สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอิฐทนไฟกำลังรับแรงอัดสูง

Thermal Conductivity of High Compressive Strength Fire Brick

อนุชา วัฒนาภา
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
พุทธดี อุบลศุข
สาขาสิ่งแวดล้อมและพลังงาน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
สุมล แซ่เฮง พิสิษฐ์สังฆการ*
ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีการเผาไหม้และพลังงานทางเลือก ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ อีเมล์: sumol.energy@hotmail.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ ศึกษาสมบัติทางกายภาพของอิฐทนไฟที่มีกำลังรับแรงอัดสูง และทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาส่วนผสมอิฐทนไฟกำลังรับแรงอัดสูงให้เหมาะกับการใช้งานในประเภทต่าง ๆ การทดสอบอิฐทนไฟที่มีอัตราส่วนผสมของ อลูมินา:เถ้าแกลบ ที่ 40:60 50:50 60:40 70:30 และ 80:20 ใช้น้ำแก้วเป็นตัวประสาน 10% และ 15% โดยน้ำหนัก เผาที่อุณหภูมิ 1000˚C และ 1200˚C จากการทดลอง พบว่า ค่าความหนาแน่นของอิฐทนไฟแปรผกผันกับอัตราส่วนของเถ้าแกลบ แต่ค่าความหนาแน่นจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำแก้ว ค่ากำลังรับแรงอัดแปรผกผันกับอัตราส่วนของเถ้าแกลบและปริมาณน้ำแก้ว แต่ค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นเมื่อเผาที่อุณหภูมิที่สูงขึ้น ค่าการดูดซึมน้ำแปรผันตามปริมาณเถ้าแกลบ แต่เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำแก้วจะทำให้ค่าการดูดซึมน้ำลดลง ค่าการหดตัวหลังการเผาเพิ่มขึ้นตามปริมาณเถ้าแกลบและอุณหภูมิที่ใช้เผา แต่จะแปรผกผันกับปริมาณน้ำแก้ว ค่าการนำความร้อนของอิฐทนไฟที่มีส่วนอัตราส่วนผสมระหว่าง อลูมินา:เถ้าแกลบ ที่ 70:30 น้ำแก้ว 10% เผาขึ้นรูปที่ 1200˚C ให้ค่าการนำความร้อนต่ำกว่างานวิจัยท่านอื่นประมาณ 3 เท่า แสดงว่าอิฐทนไฟที่อัตราส่วนผสมนี้มีสมบัติการเป็นฉนวนได้ดี

คำสำคัญ : อิฐทนไฟ, อลูมินา, เถ้าแกลบ, น้ำแก้ว, สัมประสิทธิ์การนำความร้อน

Abstract

The objective of this research is to investigate the physical properties of high compressive strength fire brick and the coefficient of thermal conductivity. To be useful for the development of high compressive strength fire brick, there was suitable for use in different types. The experiment of the high compressive strength brick made out of alumina and rice husk ash with the following ratios: 40:60, 50:40, 60:40, 70:30 and 80:20, with 10% or 15% of sodium silicate according to weight. The burning temperature was set at 1000°C and 1200°C. It was found that, the density was inversely proportional to the ratio of rice husk ash but the density was increased by sodium silicate. Compressive strength was inversely proportional to the ratio of rice husk ash and sodium silicate. However, the compressive strength was increased when burned at high temperature. The water absorption was proportional to the ratio of rice husk ash. However, the water absorption was decreased when increasing sodium silicate. The shrinkage was increased proportional to rice husk ash content and the burning temperature but it was inversely proportional to sodium silicate content. As for thermal conductivity, the brick with the ratio of 70:30 with 10% of sodium silicate burned with 1200°C had the lowest thermal conductivity which is three times lower than other research. It showed that this brick gave a good insulation.

