การพัฒนาอิฐทนไฟ 1,300 องศาเซลเซียส จากดินพื้นบ้าน

DEVELOPMENT REFRACTORY BRICK 1,300 DEGREES CELSIUS FROM LOCAL CLAY

เลิศชาย สถิตย์พนาวงศ์[1], *อภิชิต กระจ่างเย่า[2]*

Lerdchai Sathitpanawong[1], *Apichit Krajangyao[2]*

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

Department of Applied Science, Faculty of Science and Technology,

Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University.

บทคัดย่อ

การพัฒนาอิฐทนไฟ 1,300 องศาเซลเซียส จากดินพื้นบ้าน มีวัตถุประสงค์เพื่อทดลองหาส่วนผสมระหว่างดินพื้นบ้านอำเภอบางปะหัน ดินขาว ทรายและขี้เลื่อย กลุ่มตัวอย่างได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงจากตารางสี่เหลี่ยม ศึกษาสมบัติทางกายภาพก่อนและหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน และทดลองขึ้นรูปอิฐทนไฟจากส่วนผสมเนื้อดินปั้นที่มีส่วนผสมเหมาะสมที่สุด

ผลการวิจัยพบว่าส่วนผสมที่ 21 มีดินพื้นบ้านในปริมาณร้อยละ 20 ดินขาวในปริมาณร้อยละ 30 ทรายในปริมาณร้อยละ 30 และขี้เลื่อยในปริมาณร้อยละ 20 และส่วนผสมที่ 26 มีดินพื้นบ้านในปริมาณร้อยละ10 ดินขาวในปริมาณร้อยละ 40 ทรายในปริมาณร้อยละ 40 และขี้เลื่อยในปริมาณร้อยละ 10 สามารถผลิตอิฐทนไฟได้

คำสำคัญ: อิฐทนไฟ ดินพื้นบ้าน ดินขาว ทราย ขี้เลื่อย

Abstract

Development Refractory Brick 1,300 Degrees Celsius from Local clay to study the mixtures between Local clay in Bangpahun , white clay Sand and Wood Sawdust. The experiment of this research used different sampling diagram from square diagram of 36 mixtures. The properties of physical qualifications have been studied before – after burning at 1,300 Degrees Celsius under an oxidation atmosphere and also the product test was formed of the best mixture.

The compositions which contained no. 21, 20 percents Local clay , 30 percents white clay, 30 percents Sand, 20 percents Wood Sawdust and no. 26, 10 percents Local clay, 40 percents white clay, 40 percents Sand and 10 percents Wood Sawdust, the mixtures have potential for used as the Refractory Brick.

Keywords: Refractory Brick, Local clay, White Clay, Sand, Wood Sawdust

บทนำ

วัสดุทนไฟหมายถึงวัสดุอโลหะที่สามารถนำมาใช้ก่อสร้างโครงสร้างหรือเตาต่างๆ ที่ใช้งานที่อุณหภูมิสูงได้โดยไม่เกิดการหลอมเหลวเสียรูปร่างไปขณะใช้งาน คุณสมบัติของวัสดุทนไฟคือทนไฟ สามารถรับน้ำหนักขณะใช้งานที่อุณหภูมิสูงได้เพียงพอโดยไม่เกิดการยุบตัว ทนการขัดสีจากลมหรือวัสดุต่างๆ ได้ดีที่อุณหภูมิสูง ทนการกัดกร่อนจากสารเคมีได้เมื่อใช้งาน [1] ประเภทของวัสดุทนไฟแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ดังนี้ [2]

1. อิฐทนไฟ (Refractory Brick) มีลักษณะเป็นก้อน การใช้งานส่วนมากจะนำไปใช้ในงานก่อ เช่น ในการก่อสร้างเตาเผา เป็นต้น

2. ปูนทนไฟ (Mortor) เป็นวัสดุทนไฟชนิดพิเศษ เนื้อละเอียด ใช้ในการก่ออิฐทนไฟ ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมระหว่างอิฐ และป้องกันการแทรกซึมของก๊าซ หรือของเหลวซึมออกจากรอยต่อระหว่างอิฐ โดยจะใช้ก่อหนาเพียง 1 – 2 มม. เท่านั้น ปูนทนไฟโดยทั่วไปแบ่งตามลักษณะผลิตภัณฑ์เป็น 2 ประเภท คือ

2.1 ปูนทนไฟที่ต้องให้ความร้อนจึงจะแข็งตัว (โดยปกติประมาณ 1,000 เซลเซียสขึ้นไป)

2.2 ปูนทนไฟที่เมื่อทิ้งไว้จะแข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง

3. คอนกรีตทนไฟ (Castable) เป็นส่วนผสมของเม็ดวัสดุทนไฟชนิดต่างๆ กับซีเมนต์ทนไฟ ซึ่งมีอลูมิน่าสูงเมื่อผสมกับน้ำในปริมาณที่พอเหมาะแล้วจะสามารถเทลงแบบเป็นรูปร่างต่างๆ ได้คล้ายกับคอนกรีตปกติ ช่วยลดปัญหาในบริเวณที่ก่ออิฐได้ยากและลดความยุ่งยากในการตัดอิฐ

