

การเตรียมกระเบื้องมวลเบาด้วยเศษเบ้าเซรามิกถุงมือชำรุดผสมเถ้าลอยไม้ยางพาราและหางแร้ดินขาว

Preparation of Lightweight Tile by Ceramic Glove Mould Waste Blended Rubber

Wood Fly Ash and Kaolin Tailing

دنوپل دننโยпас^{1*}, วิลาวรรณ ศิลป์สอน² และสุชาติ จันทรมนีย์³

Danupon Tonnayopas^{1*}, Wilawan Sinsorn², and Suchart Chantaramanee³

บทคัดย่อ

ศึกษากระเบื้องเซรามิกมวลเบาประกอบด้วย เศษเบ้าเซรามิกถุงมือชำรุด เถ้าลอยไม้ยางพาราและหางแร้ดินขาว สูตรที่เตรียมไว้ใช้หางแร้ดินขาวร้อยละ 25 คงที่ตลอดและเถ้าลอยไม้ยางพาราไม่เกินร้อยละ 55 ของส่วนผสมทั้งหมด ขึ้นรูปด้วยแรงกดไฮดรอลิกแกนเดียวที่ 80 บาร์ และเผาที่สามอุณหภูมิต่างกัน ตรวจสอบลักษณะแผ่นตัวอย่างตั้งแต่ความหนาแน่นของกระเบื้องดิบก่อนเผา และวัดน้ำหนักสูญหาย การเปลี่ยนแปลงมิติ เชิงปริมาตร ความหนาแน่นรวม การดูดซึมน้ำ ความแข็งกระดอน และกำลังคัดภายหลังเผา คุณสมบัติทางโครงสร้างจุลภาคและวิทยาแร่ได้หาโดยวิธีกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด และการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ตามลำดับ เป็นไปได้ที่ผลิตกระเบื้องเซรามิกมวลเบาโดยใช้วัตถุดิบทดแทนดังกล่าว

คำสำคัญ : เถ้าลอยไม้ยางพารา เศษเบ้าเซรามิกถุงมือชำรุด หางแร้ดินขาว กระเบื้องเซรามิกมวลเบา

Abstracts

Lightweight ceramic tile consisting of ceramic glove mould waste (CGMW), Para rubber wood fly ash (PRWFA) and kaolin tailing (KT) was investigated. Formulations were prepared using 25% KT constant and PRWFA not more than 55% of the ingredient. The square tile bodies were formed by hydraulic uniaxial pressing with 80 bars and fired at three different temperatures. Specimens were characterized in terms of green density prior to firing; and their weight loss, volumetric dimension changes, bulk density, water absorption, rebound hardness and flexural strength were measured after firing. The microstructure and

¹ รศ.ดร., ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ 90112

² นักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ 90112

³ วิศวกร, ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ 90112

* Corresponding author : E-mail: danupon.t@psu.ac.th Tel. 074-211885 ext. 2226

mineralogical characterization was determined by scanning electron microscopy and X-ray diffraction, respectively. It is possible to produce lightweight ceramics tile by using such alternative raw materials.

Keywords : Para Rubber Wood Fly Ash, Ceramic Glove Mould Waste, Kaolin Tailing, Lightweight Ceramic Tile