Keywords : Fire brick, Alumina, Sodium Silicate, Thermal Conductivity

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. บทนำ

อิฐทนไฟ คือ อิฐที่มีความสามารถในการทนความร้อนและมีความต้านทานการแตกร้าวในแนวขวางได้สูง นอกจากนี้ยังมีความทนทานต่อการยุบตัวของแรงเฉือนโครงสร้างหลักประกอบด้วยซิลิกาและอลูมินา โดยสามารถแบ่งได้เป็น 4 ชนิดใหญ่ ๆ คือ อิฐทนไฟไฟล์เคลย์ (Fri Clay Brick) อิฐทนไฟอะลูมินาสูง (High Alumina Brick) อิฐทนไฟเชิงด่าง (Basic Brick) และอิฐทนไฟฉนวน (Insulator Brick) [1]

วัสดุทนไฟประเภทอิฐทนไฟเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในหลายอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมที่ต้องใช้ความร้อนสูงในกระบวนการผลิต เช่น เตาเผาเซรามิก เตาหลอมโลหะในอุตสาหกรรมเหล็ก เตาเผาผลิตไอน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า และอุตสาหกรรมอื่น ๆ อิฐทนไฟส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้ในงานก่อสร้างเตาเผาชนิดต่าง ๆ รูปร่างและขนาดของอิฐจึงมีความแตกต่างกันออกไปตามความเหมาะสมสำหรับการใช้งาน ปัจจุบันอุตสาหกรรมภาคผลิตในประเทศไทยมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกที่ภาครัฐให้ความสำคัญสนับสนุนและส่งเสริมอย่างจริงจัง ทั้งนี้เพราะอุตสาหกรรมเซรามิกจัดเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานที่เชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมอื่น ๆ และมีฐานการผลิตในประเทศไทยมายาวนาน ถึงแม้ว่าวัตถุดิบส่วนใหญ่ที่ใช้ในการผลิตจะสามารถหาได้ภายในประเทศก็ตาม แต่ก็ยังเกิดการแข่งขันในเชิงธุรกิจมากมาย โดยขึ้นกับปัจจัยหลักที่สำคัญ อุตสาหกรรมเซรามิกเป็นอุตสาหกรรมการผลิตชนิดหนึ่งที่ต้องใช้ต้นทุนในการผลิตสูงทั้งทางด้านแรงงาน และค่าใช้จ่ายในส่วนของวัตถุดิบ ทำให้นักวิจัยหลายท่านมีแนวคิดในการนำทรัพยากรที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นและราคาถูกมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ดังนั้น จึงมีการนำวัสดุจากธรรมชาติที่เหลือใช้ เช่น เปลือกทุเรียน แกลบ สายใยบัว และชีวมวลอื่น ๆ มาเป็นส่วนผสมหนึ่งของอิฐทนไฟที่ใช้ในกระบวนการผลิตเซรามิก

จากการที่ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ส่งออกข้าวรายใหญ่ของโลก และด้วยกระบวนการผลิตข้าวสารจะมีแกลบเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก จากข้อมูลของสมาคมผู้ส่งออกข้าวไทยและกรมการข้าว [2] พบว่า ในแต่ละปี ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปีประมาณปีละ 65.15 ล้านไร่ ได้ผลผลิตข้าวเปลือกประมาณ 27 ล้านตัน และพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรังประมาณปีละ 13.72 ล้านไร่ ได้ผลผลิตข้าวเปลือกประมาณ 9 ล้านตัน จึงมีปริมาณเปลือกข้าวหรือที่เรียกว่า แกลบ [3] เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก คิดเป็น 15–30% ของข้าวที่ผลิตได้ ดังนั้นปริมาณแกลบทั้งหมดจึงมีสูงมากกว่า 7 ล้านตันต่อปี แกลบที่เป็นผลพลอยได้จากการสีข้าวเปลือกจึงมีปริมาณมากแปรผันตามผลผลิตข้าวที่เพิ่มขึ้นในทุก ๆ ปี นอกไปจะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาอิฐมอญ ใช้ผสมกับดินเพื่อปลูกไม้ประดับ ใช้เป็นชีวมวล ใช้เป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์ [4] ยังได้นำแกลบมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกล พบว่า ส่วนประกอบหลักของแกลบ คือ ซิลิกาประมาณ 80-90% จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวทำให้ทราบว่า ซิลิกาที่อยู่ในแกลบจำนวนมากสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเซรามิกได้เป็นอย่างดี