4. พลาสติกทนไฟ (Plastic) ลักษณะเป็นก้อนเหนียวคล้ายดินน้ำมัน ประกอบด้วย เม็ดวัสดุทนไฟชนิดต่างๆ กับพวกดินหรือสารเคมี ซึ่งทำให้เกิดความเหนียว มักใช้ในการปะซ่อมผนังเตาที่แตกบิ่น ให้ความสะดวกรวดเร็วในการซ่อมแซม และยังใช้เป็นโครงสร้างของเตาเผาได้อีกด้วย

5. อิฐฉนวนกันความร้อน (Insulation Brick) เป็นอิฐที่ใช้สำหรับป้องกันการสูญเสียความร้อนออกไปภายนอกสามารถใช้ได้กับงานก่อทั่วไป มีหลายคุณภาพให้เลือกใช้ ตามแต่อุณหภูมิที่ใช้งาน [3]

ประเภทของอิฐทนไฟ

การนำวัตถุดิบมาผลิตเป็นอิฐทนไฟประเภทต่างๆ นั้นจำเป็นต้องทราบถึงชนิดของอิฐทนไฟเสียก่อน อิฐทนไฟสามารถแบ่งประเภทของอิฐทนไฟได้ดังนี้ [1, 4]

1. แบ่งประเภทตามคุณสมบัติทางเคมี สามารถแบ่งได้ 4 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1.1 อิฐทนไฟประเภทที่มีคุณสมบัติทางเคมีเป็นกรด มีสูตรทั่วไป คือ MO_2 ได้แก่ วัตถุทนไฟชนิดซิลิกา (SiO_2) และวัตถุทนไฟชนิดเซอร์โคเนีย (ZrO_2)

1.2 อิฐทนไฟประเภทที่มีคุณสมบัติทางเคมีเป็นกลาง มีสูตรทั่วไป คือ M_2O_3 ได้แก่ วัตถุทนไฟชนิดอลูมินา(Al_2O_3) และวัตถุทนไฟชนิดโครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3)

1.3 อิฐทนไฟประเภทที่มีคุณสมบัติทางเคมีเป็นด่าง มีสูตรทั่วไป คือ MO ได้แก่ วัตถุทนไฟชนิดแมกนิเซียมออกไซด์ (MgO) และวัตถุทนไฟชนิดแคลเซียมออกไซด์ (CaO)

1.4 อิฐทนไฟประเภทพิเศษอื่นๆ ได้แก่ คาร์บอนและแกรไฟต์ (C) ซิลิกอนคาร์ไบด์ วัตถุทนไฟกลุ่ม บอไรด์และคาร์ไบด์อื่นๆ [1]

2. การแบ่งประเภทตามวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

2.1 อิฐทนไฟประเภทอิฐซึ่งต้องอาศัยการยึดเกาะ

2.1.1 อิฐที่ขึ้นรูปด้วยมือ (Handmold)

2.1.2 อิฐที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัด (Mechanical Press)

2.1.3 อิฐที่ขึ้นรูปด้วยการกระทุ้ง (Ramming)

2.1.4 อิฐที่ขึ้นรูปโดยการหล่อแบบ (Slip Cast)

2.2 อิฐที่ขึ้นรูปโดยการหลอมเหลวแล้วเทลงแบบ (Fused Cast bricks)

2.3 อิฐทนไฟที่มีรูปร่างพิเศษอื่นๆ

2.3.1 วัตถุทนไฟประเภทใช้โดยการหล่อแบบ (Castable)

2.3.2 วัตถุทนไฟประเภทมีความเหนียว (Plastic)

2.3.3 วัตถุทนไฟประเภทใช้โดยการพ่น หรือฉาบ หรือก่ออิฐ (Gunmix, Mortar)

3. แบ่งประเภทโดยอาศัยส่วนประกอบทางแร่

3.1 วัตถุทนไฟประเภทใช้ตัวยึดเกาะช่วยในการขึ้นรูป ซึ่งมีหลายชนิด เช่น

3.1.1 วัตถุทนไฟชนิด แมกนีเซีย-โครม (Magnesia-Chrome) มีสูตรทั่วไปคือ MgO - Cr_2O_3

3.1.2 วัตถุทนไฟชนิด แมกนีเซีย (MgO)

3.1.3 วัตถุทนไฟชนิด แมกนีเซีย-คาร์บอน MgO - C วัตถุทนไฟกลุ่มนี้มีคุณสมบัติทางเคมีเป็นด่าง

3.1.4 วัตถุทนไฟชนิด ซิลิกา (SiO_2)

3.1.5 วัตถุทนไฟชนิดมีเปอร์เซ็นต์อะลูมินาสูง (Al_2O_3 - SiO_2)

3.1.6 วัตถุทนไฟชนิดดินทนไฟ (Fireclay refractories) (SiO_2 - Al_2O_3)

3.1.7 วัตถุทนไฟชนิดพิเศษอื่นๆ เช่น วัตถุทนไฟชนิดเซอร์คอน (ZrO_2) วัตถุทนไฟชนิดอะลูมินา-เซอร์คอน (Al_2O_3 – ZrO_2) วัตถุทนไฟชนิดซิลิมาไนต์ (Al_2O_3 - SiO_2)