บทนำ

การเพิ่มขึ้นของประชากรและการพัฒนาทางเศรษฐกิจในปัจจุบัน ก่อให้เกิดการขยายตัวของกิจกรรมและเกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการและอำนวยความสะดวกให้กับมนุษย์ ในขณะเดียวกันกิจกรรมและผลิตภัณฑ์เหล่านี้ ต้องใช้ทรัพยากรธรรมชาติเป็นฐานในการผลิตและการพัฒนา จึงก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและคุณภาพชีวิตของประชาชน การจัดการสิ่งแวดล้อมที่มีประสิทธิภาพจะเป็นเครื่องมือสำคัญในการป้องกัน และแก้ไขปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ดีควรมีแนวคิดว่า การพัฒนาสิ่งแวดล้อมจะต้องควบคู่ไปกับการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน ปัจจุบันโลกให้ความสนใจการผลิตเซรามิกเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งของการวิจัยเชิงรุกในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมต่างๆ รวมทั้งควรคำนึงภาวะโลกร้อนควบคู่ไปด้วย กล่าวคือ การผลิตภัณฑ์เซรามิกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มีความสำคัญกับผู้ประกอบการในเซรามิก และหาแนวทางแก้ไข อาทิ การมุ่งเน้นการลดการปล่อย ยึดระยะเวลาการใช้งาน และเพิ่มปริมาณการนำกลับมาใช้ใหม่ ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงผลเสียที่จะตามมาภายหลังตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์หรือใช้งาน อีกทั้งได้มีการออกกฎระเบียบกฎหมายหรือมาตรฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับด้านสิ่งแวดล้อม ได้จัดทำอนุกรมมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO14000 ขึ้น ให้เกิดเป็นมาตรฐานสำหรับการปฏิบัติตามของผู้ประกอบการ โดยมาตรฐานเหล่านี้จะเน้นที่การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตั้งแต่ขั้นตอนการเลือกวัตถุดิบแก่ผลิตภัณฑ์ สำหรับประเทศไทย ได้เริ่มมีการนำมาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อมนานาชาติเหล่านี้มาใช้กับภาคอุตสาหกรรมเซรามิกไทยที่ส่งออกไปยังประเทศคู่ค้าในแถบยุโรป อเมริกาหรือญี่ปุ่น เป็นต้น ดังนั้นอุตสาหกรรมเซรามิกไทยควรจะต้องเร่งปรับตัวเพื่อให้สามารถดำเนินธุรกิจได้อย่างสอดคล้องกับมาตรฐานทางด้านผลิตภัณฑ์เซรามิกเหล่านั้น อีกทั้งยังช่วยรักษาสถานการณ์ส่งออกผลิตภัณฑ์เซรามิกเอาไว้ได้หรือในทางกลับกันก็อาจจะเป็นการช่วยขยายตลาดสินค้าเซรามิกเพื่อสิ่งแวดล้อมได้มากขึ้น

ด้วยตระหนักถึงสถานการณ์ดังกล่าวข้างต้น หน่วยวิจัยธรณีเทคนิคและวัสดุก่อสร้างนวัตกรรม ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ จึงได้ทำการศึกษาผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศเศรษฐกิจขึ้น ซึ่งเป็นการพัฒนาที่ยั่งยืนเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อันจะนำไปสู่การขยายโอกาสทางการค้า การลงทุนในตลาดผลิตภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมทั้งในกลุ่มประเทศประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน หรือ ASEAN Economic Community และนานาชาติ ในขณะเดียวกันก็เป็นการส่งเสริมแนวความคิดในการออกแบบวัสดุเซรามิกใหม่ที่ตระหนักในสิ่งแวดล้อมมากขึ้นให้กับสังคมไทย

โรงงานผลิตเบ้าถุงมือยางในจังหวัดสงขลามีกำลังผลิตสูง วัสดุดิบของเบ้าถุงมือยางคือ ดินขาว ควอตซ์และเฟลด์สปาร์ เบ้าถุงมือยางเผาที่ 1100-1200 °ซ. ผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกมาบางชิ้นและบางรุ่นไม่ตรงตามมาตรฐานของโรงงานหรือของลูกค้าที่สั่งซื้อ จึงมีการนำกลับมาย่อยชิ้นเล็กและบดก่อนนำไปหล่อและเผาทำเบ้าผลิตถุงมือยางใหม่ต่อไป ซึ่งมีปริมาณชำรุดประมาณ 10% โดยเฉพาะชิ้นส่วนที่เคลือบน้ำยาผิวก็ไม่สามารถนำกลับไปหล่อใหม่ได้ จึงมีความคิดที่นำมาใช้ประโยชน์ในงานคอนกรีต ซึ่งหากนำเบ้าชำรุดมาย่อยและบดละเอียดแทนที่เป็นวัตถุดิบก็ช่วยลดการใช้ทรัพยากรเซรามิกได้

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 22 ปี 2555

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบที่ใช้

ประกอบด้วย เศษเบ้าเซรามิกถุงมือยางชำรุด จากโรงงานยูโรเซรามิก อ. สะเดา จ.สงขลา นำมาโม่บดคัด 75 ไมครอน (ภาพที่ 1 ก และ ข) เถ้าลอยไม้ยางพาราจากบริษัทผลิตถุงมือยาง (ภาพที่ 1 ค) ขนาดของผงเถ้าลอยไม้ยางพาราที่ใช้เล็กน้อย (<45 ไมครอน) และเกิดขึ้นในระหว่างใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงานเกิดลอยฟุ้งในอากาศและดักจับด้วยเครื่องไซโคลนของปล่องโรงงาน จึงเหมาะกับการนำมาใช้ในกระบวนการผลิตครั้งนี้ ซึ่งช่วยลดกระบวนการเตรียมวัตถุดิบ (พลังงานและเวลา) และหางแร่ดินขาว จากบริษัทมินเนอร์ล รีซอร์สเซสดีเวลลอปเม้นต์ จำกัด ต.หาดส้มแป้น จ.ระนอง (ภาพที่ 1 ง) กองทิ้งขายเป็นทรายก่อสร้าง มาบดละเอียดและคัดขนาดผ่าน 45 ไมครอน เช่นกัน



