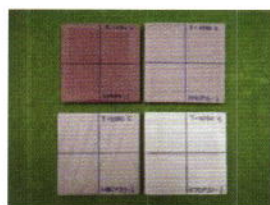
ความร้อน 5°C./นาทิจนถึงอุณหภูมิ 550°C. คงไว้ 30 นาที ให้อัตราความร้อน 1°C./นาทิจนถึงอุณหภูมิ 960°C. คงไว้ 30 นาที และอัตราความร้อน 2°C./นาทิจนถึงอุณหภูมิสูงสุดที่ตั้งไว้ เป็นเวลานาน 1 ชม. แล้วจึงสิ้นสุดอุณหภูมิเผาส่วนอัตราการเย็นตัวของเตาประมาณ 13°C./ชั่วโมง (อุณหภูมิสูงสุดถึงเย็นลงที่อุณหภูมิห้อง) แผ่นกระเบื้องวัดขนาดและชั่งน้ำหนักอีกครั้ง (รูปที่ 2) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณสมบัติด้านต่างๆ

วิธีการทดสอบตัวอย่างแผ่นกระเบื้อง
 ทุกแผ่นได้หาค่าการแปรผันเชิงมิติและรวมทั้งความหนาแน่นปรากฏเพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์

ตารางที่ 2 อัตราส่วนผสมของกระเบื้องที่ใช้ศึกษา

อัตราส่วนผสม ผงหินฮอร์นเฟลส์ : ผงเพอร์ไลต์	น้ำหนักส่วนผสม (กรัม)		ปริมาณน้ำ (กรัม)
	ผงหินฮอร์นเฟลส์	ผงเพอร์ไลต์	
100:0	200	0	20
90:10	180	20	22
80:20	160	40	24
70:30	140	60	26

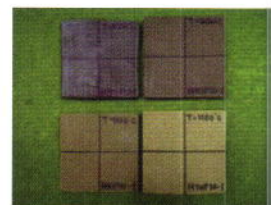
หมายเหตุ กระเบื้อง 1 แผ่น หนักประมาณ 200 กรัม



ก)



ข)



ค)

ภาพที่ 2 กระเบื้องทดลองในอัตราส่วนต่างกัน เเผที่อุณหภูมิ ก) 1,050°C. ข) 1,075°C. และ ค) 1,100°C.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์เซรามิก มอก. ปริมาตรเปลี่ยนแปลง V_s (%) ของแผ่นตัวอย่างที่เผา คำนวณจากสมการ

$$V_s = \frac{V_s - V_c}{V_s} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ V_s และ V_c เป็นปริมาตร (ลบ.ซม.) ของแผ่นตัวอย่างดิบและเผาตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของปริมาตรเปลี่ยนแปลงได้จากกระเบื้องตัวอย่างห้าแผ่นของแต่ละอุณหภูมิเเผ ส่วนการดูดซึมน้ำและความหนาแน่นรวม ทำตามวิธี ASTM C373-88 ภายหลังมวลของแต่ละแผ่นตัวอย่างชุ่มน้ำ (S) หาค่ามวลลิ้มตัวอย่างในอากาศ (M) ทำการทดสอบตัวแทนตัวอย่าง 3 แผ่น ค่าการดูดซึมน้ำ w (%) คำนวณจากความสัมพันธ์ระหว่างมวลน้ำที่ดูดซึมต่อมวลกระเบื้องที่แห้งดังนี้

$$w = \frac{M - D}{D} \times 100 \quad (2)$$

แผ่นกระเบื้องไปทดสอบกำลังดัดตาม ASTM B528-76 ด้วยเครื่องทดสอบเบรคประสงค์ระบบอิเล็กทรอนิกส์ (Hounsfield) รุ่น H 100ks ขึ้นทดสอบ 3 แผ่น/สูตร ขนาด 110 มม. × 110 มม. × 7 มม. ด้วยแรงกดตรงกลาง มีหน้ากว้าง 100 มม. และหัวกดทดสอบเคลื่อนลงมาด้วยความเร็ว 1.8 มม./นาที ค่ากำลังดัด σ_t (เมกะพาสคัล) คำนวณจากสมการดังนี้

$$\sigma_t = \frac{3}{2} \left[\frac{P.L}{wT^2} \right] \quad (3)$$

เมื่อ P คือแรงกดจนตัวอย่างหัก (นิวตัน) L คือระยะหมอนหนุน (มม.) w และ T คือกว้างและหนาของแผ่น (มม.)