งานวิจัยก่อนหน้านี้นิยมนำเถ้าแกลบมาเป็นส่วนผสมในการผลิตอิฐทนไฟ โดยใช้น้ำเป็นวัสดุประสาน แต่งานบางประเภทต้องการอิฐทนไฟที่มีกำลังรับแรงอัดสูง ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำโซเดียมซิลิเกตหรือน้ำแก้วมาใช้เป็นวัสดุประสานแทนแบบเดิม ทั้งนี้เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของอิฐทนไฟที่มีกำลังรับแรงอัดสูง (High Compressive Strength Fire Brick) [5] และทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาส่วนผสมอิฐทนไฟกำลังรับแรงอัดสูง ให้เหมาะกับการใช้งานในประเภทอื่นต่อไป

2. วิธีการทดลอง

การขึ้นรูปอิฐทนไฟทำได้โดยการนำเถ้าแกลบมาผสมกับผงอลูมินาคลุกให้เข้ากันพอดี จากนั้นเติมโซเดียมซิลิเกตหรือน้ำแก้ว ประสานวัตถุดิบให้เข้ากัน นำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิค โดยใช้แบบพิมพ์ Cubes ขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 2 inch x 2 inch x 2 inch ซึ่งอ้างอิงจากมาตรฐาน ASTM Designation : C20–97 ผึ่งแดดให้แห้งแล้วนำเข้าเตาเผา การปรับอัตราส่วนผสมระหว่างอลูมินาและเถ้าแกลบของอิฐทนไฟแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของอลูมินากับเถ้าแกลบ

ลำดับที่	อัตราส่วน อลูมินา : เถ้าแกลบ	อุณหภูมิ (°C)	น้ำแก้ว (%)	จำนวน (ชิ้น)
1.	40:60	1000	10	4
2.	40:60	1000	15	4
3.	50:50	1000	10	4
4.	50:50	1000	15	4
5.	60:40	1000	10	4
6.	60:40	1000	15	4
7.	70:30	1000	10	4
8.	70:30	1000	15	4
9.	80:20	1000	10	4
10.	80:20	1000	15	4
11.	40:60	1200	10	4
12.	40:60	1200	15	4
13.	50:50	1200	10	4
14.	50:50	1200	15	4
15.	60:40	1200	10	4
16.	60:40	1200	15	4
17.	70:30	1200	10	4
18.	70:30	1200	15	4
19.	80:20	1200	10	4
20.	80:20	1200	15	4
			รวม	80

การทดสอบของอิฐทนไฟที่มีส่วนผสมระหว่างอลูมินากับเถ้าแกลบตามมาตรฐานการทดสอบสมบัติทางกายภาพของอิฐทนไฟ ประกอบด้วย 5 การทดลอง คือ ความหนาแน่น กำลังรับแรงอัด การดูดซึมน้ำ การหดตัวหลังการเผา และการนำความร้อน ซึ่งมีรายละเอียดในการทดสอบดังต่อไปนี้

2.1 การทดสอบหาค่าความหนาแน่น (Density)

ความหนาแน่นของวัสดุพรุน คือ ความหนาแน่นรวม (Bulk density) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$\rho_b = \frac{W_d}{V_b} \quad (1)$$

เมื่อ ρ_b คือ ค่าความหนาแน่นรวม (Bulk density) ของชิ้นงานทดสอบ (g/cm^3) W_d คือ น้ำหนักของชิ้นงานทดสอบขณะแห้ง (g) และ V_b คือ ปริมาตรของชิ้นงานทดสอบ (cm^3)

2.2 การทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัด (Compressive Strength)

การทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดทำโดยการนำชิ้นงานที่ขึ้นรูปแล้วมาทดสอบโดยใช้ Bearing block วางบนชั้นทดสอบจากนั้นปรับตำแหน่งให้อยู่ตรงกลาง ใช้ Load rate 3,000 kg/min ทำการ Load ชิ้นงานทดสอบ จนวิบัติ (Failure) แล้วนำไปคำนวณหาค่ากำลังรับแรงอัดตามสมการที่ (2)

$$S = \frac{W}{A} \quad (2)$$

เมื่อ S คือ ค่ากำลังรับแรงอัด (kg/cm^2) W คือ load สูงสุดจากเครื่อง Test machine (kg) A คือ ค่าเฉลี่ยของพื้นที่หน้าตัดด้านบนและด้านล่างของชิ้นตัวอย่างทดสอบในแนวตั้งฉากกับระนาบทดสอบ (cm^2)