ก)



ข)



ค)



ง)

ภาพที่ 1 ก) เศษหักเบ้าถุงมือยางชำรุด ข) ผงเบ้าเซรามิกบด 75 ไมครอน ค) เถ้าไม้ยางพาราขนาด 75 ไมครอน และ ง) หางแร่ดินขาวขนาด 75 ไมครอน

การออกแบบและเตรียมกระเบื้องตัวอย่าง

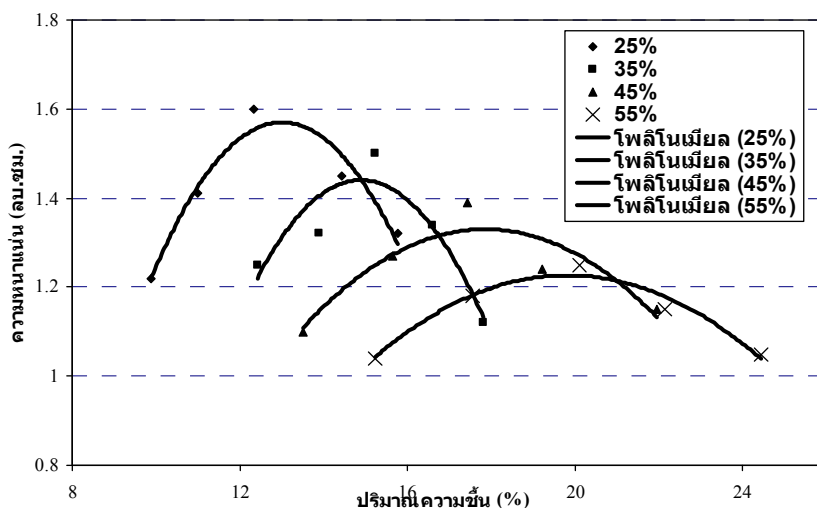
ในช่วงการเตรียมขึ้นรูปโดยการอัด สิ่งที่สำคัญที่สุดคือความชื้นและความดันในการบดอัด ซึ่งค่าปริมาณน้ำเหมาะสมหาจากการทดลองในห้องปฏิบัติการไม่สามารถใช้ได้โดยตรง เนื่องจากความดันและขนาดแผ่นทดสอบต่างกับตัวอย่างทดลอง จึงต้องลองเติมน้ำมากขึ้นจากที่ทดลองได้จนกว่าอัดขึ้นรูปได้ โดยไม่มีน้ำอัดออกจากแผ่น ใช้วัสดุดิบทั้งสามผสมกันในอัตราส่วนต่างกัน (ตารางที่ 1) โดยกำหนดให้เศษเบ้าเซรามิกแทนถึงหินฟินม้า และหางแร่ดินขาว แทนถึงซิลิกาคนที่ ส่วนเถ้าลอยไม้ยางพาราเป็นสารแคลเซียมก่อให้เกิดรูพรุน เตรียมแผ่นตัวอย่างเดิมเถ้าลอยไม้ยางพาราทั้งหมด 3 อัตราส่วนด้วยกัน คือ ร้อยละ 10 20 และ 30 โดยน้ำหนัก และกระเบื้องควมคุมมีผงเบ้าเซรามิกชำรุดร้อยละ 50 วัตถุดิบอีกทั้งสองต่างก็ผสมร้อยละ 25 ทั้งหมดบดจนมีขนาดเล็กกว่า 75 ไมครอน ด้วยเครื่องบดบนลูกกลิ้ง (jar mill) เป็นเวลา 6 ชม. (ภาพที่ 1) และคลุกตามอัตราส่วนกำหนดในกระบอกลวดพลาสติกผสมแบบแห้งเป็นเวลา 20 นาที ก่อนเติมน้ำตามค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสม (ตารางที่ 2) ซึ่งทดสอบตามวิธี ASTM D4318-10 [1] (ภาพที่ 2) ใช้ผงผสมหนักประมาณ 200 กรัม หลังจากนั้นหมักที่อุณหภูมิห้อง 1 วัน จึงไปอัดขึ้นรูปกระเบื้องขนาด 100 มม. × 100 มม. × 10 มม. หนักประมาณแผ่นละ 230 กรัม ด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกด้วยแรง 80 บาร์ แผ่นกระเบื้องตัวอย่างดิบทั้งหมดได้นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 ± 5 °ซ. เป็นเวลา 24 ชม. ก่อนนำไปเผาในเตาไฟฟ้า มีอุณหภูมิสูงสุด 1,300 °ซ. ด้วยอัตราความร้อน 5 °ซ./นาที