สำหรับการวิเคราะห์ความคงทนกรดและด่าง การวัดบิดเบี้ยวและความได้ฉากทดสอบตาม มอก.37 - 2529 วิเคราะห์ของเนื้อกระเบื้องด้วยวิธีการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) ส่องกราดในช่วง $2\theta = 5-90$ องศา โครงสร้างจุลภาคของแผ่นตัวอย่างที่เเผตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) เครื่อง Quanta400, FEI ส่วนการนำความร้อนวัดอุณหภูมิของแผ่นกระเบื้องด้านบนและล่างที่ตากแดด 3 เวลา ตั้งแต่ 10-16 นาฬิกา (ช่วงละ 2 ชม.) ด้วยเทอร์โมมิเตอร์ชนิดอินฟราเรด ยี่ห้อ DIGICON รุ่น DP-88

ผลการวิจัย และอภิปรายผล

การบิดเบี้ยวและความได้ฉากของกระเบื้องผลการวัดการบิดเบี้ยวของกระเบื้องหินสอร์นเฟลส์ผสมเพอร์ไลต์เกษตร พบว่ากระเบื้องทุกส่วนผสมและที่ทุกอุณหภูมิยังคงแบนเรียบอยู่ในช่วง 14.45×14.53 ซม. ถึง 16.18×16.21 ซม. และผลการวัดความได้ฉากของกระเบื้องหินสอร์นเฟลส์ผสมเพอร์ไลต์เกษตร พบว่ากระเบื้องมีค่าความได้ฉากเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.28-0.83 มม. ซึ่งกระเบื้องหินสอร์นเฟลส์ล้วนมีค่าสูงสุดทั้ง 3 อุณหภูมิ และมีค่าลดลงเมื่อผสมเพอร์ไลต์เกษตรมากขึ้นตามลำดับ (รูปที่ 3 ก) เมื่อพิจารณาค่านี้เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องปูพื้น [5] และกระเบื้องบุผนังภายนอก [6] พบว่ากระเบื้องหินสอร์นเฟลส์ที่ผสมเพอร์ไลต์ 20% และ 30% เเผที่อุณหภูมิทั้งสามอยู่ในเกณฑ์และไม่ผสมและผสม

เพอร์ไลต์ 10% เเผาที่ 1,050°ซ. อยู่ในเกณฑ์

ความหนาแน่นรวม

ค่าความหนาแน่นรวมเฉลี่ยของกระเบื้องทดลอง อยู่ในช่วง 1.63 -2.46 กรัม/ลบ.ซม. กระเบื้องหินสอร์นเฟลส์ล้วน เเผาที่อุณหภูมิ 1,100°ซ. มีความหนาแน่นมากที่สุด และเมื่อเพิ่มเพอร์ไลต์เกษตรมากขึ้นนั้นมีความหนาแน่นรวมแนวโน้มลดลง ซึ่งมีผลในทำนองเดียวกันทั้งสามอุณหภูมิ อันแสดงถึงอิทธิพลของเพอร์ไลต์เกษตรที่เติมลงไปมีผลต่อกระเบื้องค่อนข้างชัดเจน ส่วนอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นก็ส่งผลให้เนื้อกระเบื้องมีค่าความหนาแน่นรวมสูงขึ้นตามไปด้วย (รูปที่ 3 ข) ในงานวิจัยของ Topcu and Isikdag [7] ได้ความหนาแน่นอิฐผสมเพอร์ไลต์ 255-1.425 กก./ลบ.ม. ส่วนกระเบื้องหินชนวนผสมเถ้าแกลบค่ามีค่าในช่วง 1.50-2.85 กรัม/ลบ.ซม. [2]

