คุณลักษณะของกระเบื้องเซรามิกที่ผสมเถ้าแกลบและเถ้าลอยลิกไนต์ภายใต้สภาวะอุณหภูมิการเผาที่ต่างกัน

Characteristics of ceramic tiles mixing rice husk ash and lignite fly ash under condition of different burning temperature

คณาธิป อิสระกุล [1*] , จักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์ [2]
Kanatip Isarakul [1*] , Jukkrit Mahujchariyawong [2]

บทคัดย่อ

เถ้าแกลบและเถ้าลอยลิกไนต์มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบจึงนำมาใช้เป็นสารเสริมความแข็งแรงได้ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ในการใช้เถ้าทั้งสองเป็นส่วนผสมร่วมกับดินเซรามิกในการผลิตกระเบื้องเซรามิกเพื่อศึกษาคุณลักษณะ และลดการใช้พลังงานในการเผา กระเบื้องเซรามิกที่ผสมเถ้าแกลบและเถ้าลอยลิกไนต์ในอัตราส่วน 10 30 และ 50% (w/w) ผสมกับดินสูตร W03 ทำการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิกส์ที่ 200 bar แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 800 900 1000 1100 และ 1200 °C เมื่อตรวจสอบทางกายภาพและเชิงกลพบว่ากระเบื้องเซรามิกที่มีส่วนผสมของเถ้าแกลบมีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ในช่วง 21.60 - 59.16% และค่าโมดูลัสการแตกร้าว 2.05 – 48.76 Kgf/cm^2 กระเบื้องเซรามิกที่มีส่วนผสมของเถ้าลอยลิกไนต์มีการดูดซึมน้ำอยู่ในช่วง 2.18 - 23.70 % และค่าโมดูลัสการแตกร้าว 10.00 – 178.74 Kgf/cm^2 ส่วนผสมของเถ้าทั้งสองชนิดเพิ่มมากขึ้น ทำให้ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มสูงขึ้น แต่ค่าโมดูลัสการแตกร้าวต่ำลง อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมคือ เถ้าลอยลิกไนต์ 50% และเผาที่อุณหภูมิ 1100 °C ซึ่งมีค่าการดูดซึมน้ำ 15.93% ต่ำกว่ากระเบื้องเซรามิกทั่วไป และมีค่าโมดูลัสการแตกร้าว 96.29 kgf/cm^2 สูงกว่ากระเบื้องเซรามิกทั่วไป

คำสำคัญ: กระเบื้องเซรามิก เถ้าลอยลิกไนต์ โมดูลัสการแตกร้าว เถ้าแกลบ การดูดซึมน้ำ

Abstract

Rice husk ash and lignite fly ash have properties of adhesion and high silica content both are applied to be additive for reinforcement. This study aims to investigate the feasibility of two-type ash mixing in ceramic tile

[1] นิสิตปริญญาโท, [2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900 kanatip-lsa@hotmail.com

[1] Graduate student, [2] Assistant professor, Department of Environmental Technology and Management, Faculty of Environment, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand. kanatip-lsa@hotmail.com

* Corresponding author: Kanatip Isarakul, Department of Environmental Technology and Management, Faculty of Environment, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand.

production and energy saving. Ceramic tiles were prepared by mixing rice husk ash and lignite fly ash at ratio 10 30 and 50 % (W/W) within ceramic clay, formula W03. In forming process, hydraulic press was set at 200 bar and imported burn at different temperature; 800, 900, 1000, 1100 and 1200°C. Physical and mechanical tests showed that ceramic tiles with rice husk ash mixture expressed water absorption in the range from 21.60 to 59.16 % and modulus of rupture was 2.05 - 48.76 Kgf/cm^2. While ceramic tiles with lignite fly ash mixture expressed water absorption in the range from 2.18 to 23.70 % and modulus of rupture was 10.00 - 178.74 Kgf/cm^2. When mixing ratio of both ash was higher, water absorption increased but modulus of rupture decreased. The optimal condition was mixing ratio of lignite fly ash at 50% and burning temperature at 1100°C. Ceramic tiles were not bended and contracted, while water absorption was lower than non-ash mixing tiles 15.93% and modulus of rupture was 96.29 kgf/cm^2, higher than non-ash mixing tiles.