ตารางที่ 1 การออกแบบอัตราส่วนผสมของกระเบื้องที่ศึกษา

อัตราส่วนผสม เบ้าเซรามิก : ใ้ล้ลอยไม้ยางพารา : หางแร่ดินขาว	น้ำหนักส่วนผสม (กรัม)		
	เบ้าเซรามิก	ใ้ล้ลอยไม้ยางพารา	หางแร่ดินขาว
50:25:25	100	50	50
40:35:25	80	70	50
30:45:25	60	90	50
20:55:25	40	110	50

ตารางที่ 2 ความชื้นที่เหมาะสมของวัสดุผสมทำกระเบื้องที่ศึกษา

อัตราส่วนผสม (%)	ความหนาแน่น (กรัม/ซม. ³)	ความชื้นเหมาะสม (%)	ปริมาณน้ำ (กรัม)	น้ำใช้จริง (กรัม)
25	1.4	12.68	26	24
35	1.31	15.91	32	30
45	1.23	17.55	36	34
55	1.13	20.89	42	40



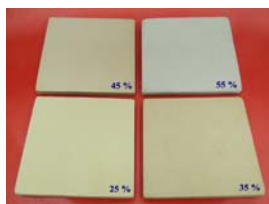
ภาพที่ 2 ความชื้นเหมาะสมของวัสดุผสมทำกระเบื้องที่ศึกษาครั้งนี้

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 22 ปี 2555

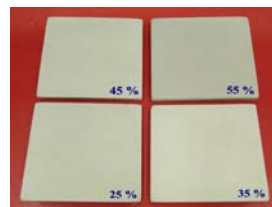
จนถึงอุณหภูมิ 500°C. แช่ไว้นาน 30 นาที หลังจากนั้นให้อัตราความร้อน 3°C./นาที จนถึงอุณหภูมิ 800°C. คงไว้ 30 นาที หลังจากนั้นให้อัตราความร้อน 1°C./นาที จนถึงอุณหภูมิสูงสุด แช่ไว้นาน 30 นาที ก่อนปล่อยให้เย็นตัวในเตาด้วยอัตรา 50°C./นาที จนถึงอุณหภูมิห้อง รวมเวลา 3 วัน ก่อนนำออกมาวัด และหาค่าพฤติกรรมผาผนึกของกระเบื้องภายหลังจากเผา (ภาพที่ 3)



ก)



ข)



ค)

ภาพที่ 3 ตัวอย่างกระเบื้องมวลเบาผสมเศษเบ้าเซรามิก หางแร่ดินขาวและเถ้าลอยไม้ยางพาราในอัตราส่วนต่างกัน
เผาที่อุณหภูมิ ก) 1,100 °ซ. ข) 1,150 °ซ. และ ค) 1,200 °ซ.

วิธีการทดสอบ

การทดสอบผาผนึกกระเบื้องห้องปฏิบัติการภายหลังจากอัดขึ้นรูปผง ได้แผ่นตัวอย่างรูปสี่เหลี่ยมและผาผนึกด้วยเตาเผาในบรรยากาศปกติ (อากาศ) ตัวอย่างทั้งหมดวัดทั้งก่อนและหลังเผาผนึก หาค่าการแปรปรวนเชิงมิติและรวมทั้งความหนาแน่นความแข็งกระดอน (rebound hardness) แผ่นตัวอย่างผาผนึกนำตรวจลักษณะด้วยการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราดและทดสอบเชิงกล (การทดสอบดัดแบบสามจุด) เพื่อเปรียบเทียบสมบัติต่างๆ กับผลิตภัณฑ์เซรามิกปัจจุบันและมาตรฐาน มอก. การทดสอบดัดแบบจุดเดียวเครื่องทดสอบเนกประสงค์ ด้วยความเร็วของหัวกด 1.8 มม./นาที ตัวอย่างที่ได้ตรวจลักษณะตาม มอก. คุณลักษณะกำหนด ได้แก่ ความหนาแน่นรวม (bulk density) การดูดซึมน้ำ การทดสอบกำลังดัดใช้ตัวอย่างละ 3 แผ่น ปริมาตรและการดูดซึมน้ำสัมพันธ์โดยตรงกับความพรุนเปิด ค่าเฉลี่ยของมิติได้จากกระเบื้องตัวอย่างสามแผ่นในแต่ละอุณหภูมิเผา ส่วนการดูดซึมน้ำและความหนาแน่นรวม วัดตามวิธี ASTM C373-88 [2]