3.2 วัตถุทนไฟประเภทผลิตโดยการหลอมเหลวแล้วเทลงแบบ

3.2.1 กลุ่มวัตถุไฟชนิดอะลูมินา-เซอร์โคเนีย-ซิลิกา (Al_2O_3 - ZrO_2 - SiO_2) ซึ่งอาจจะมี ZrO_2 เป็นส่วนประกอบหลัก 41%, 35% และ 32%

3.2.2 วัตถุทนไฟชนิด เซอร์โคเนีย (ZrO_2) ซึ่งมี ZrO_2 95%

3.2.3 วัตถุทนไฟชนิด อะลูมินา (Al_2O_3) ซึ่งมี Al_2O_3 95%

3.2.4 วัตถุทนไฟชนิด อะลูมินา-ซิลิกา (Al_2O_3 - SiO_2) ประกอบด้วย Al_2O_3 77% และ SiO_2 18 %

3.2.5 วัตถุทนไฟชนิด แมกนีเซีย-โครม (MgO – Cr_2O_3)

วัตถุดิบที่ใช้ทำอิฐทนไฟ

การพัฒนาอิฐทนไฟ 1,300 องศาเซลเซียสจากดินพื้นบ้าน ได้ทดลองนำวัตถุดิบมาใช้ทดลองทำอิฐทนไฟ 4 ชนิด โดยนำตัวอย่างของดินไปวิเคราะห์สารประกอบเพื่อวิเคราะห์วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองทำอิฐทนไฟ มีผลวิเคราะห์ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์สารประกอบในวัตถุดิบ

	ซิลิกา (SiO_2)	อลูมินา (Al_2O_3)	เฟอร์ริก ออกไซด์ (Fe_2O_3)	แคลเซียม ออกไซด์ (CaO)	แมกนีเซียม ออกไซด์ (MgO)	โซเดียม ออกไซด์ (Na_2O)	โพแทสเซียม ออกไซด์ (K_2O)	ไทเทเนียม ออกไซด์ (TiO_2)	น้ำ (H_2O)	น้ำหนัก สูญเสีย เนื่องจากการ เผา (LOI)
ดินพื้นบ้าน อำเภอบางปะหัน	58.4	29.4	0.2	0.74	0.43	0.10	1.9	ไม่พบ	-	8.5
ดินขาวระนอง (325 เมช)	44.85	37.98	0.97	0.06	0.12	0.04	1.23	0.07	0.65	13.94

ดินพื้นบ้าน (Local Clay)

ดินที่ใช้ในการผลิตอิฐทนไฟที่มีส่วนประกอบของ Al_2O_3 อยู่ระหว่าง 18 ถึง 44% และ SiO_2 อยู่ระหว่าง 50 ถึง 80% ได้แก่ ดินทนไฟที่มี SiO_2 เป็นองค์ประกอบอยู่มาก อิฐทนไฟที่ใช้ในบริเวณที่ถูกความร้อนจัด ควรประกอบด้วยดินทนไฟที่มีปริมาณ SiO_2 สูง [1,5] และควรมีการหดตัวน้อยมากทั้งขณะตากแห้งและหลังจากการเผาเนื่องจากดินที่มี SiO_2 เป็นองค์ประกอบอยู่มากความเหนียวไม่ดี อาจใช้ดินเหนียวทนไฟ สามารถทนไฟได้สูงถึง PCE 29 ถึง 33 เข้าช่วย ในกรณีที่มีการหดตัวสูงแต่มีความทนไฟได้ดี อาจใช้ร่วมกับดินขาวที่มีความทนไฟได้ถึง PCE 34 ถึง 35 นอกจากนี้อาจใช้ดินขาวที่เผาจนสุกตัวดีแล้วผสมในส่วนผสมของเนื้อดินปั้นอิฐเพื่อช่วยลดการหดตัวหลังจากการเผาและช่วยให้เกิดสภาพความคงทนต่อการใช้งานมากยิ่งขึ้น ได้มีความพยายามที่จะผลิตอิฐทนไฟที่มีความพรุนตัวต่ำ เพื่อทนทานต่อขี้ขลุงได้ดีขึ้น

ดินขาว (White Clay)

ดินขาว [6] หมายถึง ดินที่มีสีขาวหรือสีซีดจางทั้งในสภาพที่ยังไม่ได้เผาและเผาแล้ว ดินขาวมีส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นแร่ดินกลุ่ม Kaolinite และมีความสัมพันธ์กับมัสโคไวท์ ไมกา อิลไลท์ คอซต์ และอาจมีมอนต์มอริลโลไนท์ คำว่า เกาลิน มาจากภาษาจีนแปลว่าภูเขาสูง ซึ่งเป็นแหล่งเกิดของดินขาวในประเทศจีนดินขาวมีอยู่หลายชนิดแตกต่างกันไปตามแหล่งที่อยู่บนผิวโลกดินขาวส่วนใหญ่เป็นดินที่เกิดอยู่ในแหล่งผุพังของหินเดิม (Residual Clay) เป็นดินที่มีขนาดเม็ดหยาบจึงมีความเหนียวน้อย [1] ประกอบด้วยแร่เกาลินไนท์ (Kaolinitte) มากกว่าดินชนิดอื่นๆ แหล่งดินชนิดนี้มี 2 แบบ [7]