การเปลี่ยนแปลงปริมาตรหลังเผา

กระเบื้องหินสอร์นเฟลส์หลังเผา ที่อุณหภูมิเเผา 1,075°ซ.มีการหดตัวมากที่สุดแต่ค่าหดตัวลดลงเมื่อเพิ่มเพอร์ไลต์เกษตรมากขึ้น และเมื่อเพิ่มเพอร์ไลต์เกษตรในปริมาณที่มากขึ้น ที่อุณหภูมิ 1,050°ซ. แนวโน้มกระเบื้องปริมาตรคงที่ (รูปที่ 4 ก) อิทธิพลการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาตรของหินเพอร์ไลต์ที่ขยายตัวเมื่อเผา แต่เพอร์ไลต์เกษตรนั้นมีแคลไซต์มาก ดังนั้นจึงหดและขยายตัว เช่นเดียวกับอิฐมวลเบา ทนความร้อนของ Topcu and Isikdag [7] พบว่าอิฐดินเเผา

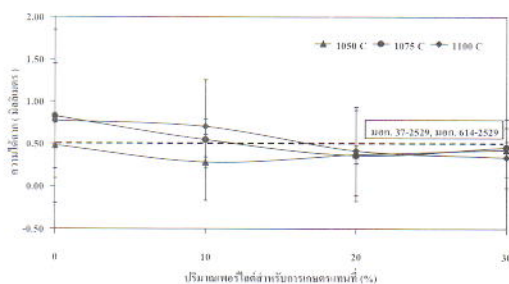
ผสมเพอร์ไลต์มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรหลังเผา ในช่วง 8.10-11.50% เช่นเดียวกับกระเบื้องหินชนวนผสมเถ้าแกลบค่าก็เปลี่ยนแปลงปริมาตรหลังเผา ในทำนองเดียวกันอยู่ระหว่าง 3.90-7.20% [2]

การสูญเสียน้ำหนักหลังเผา

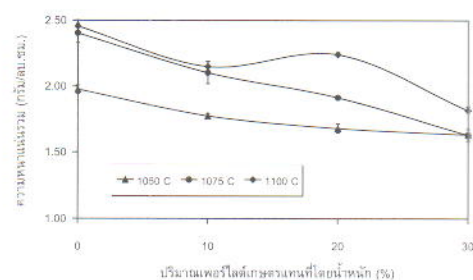
พบว่าสูญเสียน้ำหนักหลังเผาเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.34-13.31% กระเบื้องหินสอร์นเฟลส์ล้วนน้ำหนักการสูญเสียเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดในบรรดา 3 อุณหภูมิ และปริมาณเพอร์ไลต์เกษตรมากขึ้น (30%) อุณหภูมิ 1,100°ซ. สูญเสียน้ำหนักหลังเผามากที่สุด บ่งว่าเพอร์ไลต์เกษตรมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักหลังเผา (รูปที่ 4 ข)

การดูดซึมน้ำ

ค่าดูดซึมน้ำเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.10 - 24.73% เมื่อเพิ่มเพอร์ไลต์เกษตรมากขึ้น ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นตาม (รูปที่ 5 ก) อุณหภูมิเเผาที่สูงอุณหภูมิ เนื้อกระเบื้องผสมเพอร์ไลต์เกษตรเกิดการสลายตัวบางส่วนกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จึงเกิดรูพรุนเปิดมากขึ้น ค่าดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น ขณะที่อุณหภูมิสูงขึ้นเเผ่นิกเนื้อบางส่วนหลอมติดกันรูพรุนเปิดลดลงการดูดซึมน้ำลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องปูพื้น [5] และกระเบื้องบุผนังภายนอก [6] พบว่ากระเบื้องหินสอร์นเฟลส์ล้วนและสูตรผสมเพอร์ไลต์ 10% และ 20% เเผาที่อุณหภูมิ 1,075°ซ. และ 1,100°ซ. ผ่านเกณฑ์

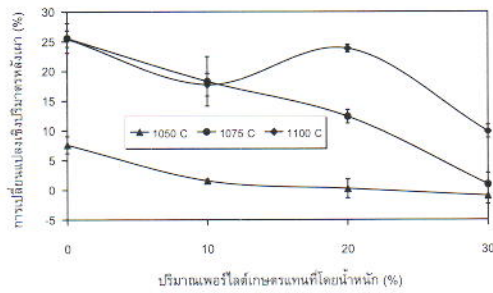


ก)