สำหรับการวิเคราะห์ประเมินความพรุนในระหว่างเผา โครงสร้างจุลภาคของแผ่นตัวอย่างที่เผาตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ของเครื่อง Quanta400, FEI โดยใช้ความเร่งแรงดันไฟฟ้า 15 กิโลโวลต์ ภายใต้สุญญากาศ ก่อนตัวอย่าง SEM ไปขัดมันบาง 1 มม. กับน้ำผงขัดหลังจากขัดหยาบกับผงซิลิกอนคาร์ไบด์ ก่อนตัวอย่างที่ส่งดู SEM นำไปขึ้นเรือนเคลือบด้วยทองคำ-แพลลเดียม (Au-Pd) ส่วนวัฏภาคผลึกวิเคราะห์ด้วยวิธีการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) จากเครื่องรุ่น Philips X'Pert MPD สำหรับตัวอย่างผง XRD (อัดขนาด <60 มม.) ส่องกราดในช่วง $2\theta = 5-90^\circ$ ที่ความเร็วในการกราด 0.58 ในการระบุวัฏภาคผลึกกำลังดัดวัดตาม ASTM B 528-76 [3] ด้วยเครื่องทดสอบเนกประสงค์ระบบอิเล็กทรอนิกส์ (Hounsfield) รุ่น H 100ks ขึ้นทดสอบ 3 แผ่น/สูตร ขนาด 100 มม. × 100 มม. × 8 มม. ด้วยวิธีการทดสอบแรงกดตรงกลางมีหน้ากว้าง 100 มม. และหัวกดทดสอบเลื่อนลงมาด้วยความเร็ว 1.8 มม./นาที สำหรับเบ้าลงมือเซรามิกบดและหางแร่ดินขาวมีปริมาณองค์ประกอบทางเคมีซิลิกอนและอะลูมินาสูง รองลงมาคือ โพแทสเซียมตามลำดับ

ในขณะที่ถ้ำลอยไม้ยางพาราพบว่าปริมาณแคลเซียมออกไซด์ค่อนข้างสูง (ตารางที่ 3) ซึ่งจัดเป็นวัตถุดิบที่อยู่ในเกณฑ์งานเซรามิกได้ เพียงแต่ปราศจากสภาพพลาสติกเท่านั้น

ตารางที่ 3 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของวัสดุด้วยวิธีเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์

องค์ประกอบทางเคมี \ วัสดุผสม	ปริมาณองค์ประกอบ (%)		
	หางแร่ดินขาว (KT)	ถ้ำไม้ยางพารา (PRWFA)	เบ้าเซรามิกชำรุด (WCG)
ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO ₂)	47.97	1.70	47.84
อะลูมินาออกไซด์ (Al ₂ O ₃)	35.46	0.60	41.89
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	3.32	6.34	5.10
เหล็กออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	1.70	0.38	1.48
แมงกานีสออกไซด์ (MnO)	0.17	0.90	-
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	-	54.08	0.58
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO ₃)	-	3.20	-
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	-	2.60	0.25
ฟอสเฟตเพนทอกไซด์ (P ₂ O ₅)	-	2.08	-
คลอรีน (Cl)	-	0.20	-

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

สีและการนูนขึ้น

จากการสังเกตด้วยตาลักษณะสีของกระเบื้องทดลอง มีสีขาวคล้ายกันที่อุณหภูมิ 1,100 และ 1,150°C. แต่ที่อุณหภูมิ 1,200°C. สีของกระเบื้องก็เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อน ส่วนการนูนขึ้นจากผิวหน้าเนื้อกระเบื้องสังเกตไม่ปรากฏขึ้นกับกระเบื้องที่ผสมถ้ำลอยไม้ยางพาราร้อยละ 25 และ 35 แต่สามารถเห็นการนูนได้ชัดกับกระเบื้องที่ผสมถ้ำลอยไม้ยางพาราร้อยละ 45 และ 55 ที่อุณหภูมิ 1,100 และ 1,150°C. นอกจากนี้ผิวกระเบื้องมีลักษณะเป็นฟูนแป่ง เนื่องจากยังไม่เผาจนสมบูรณ์ แต่สำหรับที่อุณหภูมิ 1,200°C. มีการเผานึกไม่มีฟูนแป่งที่ผิวกระเบื้อง อีกทั้งยังพบว่าแผ่นกระเบื้องมีการขยายตัวและน้ำหนักเบามากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณถ้ำลอยไม้ยางพารา