1. แหล่งต้นกำเนิด (Residual Deposits) ดินขาวแหล่งนี้ มักพบในลักษณะเป็นภูเขาหรือที่ราบ ซึ่งเดิมทีเป็นแหล่งแร่หินฟันม้า เมื่อหินฟันม้าผุพังโดยบรรยากาศ (Weathering) ผลสุดท้ายจะเหลือเป็นดินขาวอยู่ ณ ที่นั้น กระบวนการเกิดดินขาว (Kaolinization) นี้มีขั้นตอนของปฏิกิริยาต่างๆ ดังนี้

$KAlSi_3O_8 + H_2O$ -----> $HAlSi_3O_8 + KOH$
ปฏิกิริยาไฮโดรไลสิส (Hydrolysis)

$HAlSi_3O_8$ ----->$HAlSiO_4 + 2SiO_2$
ปฏิกิริยาการสลายตัวให้ซิลิกา (Desilication)

$2HAlSiO_4 + H_2O$ -----> $(OH)4Al2Si_2O_5$
ปฏิกิริยาการรวมตัวกับน้ำ (Hydration)

$KAlSi_3O_8$ = หินฟันม้าชนิดโปแตช (Potash Feldspar)
$(OH)\ 4Al_2Si_2O_5$ = ดินขาว (Kaolinite)

สิ่งสกปรกที่พบเสมอในดินแหล่งนี้ คือ ซิลิกา (Silica) มีสูตรเคมีเป็น SiO_2 นอกจากนี้ก็มีหินฟันม้าและผลิตผลอื่นๆ ที่ยังไม่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากปฏิกิริยายังไม่สมบูรณ์ และอาจมีสิ่งสกปรกที่อื่นที่เข้าไปปน

2. แหล่งสะสมที่ลุ่ม (Sedimentary Deposit) หมายถึงแหล่งดินขาวที่เกิดจากดินขาวจากแหล่งแรกถูกกระแสน้ำพัดพาไปและไปสะสมที่บริเวณที่ราบลุ่ม ในประเทศมีแหล่งดินขาวหลายจังหวัด มีจังหวัดลำปาง อุตรดิตถ์ ปราจีนบุรี ระนอง สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช เป็นต้น

ดินขาวที่ขุดขึ้นมาใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ มีอยู่ 3 ชนิด คือ

1. ดินขาวที่มีความบริสุทธิ์ และมีความทนไฟสูง สามารถนำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาได้

2. ดินขาวอีกชนิดหนึ่ง เป็นเกรดของฟิลเลอร์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ ทำสี ยาง ยาฆ่าแมลง ปุ๋ย และอื่นๆ โดยใช้ดินขาวที่มีเนื้อสีขาวบริสุทธิ์ตามผลวิเคราะห์ทางเคมีแต่ไม่ได้นำไปเผาผ่านความร้อนในกระบวนการผลิต

3. ดินขาวที่เป็นดินสอพองซึ่งไม่ใช่ดินขาว แต่เป็นปูนขาวชอล์ก (Chalk) หรือแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCo_3$) เกิดจากผลึกของหินปูนตามธรรมชาติที่มีลักษณะเป็นผลึกละเอียดสีขาว บางครั้งเป็นสีอมชมพู และน้ำตาลอ่อน ซึ่งใช้เป็นเนื้อดินปั้นขึ้นรูปไม่ได้ ใช้ผสมทำปูนซีเมนต์

สมบัติต่างๆ ของดินขาว (Kaolin) [7]

- สูตรทางเคมีของดินขาวคือ $Al_2O_3 \bullet 2SiO_2 \bullet 2H_2O$
- ส่วนประกอบของดินขาวประกอยด้วย อลูมินา 39.5% ซิลิก้า 46.5% น้ำ 14.0%
- รูปผลึก เป็นแผ่นหกเหลี่ยม เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5-10.0 ไมครอน ความเหนียวต่ำ
- ความทนไฟ 1,750-1,770 องศาเซลเซียส
- ความหดตัวน้อย
- ความแข็งแกร่งสูง หลังผ่านการเผา

ดินขาวมีหลายแหล่งที่พบในประเทศไทย เช่น เชียงราย ลำปาง อุตรดิตถ์ ปราจีนบุรี ระนอง ชุมพร และนราธิวาส ดินขาวมีหลายเกรดหลายคุณภาพ แหล่งดินขาวที่ใช้ทำในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ได้แก่ ดินขาวระนอง ชุมพร และนราธิวาส เป็นดินขาวคุณภาพปานกลาง เป็นแร่เกาลินไนท์ (Medium Ordered Kaolinite) มีความบริสุทธิ์และมีความขาวมากกว่าดินขาวลำปาง ดินขาวลำปางเป็นดินขาวเซอริไซท์ (Sericite) มีแร่ไมกา

เป็นส่วนประกอบหลักมีแร่เกาลินไนท์ประกอบอยู่เป็นส่วนน้อย หรือแร่เกาลินไนท์คุณภาพต่ำ (Disordered Kaolinite) แร่เซอริไซท์เกิดจากการผุพังของหินแกรนิต ซึ่งกลายเป็นเฟลด์สปาร์ก่อนที่จะกลายเป็นแร่เกาลินไนท์ จึงเป็นแร่เกาลินไนท์ที่ไม่สมบูรณ์ [6]

ทราย (Sand)