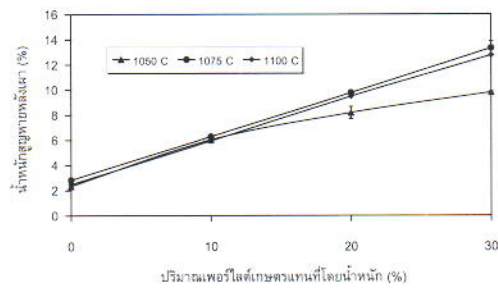


ข)

ภาพที่ 3 การแปรผันของสมบัติกระเบื้อง ก) ความได้ฉาก และ ข) ความหนาแน่นรวม



ก)



ข)

ภาพที่ 4 การแปรผันของสมบัติกระเบื้องหลังเผา ก) การเปลี่ยนแปลงปริมาตร และ ข) การสูญเสียน้ำหนัก

ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

เฉลี่ยอยู่ในช่วง 632.21-1129.35 โอห์ม-ซม. ค่าความต้านทานไฟฟ้าเพิ่มเมื่อเติมเพอร์ไลต์มากขึ้นเนื่องจากเกิดโพรงอากาศในเนื้อกระเบื้องไฟฟ้าผ่านยาก แต่ที่อุณหภูมิเผา 1,100°C เนื้อกระเบื้องบางส่วนได้หลอมปิดรูพรุน จึงทำให้ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะลดลง(รูปที่5ข)ไฟฟ้าจึงเดินผ่านเนื้อกระเบื้องสะดวกขึ้น

ความแข็งแรงกระดอน

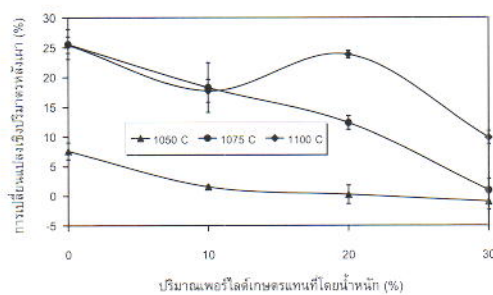
ค่าความแข็งแรงกระดอนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 407.00 -662.33 และเมื่อเพิ่มเพอร์ไลต์มากขึ้นทำให้ค่าความแข็งแรงกระดอนลดลงตามลำดับ แต่อุณหภูมิเผาเพิ่มขึ้นค่าความแข็งแรงกระดอนก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย (รูปที่ 6 ก)

กำลังดูด

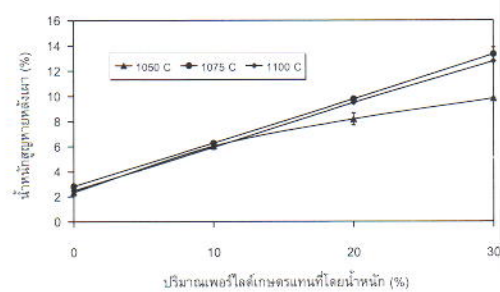
ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 8.78 – 46.37 เมกะพาสคัล กระเบื้องหินสอร์นเฟลส์ล้วนที่ 1,100°C. มีกำลังดูดสูงสุด (46.37 เมกะพาสคัล) การเติมเพอร์ไลต์มากขึ้นทั้ง 3 อุณหภูมิ ค่ากำลังดูดลดลง (รูปที่ 6 ข) ค่ากำลังดูดของกระเบื้องหินสอร์นเฟลส์ล้วนเผาที่ 1,075°C. และกระเบื้องสูตรผสมเพอร์ไลต์ 10% และ 20% เผาที่ 1,100°C. อยู่ในเกณฑ์กระเบื้องปูพื้นและกระเบื้องบุผนังประเภทภายนอก สอดคล้องกับค่าความแข็งแรงกระดอน