ความได้ฉากและการบิดเบี้ยว

พบว่าทุกอัตราส่วนผสมและอุณหภูมิการเผากะเบื้องมีความได้ฉากอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 37-2529 [4] (< 0.7 มม.) และบิดเบี้ยวและโก่งงอมากขึ้นเมื่อเติมถ้ำลอยไม้ยางพารามากขึ้น ดังนั้นถ้ำน้อยกว่าร้อยละ 45 ไม่บิดเบี้ยวและโก่งงอ

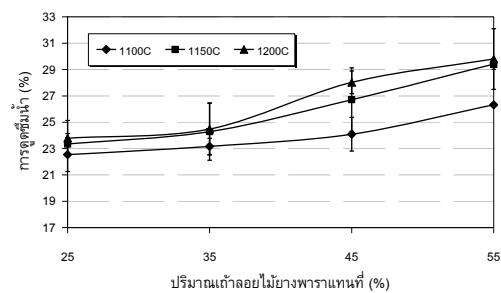
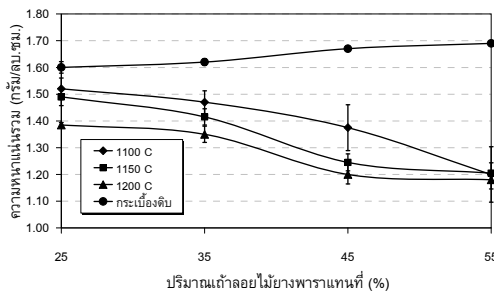
ความหนาแน่นรวม

กระเบื้องเผาที่อุณหภูมิทั้งสาม มีค่าความหนาแน่นรวมอยู่ระหว่าง 1.18–1.47 กรัม/ลบ.ซม. โดยอัตราส่วนผสมของถ้ำลอยไม้ยางพาราเพิ่มขึ้น อุณหภูมิเผายังสูงทำให้ค่าความหนาแน่นลดลง (ภาพที่ 4 ก)

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 22 ปี 2555

การดูดซึมน้ำ

กระเบื้องมีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ในช่วงร้อยละ 22.53-29.80 เมื่อปริมาณของเถ้าลอยไม่ยางพาราเพิ่มขึ้น ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเผาที่อุณหภูมิสูง (500-920°C.) เกิดการสลายตัวของเถ้าไม่ยางพารา ซึ่งมี CaO มากได้เปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้เกิดรูพรุนในเนื้อมากขึ้นดังนั้นส่งผลให้ค่าการดูดซึมน้ำจึงมากขึ้นตามมา (ภาพที่ 4 ข)



ภาพที่ 4 กระเบื้องมวลเบาที่อุณหภูมิเผาต่างกัน ก) ความหนาแน่นรวม และ ข) การดูดซึมน้ำ

การหดและขยายตัวเชิงปริมาตร

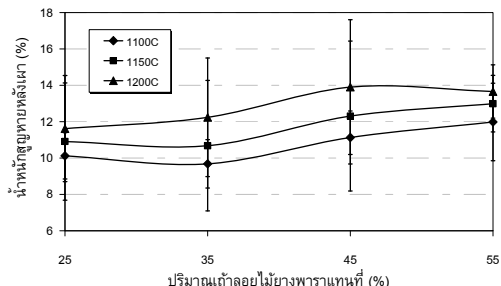
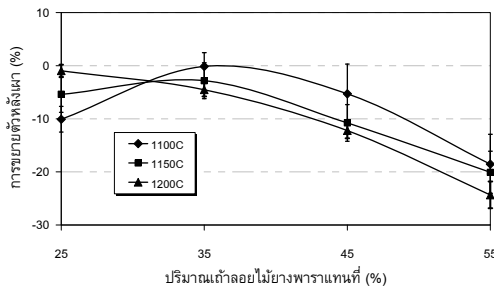
ค่าการขยายตัวของกระเบื้องสูงขึ้นตามอัตราส่วนของเถ้าลอยไม่ยางพาราที่เติมลงไปซึ่งเฉลี่ยอยู่ระหว่างร้อยละ (-0.13) – (-24.34) เมื่ออุณหภูมิเผาเพิ่มขึ้น อัตราส่วนผสมเถ้าไม่ยางเพิ่ม การขยายตัวของกระเบื้องสูงขึ้นตาม ดังภาพที่ 5 ก)