ทรายในงานด้านโยธาในอุตสาหกรรมก่อสร้างคือวัตถุผสมละเอียดที่มีขนาดผ่านตะแกรงร่อน 4.75 มิลลิเมตร ได้จะเป็นเศษหินแร่ก็ได้ พบได้ทั่วไปมีเม็ดทรายแข็งแกร่งทนทานมีเหลี่ยมคมไม่ขยายตัวมาก มีสารประกอบอื่นเจือปนอยู่น้อย โดยทรายที่ใช้ผสมปูนซีเมนต์จะเรียกว่าวัสดุผสมละเอียด (fline aggregate) มีขนาด 4.75 -0.07 มิลลิเมตร

ทรายที่ใช้ในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะหมายถึงทรายแก้ว (Silica sand) คือ ทรายที่มีปริมาณซิลิกา (SiO_2) มากกว่าร้อยละ 95 และมีสารประกอบอื่นๆ เจือปนอยู่ได้ในปริมาณเล็กน้อยโดยเฉพาะมีเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) ไม่ควรเกินร้อยละ 1.0

ทรายแก้วที่ใช้งานอุตสาหกรรมแก้วและกระจกควรมีคุณลักษณะดังนี้คือมีปริมาณซิลิกา (SiO_2) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 98.5 สำหรับแก้วและร้อยละ 99 สำหรับกระจกแผ่นเรียบปริมาณเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) ไม่มากกว่าร้อยละ 0.3 สำหรับแก้วกระจกสี และไม่เกินร้อยละ 0.008 สำหรับทำกระจกแผ่นเรียบ เม็ดทรายควรจะเป็นเหลี่ยมดีกว่าชนิดกลมขนาดระหว่าง 0.215 - 0.500 มิลลิเมตร (65-32 เมช) และยอมให้มีขนาดถึง 0.106 มิลลิเมตร (150 เมช) ปนอยู่ได้ประมาณร้อยละ 1 ส่วน บางแห่งกำหนดว่าขนาดควรจะเล็กกว่า 0.850 มิลลิเมตร (20 เมช) จนถึง 0.150 มิลลิเมตร (100 เมช) ส่วนที่เล็กกว่า 0.150 มิลลิเมตร ควรให้มีน้อยที่สุด บางแห่งกำหนดจนถึง 0.106 มิลลิเมตร ส่วนที่เล็กกว่า 0.106 มิลลิเมตร ยอมให้ปนน้อยที่สุด เพราะเท่าที่สังเกตพบว่าสารที่ไม่บริสุทธิ์มักจะปนอยู่มากในทรายที่มีขนาดเล็ก

ทรายแก้วที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์เป็นส่วนประกอบถึงร้อยละ 40 เพราะทรายแก้วเพิ่มความขาวให้กับผลิตภัณฑ์ ทำให้แกร่ง แห้งง่าย เพิ่มการยึดเกาะระหว่างเนื้อเซรามิกส์และตัวเคลือบ คงทนต่อความร้อนและแตกยาก

คุณสมบัติของทรายในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ต้องมีส่วนประกอบที่สำคัญคือปริมาณซิลิก้า (SiO_2) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 99 ปริมาณเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) ไม่เกินร้อยละ 0.01 ขนาดของเม็ดทรายละเอียดขนาดน้อยกว่า 0.10 มิลลิลิตร (100 เมช) มีความชื้นในปริมาณที่กำหนด ผ่านกระบวนการล้างและแต่งแร่เพื่อเอาแร่เหล็กออกผ่านกระบวนการคัดขนาดได้ทรายแก้วที่คุณภาพสม่ำเสมอ

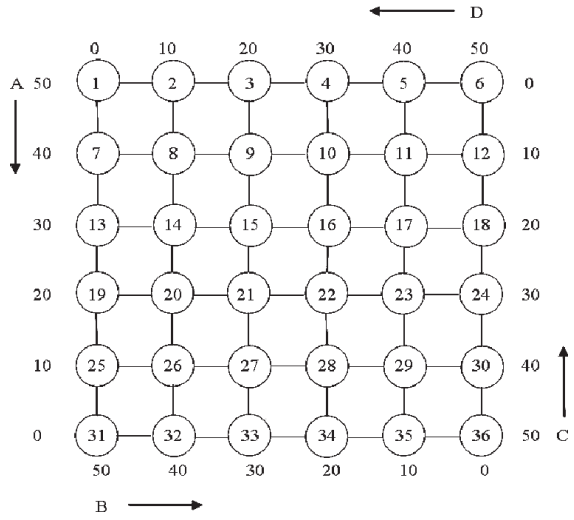
ทรายแก้วที่ใช้ในอุตสาหกรรมหล่อโลหะใช้เป็นแบบหล่อทรายเพื่อการหล่อโลหะ ซึ่งชิ้นงานหล่อที่ดีผลิตได้จากแบบหล่อที่ดี โดยการนำทรายที่มีคุณภาพมาทำเป็นแบบหล่อ โดยใช้ทรายแก้วมาผสมกับดินเหนียวเพื่อทำให้มีความแข็งแรงและแบบหล่อจับตัวได้ดี คุณสมบัติของทรายทำแบบหล่อต้องมีคุณสมบัติ คือ ทนความร้อนได้สูง ระบายแก๊สได้ดีทำลายหรือสลายตัวได้ง่าย ทรายแก้วที่ใช้เป็นทรายแห้งที่ผ่านการล้าง มีขนาดของเม็ดทรายใกล้เคียงกันยิ่งมีปริมาณซิลิก้าสูงจะทนทานมาก [8]