Keyword: ceramic tiles, lignite fly ash, modulus of rupture, rice husk ash, water absorption

บทนำ

ผลิตภัณฑ์เซรามิกมีการใช้ดินและส่วนผสมชนิดต่างๆ เพื่อความเหมาะสมในการผลิตเซรามิกและวัตถุประสงค์ของการใช้งาน การเตรียมวัตถุดิบเพื่อการผลิตเซรามิกนั้นมีส่วนทำให้เกิดมลพิษที่เกิดจากการระเบิดภูเขาหินเพื่อนำแร่บางชนิดมาใช้ ปัจจุบันการรณรงค์เพื่อการรักษาสิ่งแวดล้อมมีสูงมากขึ้น กระบวนการผลิตเซรามิกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยการใช้วัสดุทดแทน การประหยัดพลังงาน และการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน เป็นที่สนใจของผู้ประกอบการมากขึ้น การใช้วัสดุทดแทนจากของเหลือทิ้งบางชนิดที่มีองค์ประกอบเหมาะสมในการผลิตเซรามิกนอกจากช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีคุณลักษณะพิเศษแล้ว ยังเป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพด้วย วัตถุดิบทางการเกษตรที่มีส่วนประกอบของซิลิก้าในปริมาณสูงเมื่อทำการเผาจนเป็นเถ้าสามารถนำมาผสมกับดิน และผลิตเป็นเซรามิกได้ เนื่องจากซิลิก้ามีความละเอียดสูง สามารถจับเกาะกันได้แน่นและทำให้เกิดรูพรุนต่ำ ปัจจุบันเถ้าแกลบและเถ้าลอยลิกไนต์เป็นของเสียที่ได้จากการเผาไหม้หลังนำพลังงานความร้อนไปใช้งานแล้วในกระบวนการผลิตไฟฟ้าและวัตถุประสงค์อื่นๆ

สมบัติของเถ้าทั้งสองคือ มีปริมาณของซิลิก้าสูงทำให้มีการยึดเกาะที่แน่นหนา มีการเกิดปอซโซลาน นิยมนำมาใช้เป็นส่วนประกอบสำคัญในการผลิตปูนซีเมนต์ คอนกรีต ดนุพล และคณะ[2] และวัสดุดูดซับ ซึ่งได้มีกรณีการศึกษาถึงการผสมเถ้าแกลบลงในคอนกรีตที่ 5-15% พบว่าเมื่อมีการเพิ่มปริมาณของแกลบที่ 10% จะทำให้ เพิ่มความแข็งแรงของคอนกรีตได้ Kishore และคณะ[4] และอีกกรณีการศึกษาได้มีการใช้เถ้าแกลบและเถ้าลอยลิกไนต์ผสมคอนกรีตที่ตั้งแต่ 0-27.5% ผลที่ได้มาคือ การผสมเถ้าลอยลิกไนต์ที่ 22.5 และ เถ้าแกลบ 7.5% จะทำให้คอนกรีตมีความแข็งแรงมากกว่าอัตราส่วนต่างๆ Sathawane และคณะ[5] ในการศึกษานี้เป็นการนำเถ้าสองชนิดนี้มาเป็นส่วนผสมในการผลิตเซรามิกเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาคุณลักษณะบางประการโดยการประยุกต์ใช้กับการผลิตกระเบื้องเซรามิก ซึ่งรวมทั้งการศึกษากระบวนการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในด้านการลดการใช้พลังงานในการเผาเซรามิก