การนำความร้อน

กระเบื้องหินสอร์นเฟลส์ค่าการนำความร้อนดี

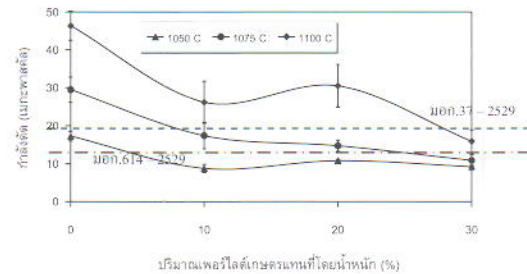
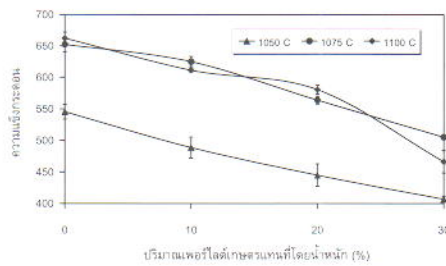


ก)



ข)

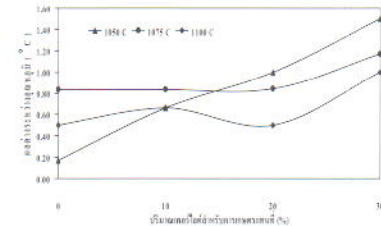
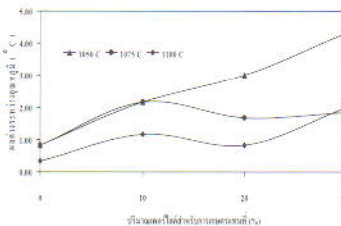
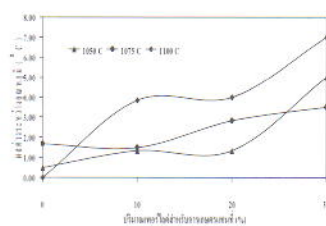
ภาพที่ 5 การแปรผันของสมบัติกระเบื้อง ก) การดูดซึมน้ำ และ ข) ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ



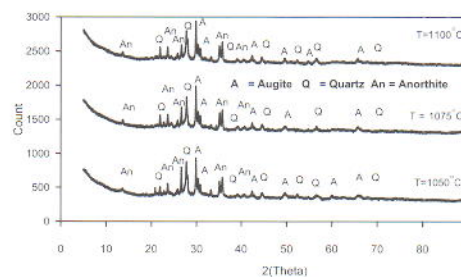
ก) ข)
ภาพที่ 6 การแปรผันของสมบัติกระเบื้อง ก) ความแข็งแรงกระดอน และ ข) กำลังดูด

ที่สุด และเมื่อเติมเพอร์ไลต์เพิ่มมากขึ้น อุณหภูมิที่เผาทั้ง 3 มีการนำความร้อนลดลงตามลำดับ โดยเทียบจากค่าผลต่างระหว่างอุณหภูมิผิวบนกับผิวล่าง (รูปที่ 7) กระเบื้องเผาที่อุณหภูมิ 1,050 °ซ. มีค่าการนำความร้อนลดลงหรือเป็นฉนวนความร้อนได้ดีกว่าทั้งสามช่วงเวลา เนื่องจากมีปัจจัยหลายประการที่เข้ามาเกี่ยวข้อง แนะนำว่าควรวัดในห้องปฏิบัติการด้วยเพื่อเปรียบเทียบกัน

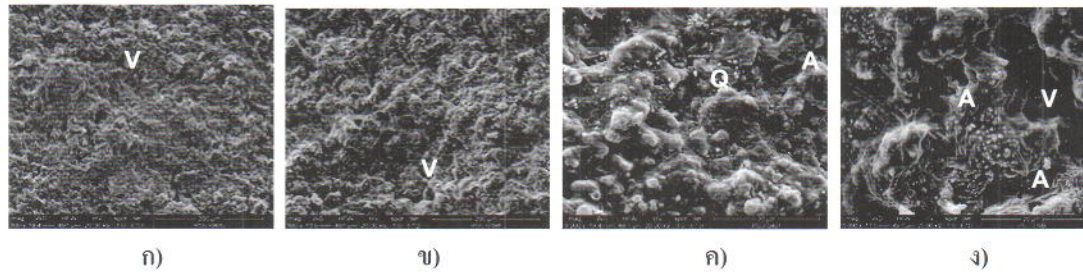
การเกิดวิฤภาคของแร่และโครงสร้างจุลภาค
กระเบื้องหลังเผาเกิดวิฤภาคแร่ออไรต์ (A) และอะนอร์ไทต์ (An) (รูปที่ 8) เสริมความแข็งแรงเนื้อกระเบื้องและหลอมเข้ากัน (รูปที่ 9 ก) สังเกตว่าเนื้อมีรูโพรงน้อย (V) แต่พบว่ารูโพรงอากาศซ่อนอยู่ภายใต้ผิวด้านบนปิดอยู่ (รูปที่ 9 ข) เห็นได้ชัดว่าผิวบนมีการหลอมขอบมนปิดรูโพรงข้างบน (รูปที่ 9 ค) แต่ชัดเจนในรูปตัดขวางที่ 9 ง)