ขี้เลื่อย (WoodSawdust)

คือวัสดุเหลือทิ้งในการตัดไม้ การไสไม้ การแปรรูปไม้จากโรงเลื่อย ปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์จากขี้เลื่อยหลายรูปแบบ เช่น นำมาแปรสภาพใหม่เป็นไม้อัด นำมาใช้เป็นวัสดุปลูก ทำปุ๋ย วัสดุรองพื้นโรงเรือน นำมาผสมทำเป็นตัวช่วยทำให้เกิดการพรุนตัวในงานด้านวัสดุเนื่องจากขี้เลื่อยเผาแล้วสลายไป ขี้เลื่อยจึงสามารถนำมาใช้ทำเป็นวัสดุช่วยทำให้เกิดการพรุนตัวได้ในอิฐทนไฟ

การสุ่มตัวอย่างสำหรับทดลองการทำอิฐทนไฟ

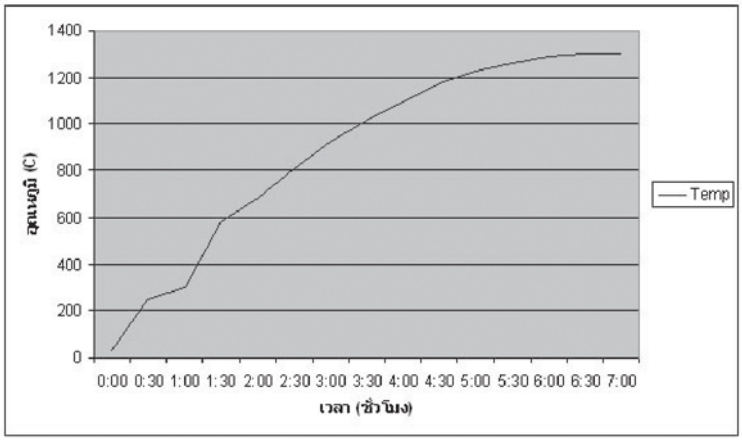
การใช้วัตถุดิบในการทำอิฐทนไฟจากดินพื้นบ้าน มีวัตถุดิบในการทำอิฐทนไฟ จำนวน 4 ชนิด โดยกำหนดกลุ่มตัวอย่างเพื่อหาส่วนผสมที่เหมาะสมในการทำอิฐทนไฟได้โดยใช้ตารางสี่เหลี่ยมดังภาพที่ 1 วิธีการอ่านจะอ่านตามลูกศรเช่น ส่วนผสมที่ 15 จะมีส่วนผสมของ A = 30, B = 30, C = 20, D =20



ภาพที่ 1 ตารางสี่เหลี่ยมสำหรับใช้ในการสุ่มตัวอย่าง [9-10]

การเผาชิ้นงานทดลอง

ในการผลิตอิฐทนไฟมีการเผาผลิตภัณฑ์หลายอุณหภูมิตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ เช่น อิฐ SK30 ทนอุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส ในการทดลองการทำอิฐทนไฟจากดินพื้นบ้านมีการทดลองเผาโดยให้อุณหภูมิในการเผาขึ้นดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กราฟแสดงอุณหภูมิระหว่างการเผาอิฐทนไฟที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส

การทดสอบคุณสมบัติของอิฐทนไฟ

การพัฒนาอิฐทนไฟ 1,300 องศาเซลเซียส จากดินพื้นบ้านนั้นเมื่อนำส่วนผสมที่ได้จากการเตรียมตามส่วนผสมที่กำหนด ต้องทดสอบคุณสมบัติของชิ้นทดลองก่อนการเผาที่ 1,300 องศาเซลเซียส และเมื่อเผาแล้วต้องมีการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของชิ้นทดลองหลังการเผาเพื่อให้ทราบถึงคุณสมบัติต่างๆ ของชิ้นลองเพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานของอิฐทนไฟสำหรับการนำใช้งานจริง ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของอิฐทนไฟในท้องตลาด [3]

เกรด	SK30	SK34	SK36	SK38	SK43
1. วัสดุทนความร้อน, SK (Seger Cone)	30	34	36	37-38	34
2. ความหนาแน่น, g/cc	1.96-2.03	2.19-2.16	2.33-2.40	2.52-2.60	2.21-2.28
3. ความพรุน, %	21-25	18-22	19-22	22-25	15-19
4. ค่าแรงกด, kg/cm^2	200-350	300-450	350-600	400-700	300-450
5. ค่าความแค้น, kg/cm^2	40-75	70-105	75-110	80-115	80-140
6. การหดตัวหลังการเผา, %	-0.2 to -0.6	-0.0 to -0.3	+0.5 to +0.1	+0.5 to +0.1	-0.2 to -0.7
7. อุณหภูมิสูงสุด, (องศาเซลเซียส)	1300	1400	1600	1800	1400
8. ส่วนผสมทางเคมี, %โดยปริมาณ	-	-	-	-	-
Silica (SiO_2)	62.2	50.7	34.8	14.8	50.3
Alumina (Al_2O_3)	30.0	43.0	59.3	79.2	43.7
Iron Oxide (Fe_2O_3)	2.3	1.9	1.8	1.5	1.6
Lime (CaO)	-	-	-	-	-
9. ขนาด(กว้างxยาว)mm	230x115	230x115	230x115	230x115	230x115
ความหนา	76,50,25	76,50,25	76,50,25	76,50,25	76,50,25