น้ำหนักสูญหายหลังเผา

น้ำหนักกระเบื้องที่หายไปไม่เกินร้อยละ 14 โดยกระเบื้องที่เผาอุณหภูมิ 1,200 °ซ. มีน้ำหนักสูญหายอยู่ระหว่างร้อยละ 11.62–13.90 ซึ่งมากกว่าการเผากระเบื้องที่อุณหภูมิ 1,100 °ซ. และ 1,150°ซ. (ภาพที่ 5 ข) สอดคล้องกับค่าการดูดซึมน้ำ

ความแข็งแรงกระดอน

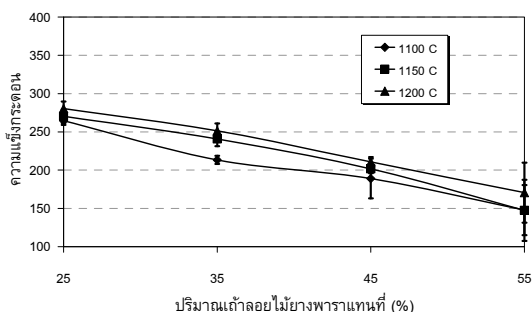
ความแข็งแรงกระดอนของกระเบื้องเฉลี่ยอยู่ในช่วง 147.5 – 280.4 (ภาพที่ 6 ก) เมื่อปริมาณเถ้าลอยไม่ยางพาราเพิ่มขึ้นค่าความแข็งแรงกระดอนลดลงตามลำดับ ความแข็งแรงกระดอนมากที่สุดที่ผสมเถ้าลอยไม่ยางพาราร้อยละ 25 เฝ้าที่อุณหภูมิ 1,200°ซ.



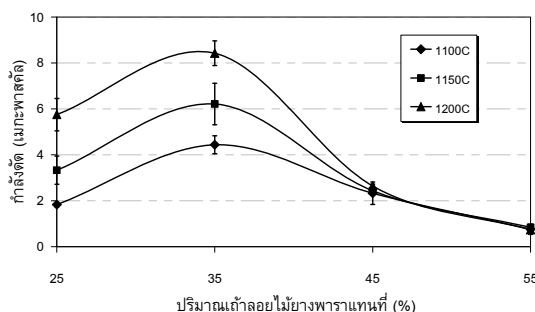
ภาพที่ 5 กระเบื้องมวลเบาที่อุณหภูมิเผาต่างกัน ก) การขยายตัวหลังเผา และ ข) น้ำหนักสูญหายหลังเผา

กำลังอัด

กระเบื้องที่เติมเถ้าลอยไม้ยางพาราร้อยละ 35 เผาที่อุณหภูมิ 1,200°C. กำลังอัดได้สูงสุดประมาณ 8.42 เมกะพาสคัล (ภาพที่ 6 ข) ค่านี้สูงกว่าที่เกณฑ์ต่ำสุดกำหนดไว้สำหรับกระเบื้องมุงหลังคาของ มอก. 158-2518 (7 เมกะพาสคัล) ปริมาณเถ้าลอยไม้ยางพารามีอิทธิพลต่อกำลังอัดลดลงทุกอุณหภูมิเผา สอดคล้องกับค่าความแข็งแรงกระคอน



ก)



ข)

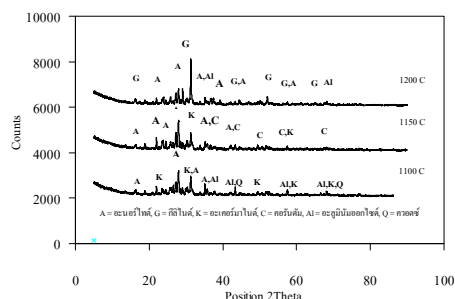
ภาพที่ 6 กระเบื้องมวลเบาที่อุณหภูมิเผาต่างกัน ก) ความแข็งแรงกระคอน และ ข) กำลังดัด