ก) ข) ค)
ภาพที่ 7 การนำความร้อนของกระเบื้องเมื่อเวลาผ่านไป ก) 2 ชั่วโมง ข) 4 ชั่วโมง และ ค) 6 ชั่วโมง



ภาพที่ 7 ลายพิมพ์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของกระเบื้องหินสอร์นเฟลส์ผสมเพอร์ไลต์เผาที่อุณหภูมิ 1050, 1075 และ 1100°ซ.



ภาพที่ 9 โครงสร้างจุลภาคของเนื้อกระเบื้องหินสอร์นเฟลส์ผสมเพอร์ไลต์เกรด ก) บริเวณผิวบน กำลังขยาย 300 เท่า ข) หน้าตัดข้าง กำลังขยาย 300 เท่า ค) ผิวบน กำลังขยาย 3000 เท่า และ ง) หน้าตัดข้าง กำลังขยาย 3000 เท่า

สรุปผลการทดลอง

ผลการศึกษาสมบัติของกระเบื้องหินสอร์นเฟลส์ผสมเพอร์ไลต์เกรด สรุปได้ว่า แผ่นกระเบื้องเผาที่อุณหภูมิ 1,100°C. เพอร์ไลต์เกรดไม่เกินร้อยละ 20 มีค่าการดูดซึมน้ำและกำลังตัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก. ประเภทกระเบื้องปูพื้น [5] และกระเบื้องบุผนังภายนอก [6]

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และคณะวิศวกรรมศาสตร์ ตามสัญญาเลขที่ ENG-53-2-7-08-0108-S

เอกสารอ้างอิง

- [1] Tonnayopas D., Kooptarnond K. and Masae M. (2009). Novel ecological tiles made with granite fine quarry waste and oil palm fiber ash, Thammasat International Journal of Science and Technology (TIJSAT), Vol. 14, No. 1, Jan.-Mar 2009, pp. 10-20.
- [2] คุณพล ดันนโยภาส ธรณิศร จิตรพิศาล และสุชาติ จันทรมณี. 2553. สมบัติของกระเบื้องเซรามิกที่ทำจากหินชนวนเดิมเก่าเคลือบดำ การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 8 22-23 เมษายน 2553 หน้า 841-846.
- [3] คุณพล ดันนโยภาส วรณรัตน์ แก้วสมบูรณ์ และสุชาติ จันทรมณี. 2554. คุณลักษณะกระเบื้องเซรามิกผลิตจากหินฝุ่นบะชอดต์ผสมร่วมกับเถ้าไยปลาล่มน้ำมัน วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ ปีที่ 12 ฉบับที่ 3 ค.ศ. 2552 -ม.ค. 2553 หน้า 149-159.
- [4] คุณพล ดันนโยภาส ปาจริย์ เกิดกุล และสุชาติ จันทรมณี. 2553. ผลกระทบของการเติมผงหินพัมมิชที่มีต่อสมบัติและโครงสร้างจุลภาคของเนื้อดินสทั้งพระสำหรับการผลิตกระเบื้องปูพื้นการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 8 22-23 เมษายน 2553 หน้า 853-858.
- [5] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องดินเผาปูพื้น. มอก.37 - 2529
- [6] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องดินเผาบุผนังภายนอก. มอก.614 - 2529
- [7] Topcu I.B. and Isikdag B. (2007). Manufacture of high heat conductivity resistant clay bricks containing perlite, Building and Environment, 42(10): 3540-3546.