# โครงการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ใช้ในการก่อผนัง เพื่อการอนุรักษ์การใช้พลังงานภายในอาคาร


ชานนท์ ตันประวัติ
เกียรติพงษ์ ศรีจันทึก
มยุรี เรืองสมบัติ
ยุวดี พรธาราพงษ์



งานวิจัยนี้ได้รับทุนจากเงินงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2552
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

# Design and Product Development Ceramics using for making wall of Energy conservation building

Chanon Tunprawat
Kiattipong Srijantuek
Mayuree Ruengsombat
Yuvadee Porntharaphong

This Report is Funded by Faculty of Architecture and Design,
Rajamangala University of Technology Phra NaKhon, Fiscal Year 2009.

**ชื่อเรื่อง** : โครงการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ใช้ในการก่อผนัง เพื่อการอนุรักษ์การใช้พลังงานภายในอาคาร

**ผู้วิจัย** : นายชานนท์ ดันประวัติ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ
นายเกียรติพงษ์ ศรีจันทึก คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ
นางสาวมยุรี เรืองสมบัติ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ
นางสาวยุวดี พรธาราพงษ์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ

## บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือ ศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ใช้ในการก่อผนังโดยออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ให้สามารถสกัดกั้นความร้อนไม่ให้ส่งผ่านจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่งได้ง่ายหรือมีความเป็นฉนวนกันความร้อน เพื่อลดการใช้พลังงาน ในการปรับอุณหภูมิภายในอาคาร และสามารถตกแต่งผนังได้ในการก่อครั้งเดียวเพราะมีการเคลือบทั้ง 2 ด้าน ช่วยลดระยะเวลาในการก่อสร้าง

วิธีการดำเนินงานวิจัยมี 3 ขั้นตอน ขั้นตอนที่1 ทดลองเนื้อดิน ทั้งหมด 11 สูตรส่วนผสม เพื่อหาเนื้อดินที่มีความเหมาะสมที่สุด ในด้านคุณสมบัติความเป็นฉนวนกันความร้อนและในด้านกระบวนการผลิต **พบว่า** ส่วนผสมเนื้อดินที่มีความเหมาะสม คือ ดินขาว (Kaolin) 35 % ดินดำ (Ball Clay) 30 % หินฟันม้า (Feldspar) 20 % หินเขี้ยวหนุมาน(Quartz) 15 % เพิ่ม ขี้เถ้าแกลบ (Rice Husk Ash) 7.5 %

ขั้นดอนที่ 2 การออกแบบเป็นการสอบถามและสัมภาษณ์เพื่อแก้ปัญหาด้านการออกแบบและ ความเหมาะสมของรูปแบบ จากผู้เชี่ยวชาญ 2 ด้าน คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านการก่อสร้างอาคารและวัสดุก่อสร้างอาคาร และผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิดงานเซรามิกส์ในระบบอุดสาหกรรม ได้รูปแบบผลิตภัณฑ์ 3 รูปแบบ **พบว่า** ผลิตภัณฑ์รูปแบบที่ 1 มีลักษณะ คือ สามารถต่อกันได้โดยวิธีการสวมกัน ภายในกลวงส่งผ่านความร้อนให้ขึ้นสู่ด้านบน ดรงกลางชิ้นงาน มีความเหมาะสมมากที่สุด

ขั้นดอนที่ 3 ทดสอบด้านกายภาพขอผลิตภัณฑ์เพื่อเปรียบเทียบกับ วัสดุที่ใช้ในการก่อผนัง 3 ชนิด คือ อิฐมอญ (Brick) คอนกรีดบล็อก (Concrete Masonry unit) และ คอนกรีตมวลเบา ( Autoclaved Aerated concrete) โดยข้อมูลจากเอกสารเผยแพร่แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน **พบว่า**

1.ผนังที่ก่อด้วยผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบและพัฒนาในโครงการมีค่าการนำความร้อนรวม (ค่า K) 0.111 W/m.K ค่าการต้านทานความร้อน (ค่า R) 0.694$m^2$ K/W ความเป็นฉนวนสูงกว่าผนังที่ก่อด้วย อิฐมอญ (Brick) คอนกรีดบล็อก (Concrete Masonry unit) และคอนกรีตมวลเบา (Autoclaved Aerated concrete)