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

วัสดุที่ใช้

ดินผสมสูตร W03 เป็นดินสำหรับการผลิตเซรามิกที่มีการผสมของดินขาวและดินเหนียว ชนิดดิน stoneware โดยปกติจะใช้ผลิตกระเบื้องเซรามิกปูพื้น โดยการเผาที่อุณหภูมิ 1200 °C มีลักษณะสีขาว เหลืองนวล ส่วนผสมเถ้าแกลบเป็นเถ้าจากโรงสีขาวในจังหวัดอุตรดิตถ์ มีลักษณะเบาสีขาวเทาดำ ความชื้นต่ำ ก่อนใช้งานนำมาตากแดดเป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วร่อนด้วยตะแกรงร่อนเพื่อแยกวัสดุแปลกปลอมที่มีขนาดใหญ่ออก ส่วนผสมเถ้าลอยลิกไนต์ได้จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง มีลักษณะละเอียดสีดำ แห้งและเบา เถ้าลอยมีขนาดเฉลี่ยประมาณ 15-30 μ รูปร่างอนุภาคค่อนข้างกลมและผิวเรียบ วิมัณฑนาถนอม กิจนุรักษ์[3]

วิธีการผลิตกระเบื้อง

บดดินเซรามิกให้ละเอียดแล้วทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จากนั้นเตรียมการผลิตกระเบื้องเซรามิกด้วยดินที่มีส่วนผสมของเถ้าแกลบและเถ้าลอยลิกไนต์อย่างละ 3 อัตราส่วนคือ 10 30 และ 50% (w/w) และดินที่ไม่มีการผสมเถ้า โดยแต่ละอัตราส่วนใช้นำหนักมวลโดยรวมเป็น 20 Kg นำดินแต่ละอัตราส่วนเข้าเครื่องกวนผสมเพื่อให้เถ้าและดินรวมตัวกัน อัดเนื้อดินที่ทำการผสมตามอัตราส่วนลงให้บล๊อกแม่พิมพ์ ขนาด 10x10 cm อัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิกส์ที่ 200 bar ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เป็นกระเบื้องเซรามิก ขนาด 10x10 cm นำไปเผาที่อุณหภูมิ 800 900 1000 1100 และ 1200 °C ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิตเพื่อให้ได้คุณสมบัติเชิงกลที่เหมาะสมที่สุด ทำการทดสอบตามมาตรฐานกระเบื้องเซรามิก การหาค่าการดูดซึมน้ำ การหาค่าโมดูลัสการแตกร้าว น้ำหนัก ขนาด การขยายตัว หดตัว และการโค้งงอของกระเบื้องเซรามิก

วิธีการทดสอบตัวอย่าง

กนิษฐ์ ตะปะสา[1] ค่าความแข็งแรงต้านการแตกหัก (ISO 10545-4) เป็นมาตรฐานการทดสอบสำหรับวัดค่าโมดูลัสของการแตกร้าว (modulus of rupture - MOR) และค่าความแข็งแรงต้านการแตกหัก (breaking strength) ของกระเบื้องเซรามิก โดยให้แรงกดที่แนวกึ่งกลางของกระเบื้อง ก่อนการทดสอบต้องทำความสะอาดกระเบื้องแล้วนำไปอบในเตาอุณหภูมิ 110±5 °C เพื่อไล่ความชื้นภายในแผ่นเซรามิก จากนั้นนำกระเบื้องเซรามิกทดสอบไปวางบนแท่นรอง (cylindrical support rods) ทั้งสองแท่ง ถ้าเป็นกระเบื้องเซรามิกเคลือบให้เอาด้านที่เคลือบไว้ด้านบนโดยให้แท่งกด (central cylindrical rod) อยู่ในแนวกึ่งกลางด้านบนของกระเบื้องเซรามิก แท่งรองและแท่งกดทั้งสามนี้ต้องหุ้มด้วยยางที่มีค่าความแข็งกับ 50±5 IRHD (The International Rubber Hardness Degrees) (ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 48) โดยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความหนาแน่นของชั้นยางที่หุ้มแท่งรองและแท่งกดจะขึ้นอยู่กับความกว้างกระเบื้องเซรามิก ที่ใช้ทดสอบ จากนั้นใส่แรงกดลงบนกระเบื้องเซรามิกด้วยอัตราเร็วที่ทำให้ความเค้นของกระเบื้องเซรามิกเพิ่มขึ้นในอัตรา 1±0.2 $N/m^2/s$. จนกระเบื้องเซรามิก ค่าความแข็งแรงต้านการแตกหัก (breaking strength) (F_{bs}) และค่าโมดูลัสการแตกร้าว (modulus of rupture - MOR) (σF_{bl}) สามารถคำนวณได้จาก