การทดสอบคุณสมบัติของชิ้นทดลองการพัฒนาอิฐทนไฟ 1,300 องศาเซลเซียส จากดินพื้นบ้าน มีการทดสอบดังนี้

1. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินก่อนการเผา ประกอบด้วย [10-13]

1.1 การหดตัว เนื้อดินจะมีการหดต่างกันเนื่องจากมีส่วนผสมที่ต่างกันและมีบางตัวอย่างที่จะมีการขยายตัวซึ่งเกิดจากการใช้ขี้เลื่อยเป็นส่วนผสม โดยขี้เลื่อยเมื่อผสมน้ำจะมีการขยายตัวและเมื่อนำมาขึ้นรูปขี้เลื่อยจะแทรกอยู่ในเนื้อตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง ชิ้นทดลองมีการหดตัวเฉลี่ยมากที่สุดคือชิ้นทดลองส่วนผสมที่ 1 หดตัวเฉลี่ย 4.13 และมีการขยายตัวของชิ้นทดลองส่วนผสมที่ 23 ขยายตัว 0.77

1.2 ความแข็งแรง จะมีความสำคัญมากในเรื่องของการเคลื่อนย้ายอิฐทนไฟเข้าเตาเผา เนื้อดินมีความความแข็งแรงเฉลี่ยมากที่สุดคือชิ้นทดลองส่วนผสมที่ 1 มีความแข็งแรงเฉลี่ย 4.32 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และความความแข็งแรงเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ชิ้นทดลองส่วนผสมที่ 12 มีความแข็งแรงเฉลี่ย 0.18 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

2. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส ประกอบด้วย [10-13]

2.1 การหดตัว เนื้อดินมีความหดตัวมากน้อยขึ้นอยู่กับส่วนผสมที่มีปริมาณขี้เลื่อยและทราย ถ้าใช้ทรายเป็นส่วนผสมของอิฐทนไฟมากจะทำให้มีการหดตัวน้อย ชิ้นทดลองมีความหดตัวเฉลี่ยมากที่สุด คือ ชิ้นทดลองส่วนผสมที่ 1 มีการหดตัวเฉลี่ย 13.20 และชิ้นทดลองส่วนผสมที่ 33 มีการขยายตัวมากที่สุดคือ 2.17

2.2 การดูดซึมน้ำ เนื้อดินมีการดูดซึมน้ำเพราะเมื่อผ่านการเผาแล้วเนื้อดินจะมีความพรุนตัวสูงจากการนำขี้เลื่อยเข้ามาเป็นส่วนผสม บางส่วนผสมเนื้อดินหดตัวสูงเนื่องจากการที่เนื้อดินมีความพรุนตัวของเนื้อดินน้อยมีการดูดซึมน้ำเฉลี่ยมากที่สุดคือชิ้นทดลองส่วนผสมที่ 23 มีการดูดซึมน้ำเฉลี่ยร้อยละ 59.55 การดูดซึมน้ำเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ชิ้นทดลองส่วนผสมที่ 1 มีการดูดซึมน้ำเฉลี่ยร้อยละ 1.89

2.3 ความแข็งแรง เกิดจากเนื้อดินไม่มีความพรุนตัว เนื้อชิ้นทดลองมีความสุกตัวทำให้ไม่มีช่องว่างในชิ้นทดลองเนื้อดินที่มีความแข็งแรงเฉลี่ยมากที่สุด คือ ชิ้นทดลองส่วนผสมที่ 1 มีความแข็งแรงเฉลี่ย 61.35 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และเนื้อดินที่มีความแข็งแรงเฉลี่ยน้อยที่สุดคือชิ้นทดลองส่วนผสมที่ 23 มีความแข็งแรงเฉลี่ย 0.19 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

2.4 การทนไฟ ชิ้นทดลองที่สามารถทนไฟที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส เกิดจากการมีจุดสุกตัวที่สูงมีสารประกอบซิลิก้าในทรายและสารประกอบอลูมินาในดินขาวอยู่สูงส่วนผสมที่ 1 - 4, 7 - 11, 13 - 17, 19 - 23, 25 - 27, 31 - 33 และชิ้นทดลองที่หลอมไม่สามารถทนไฟได้คือชิ้นทดลองที่ 5, 6, 12 ในส่วนผสมของเหลือไม่สามารถขึ้นรูปได้

2.5 สี การเทียบสีในงานวิจัยนี้ใช้อุปกรณ์เทียบสีแพนโทน (pantone) สีของชิ้นทดลองมีความแตกต่างกันในโทนสีขึ้นกับปริมาณของเหล็กที่ผสมในส่วนผสม

2.6 น้ำหนัก ชิ้นทดลองจะมีน้ำหนักมากน้อยเกิดจากมีความพรุนตัวสูงเพราะการนำขี้เลื่อยผสมในส่วนผสมเมื่อผ่านการเผาจะสลายไปเหลือช่องว่างในแท่งทดลองแทนที่น้ำหนักเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 23.60 กรัม และชิ้นทดลองส่วนผสมที่ 31 มีน้ำหนักเฉลี่ยมากที่สุดคือ 89.34 กรัม