2.3 การทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำ (Absorption)

การทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำทำได้โดยเปรียบเทียบน้ำหนักของชิ้นงานขณะแห้ง (Dry weight) กับน้ำหนักขณะเปียก (Wet weight) ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำคำนวณได้จากสมการที่ (3)

$$\% \text{ Absorption} = \left[\frac{W_W - W_d}{W_d}\right] \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ % Absorption คือ ค่าการดูดซึมน้ำ (%) W_w คือ น้ำหนักของชิ้นงานขณะเปียก (g) W_d คือ น้ำหนักของชิ้นงานขณะแห้ง (g)

2.4 การทดสอบหาค่าการหดตัวหลังการเผา (Shrinkage)

ค่าการหดตัว [6] สามารถหาได้จากสมการที่ (4)

$$\% \, Shrinkage = \frac{L_{Before} - L_{After}}{L_{Before}} \times 100 \quad (4)$$

เมื่อ % Shrinkage คือ ค่าการหดตัวหลังการเผา (%) L_{Before} คือ ความยาวชิ้นงานทดสอบหลังการขึ้นรูปก่อนนำไปเผา (mm) L_{After} คือ ความยาวชิ้นงานทดสอบหลังการเผา (mm)

2.5 การทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal Conductivity)

ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนหาได้จากสมการที่ (5)

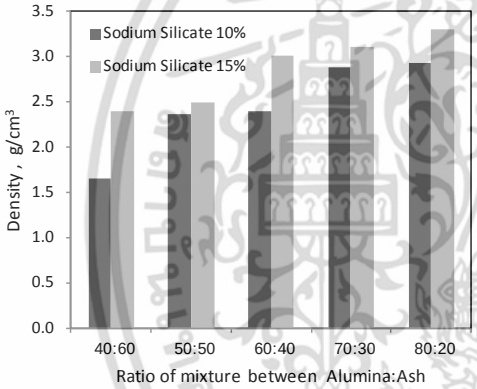
$$K = \frac{QL}{A(T_H - T_C)} \quad (5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากมาตรฐานการทดสอบ ASTM C177-10 ใช้เครื่อง Thermal Conductivity Analyzer ในการทดสอบและกฎของฟูเรียร์ กำหนดให้ Q คือ อัตราการถ่ายโอนความร้อนด้วยการนำความร้อน (W) A คือ พื้นที่ผิวของชิ้นงานทดสอบ (m^2) T_H คือ อุณหภูมิที่ผิวของชิ้นงานทดสอบด้านร้อน (K) T_C คือ อุณหภูมิที่ผิวของชิ้นงานทดสอบด้านเย็น (K) L คือ ความหนาของชิ้นงานทดสอบ (m) K คือ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของชิ้นงานทดสอบ (W/m.K)

3. ผลการทดลอง

การวิจัยเรื่อง ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอิฐทนไฟกำลังรับแรงอัดสูง มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการนำเถ้าแกลบมาใช้ประโยชน์ โดยใช้เป็นส่วนผสมของอิฐทนไฟ จากการทดลองพบว่า

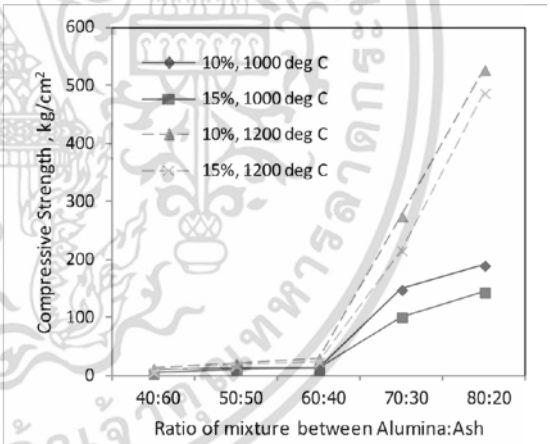


รูปที่ 1: ค่าความหนาแน่น (g/cm^3) และอัตราส่วนผสมของอิฐทนไฟ โดยเผาที่อุณหภูมิสูงสุด 1000^0C