$$F_{bs} = \frac{F_{bt} l_2}{b} \qquad (1)$$

$$\sigma F_{bl} = \frac{3F_{bs}}{bh^2} \qquad (2)$$

โดยให้

Fbs คือ ค่าความแข็งแรงต้านการแตกหัก (breaking strength) (N)

l2 คือ ระยะห่างของแท่งรอง (mm)

b คือ ความกว้างของกระเบื้องเซรามิก (mm)

σ_{Fbl} คือ ค่าโมดูลัสการแตกร้าว (modulus of rupture-MOR) (N/m^2)

h คือ ความหนาตรงแนวหักของกระเบื้องเซรามิก (mm)

จำนวนตัวอย่างที่ใช้ทดสอบกระเบื้องเซรามิกที่มีความยาว (L) 18 < L < 48 mm. ใช้กระเบื้องจำนวน 10 ชิ้น ถ้าขนาด L > 48 mm. ใช้ 7 ชิ้น

การวัดค่าการดูดซึมน้ำ (water absorption) ISO10545-3 เป็นมาตรฐานการวัดค่าการดูดซึมน้ำ สภาพรูพรุนปรากฏความหนาแน่นสัมพัทธ์ ความหนาแน่นบัลค์ โดยการทำให้น้ำเข้าไปในรูเปิด (open pores)ในเนื้อเซรามิก ซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธีด้วยกัน คือ การต้นในน้ำ (boiling) และการแช่น้ำภายใต้สุญญากาศ (immersion under vacuum) วิธีการต้มนั้นจะง่ายกว่า แต่ไม่สามารถทำให้น้ำเข้าไปอยู่ในรูเปิดทั้งหมดได้เหมือนวิธีสุญญากาศ สมบัติต่างๆ จะหาได้จากความสัมพันธ์ของมวลกระเบื้องเซรามิกแห้งและเปียกน้ำ วิธีการต้มจะใช้สำหรับแบ่งประเภทของกระเบื้องเซรามิก และระบุลักษณะของผลิตภัณฑ์ส่วนวิธีสุญญากาศจะใช้สำหรับหาสภาพพรุนปรากฏ ความหนาแน่นสัมพัทธ์ และการดูดซึมน้ำ ก่อนทำการทดสอบ ทั้งสองวิธีต้องทำการชั่งน้ำหนักแขวนลอยของกระเบื้องเซรามิกในน้ำ (suspended weight) ก่อน (m_3) แล้วนำกระเบื้องเซรามิก ไปทดสอบไปอบไล่ความชื้นในเตาที่อุณหภูมิ 110±5 °C จนกระทั่งมวลคงที่ บันทึกผลเป็นค่าน้ำหนักของกระเบื้องแห้ง (ในอากาศ) (m_1) สำหรับการทดสอบด้วยวิธีการต้ม ทำโดยวางกระเบื้องเซรามิก ทดสอบในแนวตั้งลึกลงไป 50 mm. จากระดับผิวน้ำในหม้อน้ำโดยไม่ให้กระเบื้องเซรามิก สัมผัสกันในหม้อต้มน้ำ ลึกลงไป 50 mm. จากระดับผิวน้ำ จากนั้นต้มน้ำให้เดือดเป็นเวลา 2 Hrs. แล้วปล่อยให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้องแช่กระเบื้องทดสอบไว้ 4 Hrs. ±15 min. และนำกระเบื้องเซรามิก ออกมา ซับด้วยผ้าหนังชามัวร์ที่เปียกหมาดๆและนำกระเบื้องไปชั่งน้ำหนัก บนทึกผลเป็นค่า น้ำหนักของกระเบื้องเซรามิก เปียก (m_{2b}) สำหรับการทดสอบด้วยวิธีสุญญากาศ ทำโดยวางกระเบื้องทดสอบในแนวตั้งลึกลงไป 50 mm. จากระดับผิวน้ำในเครื่องทดสอบสุญญากาศโดยไม่ให้กระเบื้องเซรามิกสัมผัสกัน ลึกลงไป 50 mm. จากระดับผิวน้ำและให้ความดันในเครื่องทดสอบสุญญากาศที่ 100±1 kPa เป็นเวลา 30 min. จากนั้นปรับความดัน เป็นปกติและแช่กระเบื้องเซรามิก อยู่ในน้ำในเครื่องทดสอบอีก 15 นาที และนำแผ่นเซรามิกออกมาซับด้วยผ้าหนังชามัวร์ที่เปียกหมาดๆ แล้วนำกระเบื้องเซรามิก ไปชั่งน้ำหนักบันทึกผลเป็นค่าน้ำหนักของกระเบื้องเปียก (m_{2v}) เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ ($\%E_{2(b,v)}$) สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$E_{(b,v)} = + \frac{m_{2(b,v)} - m_1}{m_1} x\ 100 \qquad (3)$$