2.ผนังที่ก่อด้วยผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบและพัฒนาในโครงการ ก่อผนัง 1 ตารางเมตร ใช้เวลา 1.45 ชั่วโมงโดยประมาณ ซึ่งถ้ารวมขั้นตอนในการตกแต่งผนังแล้ว จะมีความสะดวกรวดเร็วในการก่อสร้างมากกว่าผนังที่ก่อด้วยอิฐมอญ (Brick) คอนกรีตบล็อก (Concrete Masonry unit ) และคอนกรีตมวลเบา ( Autoclaved Aerated concrete)

3.ผนังที่ก่อด้วยผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบและพัฒนาในโครงการมีน้ำหนักรวมฉาบปูน 91.6 kg./$m^2$ น้อยกว่า ผนังที่ก่อด้วยอิฐมอญ (Brick) คอนกรีตบล็อก (Concrete Masonry unit ) และคอนกรีตมวลเบา ( Autoclaved Aerated concrete)

4. มีค่าการรับแรงกดเฉลี่ยที่ 2,858 กิโลกรัม (ทดสอบต่อชิ้น)

5. มีความทนไฟสูง 1,491องศาเซลเซียส

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

**Research Title:** **Design and Product Development Ceramics using for making wall of Energy conservation building**

**Authors:**

| | |
|---|---|
| **Mr. Chanon Tunprawat** | **Faculty of Architecture and Design** |
| **Mr. Kiattiphong Sijuntheuk** | **Faculty of Architecture and Design** |
| **Miss Mayuree Reungsombat** | **Faculty of Architecture and Design** |
| **Miss Yuwadee Porntharaphong** | **Faculty of Architecture and Design** |


## Abstract

Research project aimed to study and develop ceramic product for eco-energy wall building construction. The heat insulating product prevented heat that transferred through the wall, saved energy for adjusting the room's temperature, and was used for wall decoration because it was coated on both sides that saved construction time.

Research methodology was processed by three steps; the first step was soil testing, the second step was questionnaire and interview for the product design acceptance and the last step was the physical testing of the product.

All 11 formulas for the heat insulation property and production, it was found that the most appropriate soil content ratio was 35% of kaolin, 30% of ball clay, 20% of feldspar, 15% of quartz and added 7.5% of rice husk ash.

For the product design investigated with questionnaire and interview by the expert who has experienced in construction work and construction materials and the expert in industrial ceramic production, it was found that the first design is the most appropriate because this product was designed to be hollow in the middle and was lining up which helped transferring the heat to the surface above.

For the comparison of studied material with three types of wall construction material which were brick, concrete masonry unit and autoclaved aerated concrete (data from Documentation of Selection Guidelines on Construction Material and Electrical Appliance and Equipment for Energy Conservation, The Department of Alternative Energy Development and Efficiency), it was found as follows:

1.For the thermal conductivity (k-value) of studied wall construction material, it was 0.111 W/m. For the resistivity (R-Value), it gave 0.694 $m^2$ K/W. For the insulation resistance, it was higher than that of brick , concrete masonry unit and autoclaved aerated concrete.

2. For the wall construction time including decoration, studied material took one hours and forty-fifths per one meter square. It was more convenient than that of brick, concrete masonry unit and autoclaved aerated concrete.

3. For the weight of studied material including cement coating, it was 91.6 kg./$m^2$ which was less than that brick, concrete masonry unit and autoclaved aerated concrete.

4.For the average compression value, it was 2,858 kg. (tested one by one)

5.For the refractoriness, it was high refractory material with 1,491 degree Celsius.

# กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องโครงการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ใช้ในการก่อผนังเพื่อการอนุรักษ์การใช้พลังงานภายในอาคารนี้ ได้รับทุนจากเงินงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2552 ของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัชรี บุญเจริญ คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบที่ให้ความอนุเคราะห์ ให้คำชี้แนะเกี่ยวกับเอกสารต่างๆในการวิจัย

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ธีรศักดิ์ วงศ์คำแน่น และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เวนิช สุวรรณโมลี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเป็นผู้เชี่ยวชาญ ให้คำปรึกษา และ เพิ่มเติมความรู้ให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

และขอขอบคุณสำหรับทุกท่าน ที่มีส่วนในการทำให้งานวิจัยนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้วิจัย

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ค

กิตติกรรมประกาศ.....จ

สารบัญ.....ฉ

สารบัญตาราง.....ช

สารบัญภาพ.....ญ

บทที่1 บทนำ.....1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย.....2

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย.....2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4

2.1 ความหมายของคำหลักของเรื่อง.....4

2.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....6

2.3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....19

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....20

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....20

3.2 ขั้นตอนในการวิจัย.....20

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....22

# สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.4 การรวบรวมข้อมูล.....22

3.5การวิเคราะห์ข้อมูล.....23

3.6 การแปลความ.....23

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....24

4.1ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง.....24

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย.....49

5.1 สรุปผลการวิจัย.....51

5.2 อภิปรายผลการวิจัย.....52

5.3 ข้อเสนอแนะ.....52

บรรณานุกรม.....54

ภาคผนวก ก ภาพผลงานเซรามิกส์บล็อก

ภาคผนวก ข ภาพการเข้าพบผู้เชี่ยวชาญ

ภาคผนวก ค ผลการทดสอบผลิตภัณฑ์

ภาคผนวก ง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ภาคผนวก จ ประวัตินักวิจัย

# สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของดินขาวจากแหล่งต่าง ๆในประเทศไทย.....7

ตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของดินดำจากแหล่งต่าง ๆในประเทศไทย.....8

ตารางที่ 3 ตัวอย่างผลวิเคราะห์ทางเคมีของหินฟันม้าจาก อ. บ้านตาก จังหวัดตาก.....9

ตารางที่ 4 คุณสมบัติของอิฐมอญ.....15

ตารางที่ 5 คุณสมบัติของคอนกรีตบล็อก.....16

ตารางที่ 6 คุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบา.....17

ตารางที่ 7 สูตรอัตราส่วนผสมเนื้อดินที่ใช้ในการทดลอง.....21

ตารางที่ 8 ผลการทดสอบค่าความเป็นฉนวน ( การต้านทานความร้อน หรือ ค่า R และค่าการนำความร้อน หรือ ค่า K ).....24

ตารางที่ 9 ผลการทดสอบค่าการหดตัว(Shrinkage).....25

ตารางที่ 10 ผลการทดสอบสภาพการใช้งานในการผลิต.....26

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบคุณสมบัติของเนื้อดินในแต่สูตร.....33

ตารางที่ 12 ตารางการคัดเลือกแบบให้คะแนน (Scoring Screening).....34

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นฉนวนกันความร้อน.....40

ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ปัญหาด้านการผลิต.....44

ตารางที่ 15 การวิเคราะห์ด้านน้ำหนัก.....44

ตารางที่ 16 แสดงน้ำหนักรวมปูนก่อต่อตารางเมตร.....44

ตารางที่ 17 แสดงการต้านทานแรงอัด.....46

# สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 18 วิเคราะห์ด้านการใช้งานในการก่อผนัง.....46

ตารางที่ 19 แสดงระยะเวลาการใช้งานในการก่อผนัง.....46

ตารางที่ 20 การคัดเลือกแบบให้คะแนน (Scoring Screening).....47

ตารางที่ 21 เปรียบเทียบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์บล็อก
ที่ออกแบบในโครงการ กับ อิฐมอญ (Brick) คอนกรีตบล็อก
(Concrete Masonry unit ) และคอนกรีตมวลเบา
(Autoclaved Aerated concrete).....49

# สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัยในโครงการ.....10

ภาพที่ 2 เมืองโมเห็นโจดาโร ในดินแดนลุ่มแม่น้ำอินดุสในอดีตที่ใช้อิฐในการก่อสร้างเมือง.....12