ความคงทนต่อสารเคมี

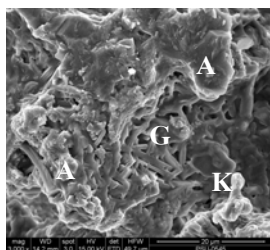
แผ่นกระเบื้องหักแช่ในกรดสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 3 และไฮโดรคลอริกเข้มข้น ร้อยละ 3 เป็นเวลา 7 วัน เมื่อตรวจพินิจด้วยสายตาแล้ว ไม่พบรอยเสียหายจากสารละลายต่างทุกอัตราส่วน ทุกอุณหภูมิเผา ในขณะที่พบรอยเสียหายจากกรดที่กระเบื้องผสมเถ้าไม้ยางพาราร้อยละ 55 ในทุก อุณหภูมิเผา เกิดการกร่อนที่ผิวกระเบื้อง วิเคราะห์แร่ประกอบและโครงสร้างจุลภาคผลวิเคราะห์ XRD แก่ตัวอย่างผสมร้อยละ 35 ทั้งสามอุณหภูมิเผา (ภาพที่ 7) วัสดุศึกษาครั้งนี้ส่วนใหญ่ประกอบด้วยระบบ $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-MgO}$ ดังนั้นวัฏภาคนิรเรและปริมาณร้อยละที่เกิดขึ้นในแผ่นตัวอย่างที่เผาพนักคือ แร่กีลีไนต์ (gehlenite; 50.8) แร่อนอร์ไทต์ (anorthite; 42.1-43.49) อะเคอร์มันไนต์ (akermanite; 28.26-37.44) คอรัณดัม (19.17) อะลูมินัมออกไซด์ (17.85) และควอตซ์ (quartz; SiO_2) ซึ่งแร่กีลีไนต์อะนอร์ไทต์และ อะเคอร์มันไนต์ ล้วนเป็นแร่วัฏภาคหลักที่ได้รับอิทธิพล มาจากปฏิกิริยาระหว่างปูน (lime) ซิลิกาและแมกนีเซีย (magnesia) ทำให้กระเบื้องมีรูพรุนและความแข็งแรง

ผลวิเคราะห์โครงสร้างด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) กระเบื้องตัวอย่าง เดียวกับ XRD ในภาพที่ 8 พบว่าเนื้อกระเบื้องมีรูโพรงมาก (V) จึงส่งผลให้มีการดูดซึมน้ำมากและความหนาแน่น ลดลง ขอบผิวเนื้อกระเบื้องคมเรียบป้องกันการเผาที่เผาพนักดีของแผ่นรังผึ้งแร่กีลีไนต์ (G) แผ่นแบนอะนอร์ไทต์ (A) และก้อนอะเคอร์มันไนต์ (K)

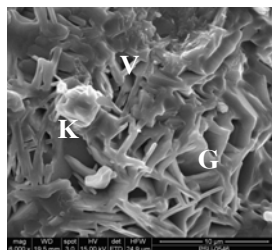
จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 22 ปี 2555



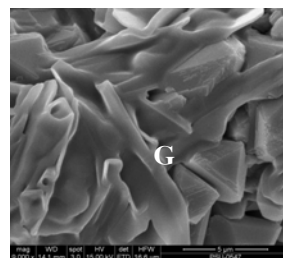
ภาพที่ 7 ลายพิมพ์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของกระเบื้องตัวอย่างเผาที่อุณหภูมิต่างกันเกิดวัฏภาคแร่



ก)



ข)



ค)

ภาพที่ 8 ภาพถ่ายจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของกระเบื้องผสมเถ้าลอยไม้ยางพารา ร้อยละ 35 เผาที่ 1,200°ซ. กำลังขยาย ก) 3000 เท่า ข) 6000 เท่า และ ค) 9000 เท่า

สรุปผลการวิจัย

กระเบื้องเซรามิกมวลเบาที่ทดลองอยู่ในเกณฑ์กระเบื้องมุงหลังคา มีแนวโน้มพัฒนาไปสู่เซรามิกพอร์ในงานผลิตภัณฑ์ดูดซับน้ำและลดความร้อนได้ แต่ไม่แนะนำให้เติมเถ้าลอยไม้ยางพาราในกระเบื้องสูตรนี้เกินกว่าร้อยละ 35 เพราะมีอิทธิพลให้สมบัติทางกายภาพ เคมีและเชิงกลของกระเบื้องเปลี่ยนแปลงเกินความเหมาะสมสมบัติกระเบื้อง

เอกสารอ้างอิง

- [1] ASTM D4318 - 10. Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils
- [2] ASTM C373- 88. (2006). Standard test method for water absorption, bulk density, apparent porosity, and apparent specific gravity of fired whiteware products
- [3] ASTM B528- 10. Standard test method for transverse rupture strength of metal powder specimens
- [4] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องมุงหลังคา. มอก. 158-2518