โดยให้ m_1 คือ น้ำหนักของกระเบื้องเซรามิกแห้ง (g)

m_2 คือ น้ำหนักของกระเบื้องเซรามิกเปียกที่ทดสอบด้วยวิธีการต้มหรือวิธีการสุญญากาศ (ขึ้นอยู่กับมาตรฐานของผลิตภัณฑ์) (g) น้ำหนักของกระเบื้องเซรามิกและการหดตัวขยายตัว (เบื้องต้น) โดยการชั่งน้ำหนัก กระเบื้องจำนวน 5 แผ่น และ วัดขนาด กว้าง x ยาว เพื่อหาขนาด และน้ำหนักเฉลี่ย ของกระเบื้องในแต่ละอัตราส่วน โดยเบื้องต้น

ผลการทดลอง

ค่าโมดูลัสการแตกร้าว

พบว่า กระเบื้องเซรามิกที่มีการผสมของเถ้าทั้งสองชนิดลงไป เมื่อมีการเติมปริมาณขี้เถ้าสูงขึ้นจะทำให้ ค่าโมดูลัสการแตกร้าว ลดลงเมื่อเทียบกับกระเบื้องที่ไม่มีการผสมของเถ้า และที่อุณหภูมิ 1100 และ 1200 °C ในทุกอัตราส่วนผสมของเถ้าลอยลิกไนต์มีค่าโมดูลัสการแตกร้าวสูงกว่า

กระเบื้องเซรามิกที่ไม่มีการผสมของเถ้า ซึ่งแสดงใน ภาพที่ 1 กระเบื้องเซรามิกที่มีส่วนผสมของเถ้าแกลบ มีค่าโมดูลัสการแตกร้าว 2.05 – 48.76 Kgf/cm^2 กระเบื้องเซรามิกที่มีส่วนผสมของเถ้าลอยลิกไนต์ มีค่าการทนต่อการหัก 10.00 – 178.74 Kgf/cm^2 โดย กระเบื้องเซรามิกที่มีอัตราส่วนผสมของ เถ้าลอยลิกไนต์ 10% ที่ อุณหภูมิ 1200 °C มีค่าโมดูลัสการแตกร้าวที่สูงสุด เท่ากับ 17874 Kgf/cm^2