ภาพที่ 3 อิฐ (Brick).....12

ภาพที่ 4 อิฐกลวง (Structural Clay Tile).....13

ภาพที่ 5 ประตูอิชตาร์ (Ishtar Gate).....14

ภาพที่ 6 อาคารในประเทศญี่ปุ่นที่นิยมใช้กระเบื้องเซรามิกส์ตกแต่งผนังด้านนอก.....14

ภาพที่ 7 คอนกรีตบล็อก (Concrete Masonry unit ).....17

ภาพที่ 8 คอนกรีตมวลเบา ( Autoclaved Aerated concrete).....18

ภาพที่ 9 แผ่นทดสอบค่าความเป็นฉนวน ( การต้านทานความร้อน หรือ ค่า R
และค่าการนำความร้อน หรือ ค่า K ).....25

ภาพที่ 10 แท่งทดสอบการหดตัว (Shrinkage).....26

ภาพที่ 11 ทดสอบน้ำดินโดยการใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1.....27

ภาพที่ 12 ทดสอบน้ำดินโดยการใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2.....27

ภาพที่ 13 ทดสอบน้ำดินโดยการใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์สูตรที่ 3.....28

ภาพที่ 14 ทดสอบน้ำดินโดยการใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์สูตรที่ 4.....28

ภาพที่ 15 ทดสอบน้ำดินโดยการใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์สูตรที่ 5.....29

ภาพที่ 16 ทดสอบน้ำดินโดยการใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์สูตรที่ 6.....29

ภาพที่ 17 ทดสอบน้ำดินโดยการใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์สูตรที่ 7.....30

ภาพที่ 18 ทดสอบน้ำดินโดยการใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์สูตรที่ 8.....30

ภาพที่ 19 ทดสอบน้ำดินโดยการใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์สูตรที่ 9.....31

# สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 20 ทดสอบน้ำดินโดยการใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์สูตรที่ 10.....31

ภาพที่ 21 ทดสอบน้ำดินโดยการใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์สูตรที่ 11.....32

ภาพที่ 22 ผลการทดลองน้ำดินทั้งหมด.....32

ภาพที่ 23 ผลงานการออกแบบของคณะผู้วิจัยก่อนเข้าพบผู้เชี่ยวชาญ.....35

ภาพที่ 24 รูปแบบที่ 1.....36

ภาพที่ 25 รูปแบบที่ 2.....37

ภาพที่ 26 รูปแบบที่ 3.....37

ภาพที่ 27 ต้นแบบผลิตภัณฑ์รูปแบบที่ 1.....38

ภาพที่ 28 ต้นแบบผลิตภัณฑ์รูปแบบที่ 2.....38

ภาพที่ 29 ต้นแบบผลิตภัณฑ์รูปแบบที่ 3.....39

ภาพที่ 30 ต้นแบบผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบ.....39

ภาพที่ 31 ต้นแบบที่ใช้ในการถอดแม่พิมพ์ ผลิตภัณฑ์รูปแบบที่ 1.....41

ภาพที่ 32 แม่พิมพ์ผลิตภัณฑ์รูปแบบที่ 1.....41

ภาพที่ 33 ต้นแบบที่ใช้ในการถอดแม่พิมพ์ ผลิตภัณฑ์รูปแบบที่ 2.....42

ภาพที่ 34 แม่พิมพ์ผลิตภัณฑ์รูปแบบที่ 2.....42

ภาพที่ 35 ต้นแบบที่ใช้ในการถอดแม่พิมพ์ ผลิตภัณฑ์รูปแบบที่ 3.....43

ภาพที่ 36 แม่พิมพ์ผลิตภัณฑ์รูปแบบที่ 3.....43

ภาพที่ 37 การทดสอบระยะเวลาในการก่อผนัง.....45

ภาพที่ 38 ต้นแบบใช้ทดสอบน้ำหนักในการก่อผนังเมื่อรวมน้ำหนักปูนก่อ.....45

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ภาวะโลกร้อนเป็นปัญหาที่มิอาจหลีกเลี่ยงได้ หลายประเทศหลายฝ่ายเริ่มแสดงความห่วงใยและร่วมมือกันในการแก้ปัญหา ที่จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านอุณหภูมิ ซึ่งการแก้ปัญหานี้สามารถกระทำได้โดยทางตรง เช่นการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การปลูกป่าอนุรักษ์ต้นไม้ และทางอ้อม เช่นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างประหยัดและคุ้มค่า เป็นต้น