อิฐทนไฟที่มีอัตราส่วนผสมของ อลูมินา:เถ้าแกลบ ที่ 80:20 และน้ำแก้ว 15% โดยน้ำหนัก มีค่าความหนาแน่นสูงที่สุด คิดเป็น 3.3 g/cm^3 ทั้งนี้เนื่องจากอัตราส่วนผสมระหว่าง อลูมินา เถ้าแกลบ และน้ำแก้ว คลุกเคล้ากันได้ดี ดังนั้นจึงส่งผลให้อิฐทนไฟที่ผลิตได้มีความหนาแน่นสูงที่สุด ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่น (g/cm^3) และอัตราส่วนผสมระหว่างอลูมินาและเถ้าแกลบของอิฐทนไฟ โดยเผาที่อุณหภูมิสูงสุด 1000 °C จากรูปที่ 1 พบว่า เมื่ออัตราส่วนของเถ้าแกลบลดลง จะส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของอิฐทนไฟเพิ่มขึ้น แต่มีอัตราการเพิ่มขึ้นที่ไม่คงที่ และเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำแก้วจะทำให้อิฐทนไฟมีค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

เมื่อนำชิ้นงานที่มีอัตราส่วนผสมของอลูมินา:เถ้าแกลบที่ 70:30 และ 80:20 ประสานด้วยน้ำแก้ว 10 % ไปเผาที่อุณหภูมิสูงสุด 1000 °C และนำไปทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัด พบว่า ชิ้นงานมีค่ากำลังรับแรงอัด 149.4 kg/cm^2 และ 191.13 kg/cm^2 ตามลำดับ แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของน้ำแก้วเป็น 15% พบว่า ชิ้นงานมีค่ากำลังรับแรงอัดลดลงเป็น 102.45 kg/cm^2 และ 145 kg/cm^2 ตามลำดับ และเมื่อนำชิ้นงานที่มีอัตราส่วนผสมเดียวกันไปเผาที่อุณหภูมิสูงสุด 1200 °C พบว่า ที่อัตราส่วนของน้ำแก้ว 10 % ชิ้นงานมีค่ากำลังรับแรงอัด 275.9 kg/cm^2 และ 528 kg/cm^2 ตามลำดับ แต่เมื่อเพิ่มน้ำแก้วเป็น 15% พบว่า ชิ้นงานมีค่ากำลังรับแรงอัด 216.75 kg/cm^2 และ 488 kg/cm^2 ตามลำดับ

จากผลการทดลอง พบว่า อัตราส่วนของเถ้าแกลบที่ลดลง ส่งผลให้ค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำแก้ว กลับทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดของอิฐทนไฟลดลง และเมื่อนำไปเผาที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 2

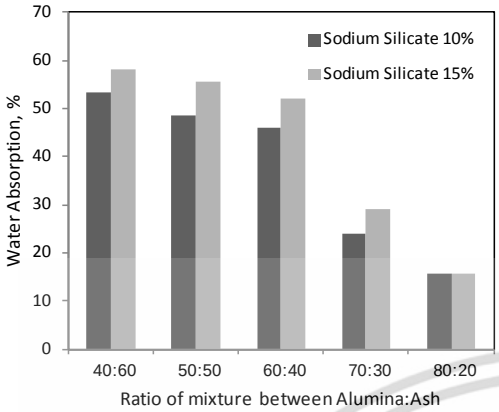


รูปที่ 2: ค่ากำลังรับแรงอัด (Compressive strength) และอัตราส่วนผสมของอิฐทนไฟ โดยเผาที่อุณหภูมิสูงสุด 1000 °C และ 1200 °C