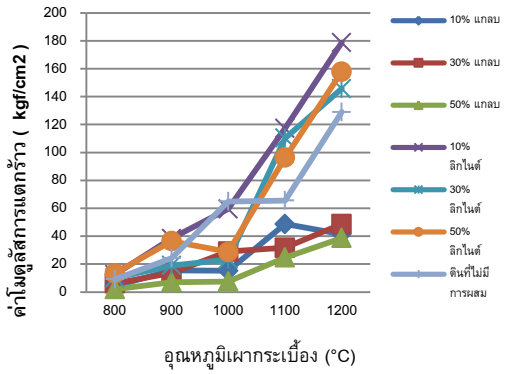

Figure 1 Modulus of rupture in ceramic tiles all ratio

การดูดซึมน้ำ

กระเบื้องเซรามิกที่มีการผสมของเถ้าแกลบ นั้นยิ่งมีปริมาณอัตราส่วนผสมเพิ่มสูงขึ้น ก็ยิ่งทำให้ การดูดซึมน้ำนั้น เพิ่มขึ้นไปด้วยซึ่งแสดงในภาพที่ 2 กระเบื้องเซรามิกที่มีส่วนผสมของเถ้าแกลบมีการดูดซึมน้ำ อยู่ในช่วง 21.60 - 59.16% ซึ่งมีลักษณะเป็นไปตามการศึกษาของ Sutas และคณะ[6] ศึกษาถึงการใช้แกลบและเถ้าแกลบเป็นส่วนสมในอิฐมวลเบาพบว่าเมื่อมีปริมาณของแกลบและเถ้าแกลบเพิ่มมากขึ้นจะทำให้มีรูนพรุนสูง ทำให้เกิดค่าการดูดซึมน้ำที่สูง กระเบื้องเซรามิกที่มีส่วนผสมของเถ้าลอยลิกไนต์ มีการดูดซึมน้ำ อยู่ในช่วง 2.18 - 23.70 % โดย แผ่นเซรามิกที่มีอัตราส่วนผสมของ เถ้าลอยลิกไนต์ 10% ที่ อุณหภูมิ 1200 °C มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด เท่ากับ 2.18%

การหด และขยายตัวของกระเบื้องเซรามิก

ยิ่งมีการใช้อุณหภูมิในการเผาสูงมากขึ้น การหดตัวยิ่งเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งในช่วงอุณหภูมิ 1200°C พบว่า แผ่นเซรามิกจะมีขนาดอยู่ในช่วง 9.4 – 9.9 cm. ในเชิงกลับกัน ยิ่งมีการใช้อุณหภูมิต่ำเท่าไร กระเบื้องเซรามิกก็จะขยายตัวขึ้น ที่ อุณหภูมิ 800 °C กระเบื้องเซรามิกมีขนาดอยู่ในช่วง 10.4-10.6 cm. น้ำหนักของกระเบื้องเซรามิกทั้งสองชนิด พบว่า กระเบื้องเซรามิกที่มีส่วนผสมของเถ้าแกลบจะมีน้ำหนักเบากว่ากระเบื้องเซรามิกที่มีส่วนผสมของถ้าลอยลิกไนต์ และกระเบื้องเซรามิกดินที่ไม่มีการผสมเถ้าทั้งสอง

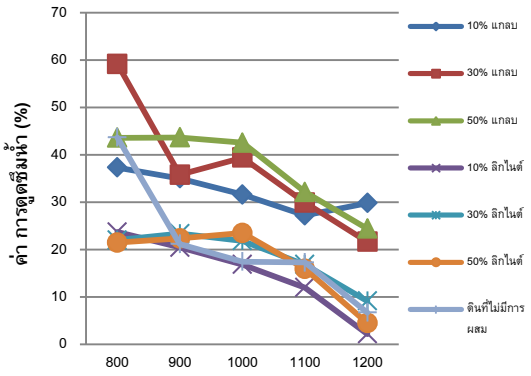

Figure 2 Water absorption in ceramic tiles all ratio

Table 1 Size of each tile in the ratio

อุณหภูมิเผา(c°)	ดิน + เถ้าแกลบ (%)			ดิน + เถ้าลอยลิกไนต์ (%)			ดิน
	10%	30%	50%	10%	30%	50%	100%
800	10.6 x 10.6	10.5 x 10.5	10.6 x 10.6	10.4 x 10.4	10.5 x 10.5	10.4 x 10.4	10.3 x 10.4
900	10.3 x 10.3	10.4 x 10.4	10.5 x 10.5	10.3 x 10.3	10.3 x 10.3	10.3 x 10.4	10.2 x 10.3
1000	10.0 x 10.0	10.0 x 10.0	10.2 x 10.2	10.0 x 10.0	10.3 x 10.3	10.4 x 10.5	10.0 x 10.0
1100	9.6 x 9.7	10.0 x 10.0	10.0 x 10.0	9.8 x 10.0	10.4 x 10.4	9.8 x 10.0	9.7 x 9.7
1200	9.5 x 9.5	9.9 x 9.9	9.4 x 9.4	9.5 x 9.5	9.5 x 9.5	9.7 x 9.7	9.7 x 9.7