สรุป

การผลิตอิฐทนไฟสามารถทำได้โดยการเลือกใช้วัตถุดิบที่มีการทนไฟที่อุณหภูมิตามที่เราต้องการ และเลือกใช้วัตถุดิบในกลุ่มที่เราจะทำอิฐทนไฟชนิดนั้นๆ ด้วย ดินพื้นบ้านที่สามารถใช้ทำอิฐทนไฟได้ต้องมีส่วนผสมของ Al_2O_3 เป็นสารประกอบอยู่ระหว่าง 18 ถึง 44% และ SiO_2 อยู่ระหว่าง 50 ถึง 80% [8] เพื่อช่วยให้เกิดความทนไฟที่สูงป้องกันการหลอมตัวที่อิฐทนไฟ ผสมกับดินขาวเพื่อช่วยเพิ่มการทนไฟ ขึ้นรูปได้และลดการหดตัว ผสมกับวัตถุดิบที่ช่วยในการทนไฟที่อุณหภูมิที่สูงที่สามารถใช้ผสมเข้าไปอีกชนิดหนึ่งและเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายคือทรายเนื่องจากทรายมีปริมาณของซิลิก้าที่สูง การพรุนตัวของอิฐทนไฟเป็นคุณสมบัติอีกอย่างหนึ่งของอิฐทนไฟเกิดจากการการผสมวัสดุในส่วนผสม เมื่อเผาแล้วจะสลายไปทิ้งช่องว่างในตัวของอิฐทนไฟทำให้เกิดช่องว่างเสมือนเป็นตัวป้องกันความร้อนให้เกิดการแพร่ที่ช้าลง

อิฐทนไฟสามารถผลิตได้อย่างง่ายๆ คือ นำดินพื้นบ้านที่มีความทนไฟ ผสมกับดินขาว ทราย ขี้เลื่อย ผสมกับน้ำเพื่อให้เกิดการจับตัวของวัตถุดิบที่ผสม เมื่อวัตถุดิบทั้ง 4 ชนิดผสมเข้ากันแล้วจึงนำไปขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์เป็นก้อนอิฐทนไฟแบบและขนาดต่างๆ เมื่อขึ้นรูปได้แล้ว แกะแม่พิมพ์นำอิฐมาผึ่งให้แห้งในที่ร่มเมื่อแห้งสนิทจึงนำไปผ่านการเผา

ในอุณหภูมิที่กำหนดไว้ เมื่อได้อิฐทนไฟที่ผ่านกระบวนการเผาแล้วจึงนำไปใช้งานในรูปแบบต่างๆ เช่น ก่อเตาเผา เตาหลอมโลหะ เตาเผาขยะ หรืองานที่ต้องการสำผัสกับความร้อนที่อุณหภูมิสูงๆ

ภาพที่ 3 อิฐทนไฟจากดินพื้นบ้านที่ผ่านการเผา 1,300 องศาเซลเซียส

เอกสารอ้างอิง

[1] พลยุทธ ศุขสมิติ. (2539). *ดินขาวและดินเหนียวดำ.* เชียงใหม่: สำนักงานทรัพยากรธรณี เขต 3.

[2] Thai Furnaces Engineering Limited Partnership. (2553). *Refractory Brick.* จาก http://www.thaifurnaces.com/index.php

[3] ไทยเอสเอสอิฐทนไฟ. (2553). *ความรู้เกี่ยวกับวัสดุทนไฟ.* จาก http://www.tssrefractory.com/contact.htm.

[4] ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. (2538). *วัตถุทนไฟ.* กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[5] เชษฐ์ เอี่ยมจิตกุศล. (ม.ป.ป.). *อิฐทนไฟ.* กรุงเทพฯ: กรมวิทยาศาสตร์บริการ. ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก.

[6] โกมล รักษ์วงศ์. (2531). *วัตถุดิบที่ใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผาและเนื้อดินปั้น.* กรุงเทพฯ: วิทยาลัยครูพระนคร.

[7] ทวี พรหมพฤกษ์. (2523). *เครื่องปั้นดินเผาเบื้องต้น.* กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

[8] อรวรรณ ไพบูลย์วัฒนผล. (2553). *ทรายเพื่ออุตสาหกรรม.* จาก http://www.dss.go.th

[9] Singer Sonjas. (1968). *Industrial Ceramies.* New York: Chemical Publishing.

[10] เลิศชาย สถิตย์พนาวงศ์. (2551). *รายงานการวิจัยเรื่องการศึกษาและพัฒนาสมบัติของดินอำเภอบางบาลเพื่อทำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทสโตนแวร์.* มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.

[11] อรพิน พานทอง. (2531). *เครื่องปั้นดินเผา.* กรุงเทพฯ: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[12] Brindly, GW. and McKinstry, HA. (1961, October). The coordination of aluminum. *Journal of theAmerican Ceramic Society.* 44(10): 506-507.

[13] สุจินต์ พราวพันธุ์. (2540). วัสดุทนไฟเนื้อซิลิคอนคาร์ไบด์. *วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ.* 45(143): 4-6.