อิฐทนไฟอัตราส่วนผสมของ อลูมินา:เถ้าแกลบ ที่ 80:20 น้ำแก้ว 10% เผาที่อุณหภูมิ 1200°C ที่ได้จากงานวิจัยนี้ มีค่ากำลังรับแรงอัด 528 kg/cm^2 สูงกว่างานวิจัยอื่น ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของชัยวัฒน์ [7] ซึ่งทำวิจัยเรื่อง “การพัฒนาคุณสมบัติของอิฐดินเผาผสมเถ้าแกลบ” พบว่ามีค่ากำลังรับแรงอัด 55.92 kg/cm^2 และเปรียบเทียบกับสุวิชา [8] ซึ่งวิจัยเรื่อง “การเตรียมเซรามิกส์ทนไฟที่มีสภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำความร้อนสูง" พบว่า มีค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุด 288.58 kg/cm^2

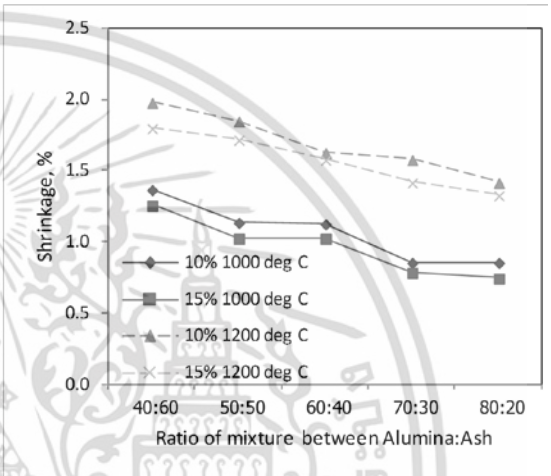


รูปที่ 3: ค่าการดูดซึมน้ำ (%) และอัตราส่วนผสมของอิฐทนไฟ โดยเผาที่อุณหภูมิสูงสุด 1000 °C

เมื่อนำชิ้นงานมาทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำ พบว่า อิฐทนไฟที่มีอัตราส่วนผสมของ อลูมินา:เถ้าแกลบ ที่ 40:60 ประสานด้วยน้ำแก้ว 15% โดยน้ำหนัก มีค่าการดูดซึมน้ำสูงที่สุด คิดเป็น 58.05% ในขณะที่อัตราส่วนผสม 80:20 น้ำแก้ว 10% มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด คิดเป็น 15.68%

ถ้าเพิ่มปริมาณเถ้าแกลบในส่วนผสมของอิฐทนไฟ จะทำให้ค่าการดูดซึมน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นดังรูปที่ 3 กล่าวคือ เมื่ออัดขึ้นรูปอิฐทนไฟที่มีส่วนผสมของเถ้าแกลบในปริมาณมากย่อมทำให้เนื้อของอิฐทนไฟไม่แน่น ส่งผลให้มีความพรุนสูงจึงทำให้ดูดซึมน้ำได้ดี ในทางกลับกันเมื่อชิ้นงานมีปริมาณอลูมินาสูงย่อมส่งผลให้ความสามารถในการดูดซึมน้ำลดลง ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อมีความละเอียดมากกว่า นอกจากนี้ปริมาณน้ำแก้วที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้การดูดซึมน้ำมีค่าลดลง และปัจจัยจากการเผาขึ้นรูปโดยใช้อุณหภูมิที่แตกต่างกันย่อมส่งผลต่อการดูดซึมน้ำอีกทางหนึ่งด้วย