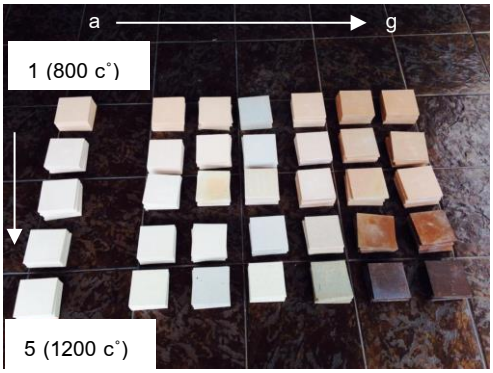

Figure 3 Ceramic tiles of all ratio (a) non-ash mixing (c-d) rice husk ash mixing in ceramic tiles at 10-30-50%, (e-g) lignite fly ash mixing in ceramic tiles at 10-30-50% , (1-5) temperature to burn 800-1200 c°

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อเปรียบเทียบกระเบื้องเซรามิกที่มีการเติมเถ้าแกลบและเถ้าลอยลิกไนต์กับกระเบื้องเซรามิกปูพื้นดินเผาทั่วไป พบว่าการที่ใช้เถ้าแกลบในอัตราสูงขึ้นทำให้ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการเผาสามารถช่วยลดค่าการดูดซึมน้ำลงได้ ส่วนเถ้าลอยลิกไนต์มีผลกลับกันคือ การที่ใช้เถ้าลอยลิกไนต์ในอัตราสูงขึ้นทำให้ค่าการดูดซึมน้ำลดลง และการเพิ่มอุณหภูมิในการเผาช่วยลดค่าการดูดซึมน้ำลงได้เช่นกัน ส่วนค่าโมดูลัสการแตกร้าวลดลงเมื่ออัตราส่วนผสมเถ้าแกลบสูงขึ้น แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการเผาสามารถช่วยเพิ่มค่าโมดูลัสการแตกร้าวขึ้นได้ และค่าโมดูลัสการแตกร้าวลดลงเช่นกันเมื่ออัตราส่วนผสมเถ้าลอยลิกไนต์สูงขึ้น แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการเผาสามารถช่วยเพิ่มค่าโมดูลัสการแตกร้าวขึ้นได้ กระเบื้องเซรามิกที่มีการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ที่ช่วงอุณหภูมิ 1100 - 1200 °C พบว่ามีค่าการดูดซึมน้ำที่ต่ำกว่าดินที่ไม่มีการผสมเถ้า และมีค่าโมดูลัสการแตกร้าวสูงกว่าดินที่ไม่มีการเติมเถ้า ทั้งนี้เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิถึง 1200 °C ทำให้กระเบื้องเซรามิกเกิดเกิดการโค้งงอและหดตัวลง ในทางกลับกันหากอุณหภูมิต่ำกระเบื้องเซรามิกมีการขยายตัว

นอกจากนี้พบว่ากระเบื้องเซรามิกที่มีส่วนผสมของแกลบมีค่าการดูดซึมน้ำที่สูง น้ำหนักเบา อาจเป็นผลมาจากเถ้าแกลบมีส่วนผสมอื่นปะปนอยู่ เช่น แกลบที่ยังเผาไหม้ไม่หมดจนเป็นเถ้า เมื่อนำกระเบื้องเซรามิกเข้าไปเผาที่อุณหภูมิสูง ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะจากแกลบกลายเป็นเถ้าแกลบน้ำหนักจึงลดลงและเกิดรูพรุนสูง ในกรณีของกระเบื้องเซรามิกที่มีส่วนผสมของเถ้าลอยลิกไนต์พบว่า มีค่าโมดูลัสการแตกร้าวและค่าการดูดซึมน้ำที่ต่ำเนื่องมาจากการที่เถ้าลอยได้ผ่านอุณหภูมิที่สูงจากการเผาเป็นพลังงานของถ่านหินทำให้เมื่อไม่เกิดการเปลี่ยนสภาพประกอบกับการที่เถ้าลอยลิกไนต์มีขนาดเล็กจึงทำให้เข้าไปแทรกในช่องว่างของเนื้อดินได้เป็นอย่างดี จึงทำให้กระเบื้องเซรามิกที่มีส่วนผสมของเถ้าลอยลิกไนต์มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำ และมีค่าโมดูลัสการแตกร้าวที่สูง

อัตราส่วนของกระเบื้องเซรามิกที่ตรงกับวัตถุประสงค์หลักของการศึกษานี้คือ กระเบื้องเซรามิกที่มีส่วนผสมของเถ้าลอยลิกไนต์ที่อัตราส่วน 50% อุณหภูมิในการเผา 1100 °C ซึ่ง

มีค่าการดูดซึมน้ำที่ 15.93% ต่ำกว่า กระเบื้องเซรามิกที่ไม่มีการผสมเถ้า และมีค่าโมดูลัสการแตกร้าวที่ 96.29 kgf/cm2 ซึ่งมีค่าสูงกว่ากระเบื้องเซรามิก ที่ไม่มีการผสมเถ้า และไม่มีการหดตัวของกระเบื้องเซรามิก รวมทั้งสามารถลดอุณหภูมิในการเผากระเบื้องเซรามิกได้ถึง 100 °C ซึ่งเป็นการลดการใช้พลังงานในการให้ความร้อนได้ด้วย

Table 2 Weight of each tile in the ratio

อุณหภูมิเผา	ดิน + เถ้าแกลบ (%)			ดิน + เถ้าลอยลิกไนต์ (%)			ดิน
(°c)	10%	30%	50%	10%	30%	50%	100%
800	124.6	96.2	116	161	165.2	169.6	153
900	121.2	119.8	118	165.4	154.4	166.6	156
1000	132.4	102.8	118.1	163.4	158.2	156.6	163.4
1100	130	135.6	131.6	155.6	169.2	157.2	162.4
1200	96.4	115.8	112.4	165.2	157	162.2	158.4

กิตติกรรมประกาศงาน

วิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และบริษัท ฮาโก้กรุ๊ป (1991) จำกัด ภายใต้โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม-พวอ. ระดับปริญญาโท และได้รับความเอื้อเฟื้อจาก โรงงานเอ็นพี.เซราไทล์ จังหวัดลำปาง สำหรับการผลิตกระเบื้องเซรามิก และศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก จังหวัดลำปาง (CIDC) สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างกระเบื้องเซรามิก

เอกสารอ้างอิง

1. กนิษฐ์ ตะปะสา. การทดสอบกระเบื้องเซรามิกตามมาตรฐาน ISO 10545 วารสารเซรามิก. 2551.
2. ดนุพล ตันนโยภาส, ธรณิศร จิตรพิศาล และ สุชาติ จันทรมณีย์. สมบัติของกระเบื้องเซรามิกที่ทำจากหินชนวนเติมเถ้าแกลบดำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; 2553.
3. วิมัณฑนา ถนอมกิจนุรักษ์. การปรับปรุงกำลังอัด ของจีโอโพลีเมอร์ด้วยตะกอนดินจากระบบผลิตน้ำ วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2555.
4. Kishore, R., V. Bhikshma And P.J.A. Prakash. 2011. Study on Strength Characteristics of High Strength Rice Husk Ash Concrete. Procedia Engineering 14: 35-44.
5. Sathawane, S.H., V.S. Vairagade and K.S. Kene. 2013. Combine Effect of Rice Husk Ash and Fly Ash on Concrete by 30% Cement Replacement. Procedia Engineering 51: 35 – 44.
6. Sutas, J., A. Mana And L. Pitak. 2012. Effect of Rice Husk and Rice Husk Ash to Properties of Bricks. Procedia Engineering 32: 1061 – 06.