เมื่อนำอิฐทนไฟที่มีอัตราส่วนผสมของ อลูมินา:เถ้าแกลบ ที่ 40:60 ประสานด้วยน้ำแก้ว 10 % ไปเผาที่อุณหภูมิ 1000 °C พบว่า มีค่าการหดตัวหลังการเผา คิดเป็น 1.37% เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำแก้วเป็น 15% พบว่า ค่าการหดตัวหลังการเผาลดลงเป็น 1.26 % และเมื่อนำอัตราส่วนผสมเดียวกันไปเผาที่อุณหภูมิสูงสุด 1200°C พบว่า ชิ้นงานที่ประสานด้วยน้ำแก้ว 10 % มีค่าการหดตัวหลังการเผาเพิ่มขึ้นเป็น 1.98 % ซึ่งมีค่าสูงสุดในบรรดาตัวอย่างทดสอบทั้งหมด แต่เมื่อเพิ่มน้ำแก้วเป็น 15 % กลับมีค่าการหดตัวหลังการเผาลดลงเป็น 1.8 % รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4 จากข้อมูลดังกล่าวทำให้วิเคราะห์ได้ว่า อัตราส่วนของเถ้าแกลบที่มากขึ้นส่งผลให้ค่าการหดตัวหลังการเผาเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ในทางกลับกัน อัตราส่วนของน้ำแก้วจะแปรผกผันกับค่าการหดตัวหลังการเผา เป็นที่น่าสังเกตว่า ชิ้นงานทดสอบที่อัตราส่วนผสมเดียวกัน เมื่อนำไปเผาที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ค่าการหดตัวหลังการเผาเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน



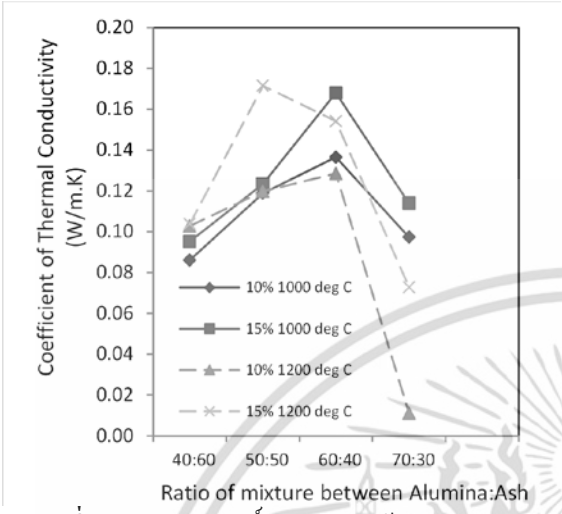
รูปที่ 4: ค่าการหดตัวหลังการเผา (%) และอัตราส่วนของอิฐทนไฟโดยเผาที่อุณหภูมิสูงสุด 1000°C และ 1200°C

เมื่อนำอิฐทนไฟที่มีอัตราส่วนผสมของอลูมินา:เถ้าแกลบ ที่ 60:40 ประสานด้วยน้ำแก้ว 15 % พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน 0.168 W/mK ซึ่งเป็นค่าสูงที่สุดเมื่อเผาที่อุณหภูมิ 1000°C แต่เมื่อลดปริมาณน้ำแก้วลงเหลือ 10 % พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนลงลงเหลือ 0.137 W/mK รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 5

เมื่อนำอิฐทนไฟไปเผาที่อุณหภูมิสูงสุด 1200°C พบว่า อิฐทนไฟที่มีอัตราส่วนของ อลูมินา:เถ้าแกลบ ที่ 50:50 น้ำแก้ว 15% มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน 0.172 W/mK ซึ่งเป็นค่าสูงที่สุดในตัวอย่างทดสอบทั้งหมด และเมื่อลดปริมาณน้ำแก้วลงเหลือ 10 % ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีค่าเป็น 0.120 W/mK เมื่อนำผลการทดสอบค่าการนำความร้อนของอิฐทนไฟที่มีส่วนอัตราส่วนผสมระหว่าง อลูมินา:เถ้าแกลบ ที่ 70:30 น้ำแก้ว 10% เผาขึ้นรูปที่ 1200°C ให้ค่าการนำความร้อนต่ำสุด 0.073 W/mK เมื่อเทียบกับงานวิจัยของ สุวิชา [8] พบว่ามีค่าต่ำกว่าประมาณ 3 เท่า เป็นที่น่าสังเกตว่า ที่มีอัตราส่วนผสม 80:20 ไม่สามารถทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนได้ เนื่องจากมีค่าต่ำมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกินขีดจำกัดของเครื่องทดสอบ จะเห็นว่า ค่าการนำความร้อนต่ำแสดงว่าเป็นฉนวนที่ดี ดังนั้น อิฐทนไฟที่มีส่วนผสมเถ้าแกลบและใช้น้ำแก้วเป็นตัวประสานจะมีสมบัติความเป็นฉนวนที่ดีกว่า



รูปที่ 5: ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (W/mK) และอัตราส่วนของอิฐทนไฟ โดยเผาที่อุณหภูมิสูงสุด 1000°C และ 1200°C

4. สรุป

ผลการทดสอบค่าความหนาแน่น พบว่า เมื่ออัตราส่วนของเถ้าแกลบลดลง จะส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของอิฐทนไฟเพิ่มขึ้น แต่มีอัตราการเพิ่มขึ้นที่ไม่คงที่ และเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำแก้วจะทำให้อิฐทนไฟมีค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด พบว่า อัตราส่วนของเถ้าแกลบที่ลดลง ส่งผลให้ค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำแก้ว กลับทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดของอิฐทนไฟลดลง และเมื่อนำไปเผาที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ พบว่า ถ้าเพิ่มปริมาณเถ้าแกลบในส่วนผสมของอิฐทนไฟ จะทำให้ค่าการดูดซึมน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นดัง ในทางกลับกันเมื่อชิ้นงานมีปริมาณอลูมินาสูงย่อมส่งผลให้ความสามารถในการดูดซึมน้ำลดลง ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อมีความละเอียดมากกว่า นอกจากนี้ปริมาณน้ำแก้วที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้การดูดซึมน้ำมีค่าลดลง ผลการทดสอบค่าการหดตัวหลังการเผา พบว่า อัตราส่วนของเถ้าแกลบที่มากขึ้นส่งผลให้ค่าการหดตัวหลังการเผาเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ในทางกลับกัน อัตราส่วนของน้ำแก้วจะแปรผกผันกับค่าการหดตัวหลังการเผา เป็นที่น่าสังเกตว่า ชิ้นงานทดสอบที่อัตราส่วนผสมเดียวกัน เมื่อนำไปเผาที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ค่าการหดตัวหลังการเผาเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน ผลการทดสอบค่าการนำความร้อนของอิฐทนไฟที่มีส่วนอัตราส่วนผสมระหว่าง อลูมินา:เถ้าแกลบ ที่ 70:30 น้ำแก้ว 10% เผาขึ้นรูปที่ 1200°C ให้ค่าการนำความร้อนต่ำกว่านักวิจัยท่านอื่นประมาณ 3 เท่า ซึ่งแสดงว่าเป็นฉนวนได้ดี

5. เอกสารอ้างอิง

[1] S. Khaodee, “A Study of Basic Physical Properties of High Compressive Strength Brick Made out of Sand in Chainat Province as Main Material,” Master’s thesis in Civil Engineering, School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut’s University of Technology Thonburi, 2006.

[2] Thai Rice Exporters Association, “Rice production,” Agricultural Economic Bureau (March 2013), Available from: http://www.thairiceexporters.or.th/production.htm

[3] Water Quality Management Bureau, “Ash,” Unwanted Materials (2011). Available from: http://wqm.pcd.go.th/km/images/stories/agriculture/chaff.pdf

[4] K. Thepnoo, “A Study of the Use of Rice Husk Ash in Small Biomass Electricity Plant,” Master’s thesis in Science, Department of Environmental Technology, School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut’s University of Technology Thonburi, 2006.

[5] S.S. Pisitsunkakarn, P. Ubolsook and A. Watanapa, “Development of High Compressive Strength Fire Brick,” Applied Mechanics and Materials, Vols. 459, pp. 658-663, 2014.

[6] P. Pimkhaokam, “Fireproof Materials,” Ceramic Journal (Local), 14th imprint, pp. 490-495, 1996.

[7] C. Sisomsak, “The Development of Properties of High Compressive Strength Brick Mixed with Ash” Master’s thesis in Science, Department of Civil Engineering, King Mongkut’s University of Technology Thonburi, 2005.

[8] S. Samapisut, “Preparation of Fireproof Ceramic with High Thermal Conductivity,” Master’s thesis in Science, Department of Physics, Chiang Mai University, 1988.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้