การอนุรักษ์พลังงานเป็นทางเลือกหนึ่งในการบรรเทาภาวะโลกร้อน ซึ่งปัจจุบันการอนุรักษ์พลังงาน หรือการลดการใช้พลังงานภายในอาคารก็เป็นสิ่งที่ควรส่งเสริม และให้การสนับสนุนเป็นอย่างยิ่ง เพราะอาคารหนึ่งหลังใช้ พลังงานมากมายหลายด้าน เพื่อให้กิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในอาคารสามารถดำเนินไปได้อย่างเรียบร้อย ปัญหาอย่างหนึ่งซึ่งเกิดขึ้นภายในอาคารคือ ความร้อนซึ่งมาจากแสงแดดและอุณหภูมิภายนอก ซึ่งความร้อนนี้เป็นสิ่งที่มีผลกระทบต่อร่างกายมนุษย์โดยตรงทำให้รู้สึกเกิดความไม่น่าสบาย และ เป็นที่มาของการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ

สภาวะความจริงในปัจจุบันอาคารทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็กมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศอย่างแพร่หลายและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ การทำงานของเครื่องปรับอากาศนี้ใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมากเพื่อปรับ และควบคุมอุณหภูมิภายในอาคารให้ได้ตามต้องการ สิ่งหนึ่งที่จะช่วยลดการทำงานของเครื่องปรับอากาศให้น้อยลง คือการทำให้ความร้อนภายนอกเข้ามาภายในอาคารน้อยที่สุด จึงเกิดการคิดค้นเทคนิคต่างๆเพื่อป้องกันความร้อนเข้ามาภายในอาคาร

การสร้างผนังและวัสดุในการสร้างผนังถือเป็นสิ่งสำคัญเพราะสามารถช่วยอนุรักษ์ หรือลดการใช้พลังงานได้ ซึ่งปัจจุบันมีวัสดุต่างๆในการก่อสร้างผนังมากมายหลายชนิด และหลายรูปแบบ วัสดุเซรามิกส์ ถือเป็นวัสดุหนึ่งซึ่งมีการนำมาใช้ป้องกันความร้อนได้ ที่เรียกว่า Elastomeric ceramic insulation เช่น สารเคลือบเซรามิกส์ (Ceramic Coating) เป็นสารใช้เคลือบป้องกันความร้อน ฉนวนชนิดนี้มีสารประกอบหลักมาจากอนุภาคเซรามิกส์ ซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดซับความร้อนต่ำ แต่สะท้อนความร้อนได้สูงมีลักษณะเป็นของเหลว ใช้พ่นบนหลังคาและส่วนที่ต้องการป้องกันความร้อน และเส้นใยเซรามิกส์(Ceramic Fiber) มีลักษณะเป็นผืนเส้นใยซึ่งมีอลูมิน่าและซิลิกา เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต ผลิตภัณฑ์ทั้ง2 ประเภทนี้ เป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่เป็นวัสดุประกอบฉนวนซึ่งจะต้องใช้ร่วมกับวัสดุประกอบโครงสร้าง จึงทำให้มีขั้นตอนที่มากในการก่อสร้างและเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างด้วย

จากการศึกษาข้อมูลต่างๆ จะเห็นได้ว่าวัตถุดิบด้านเซรามิกส์มีคุณสมบัติที่ดี ในการป้องกันความร้อน แต่ยังมีรูปแบบและการใช้งานที่ต้องอาศัยขั้นตอนมากเพราะยังคงเป็นแค่วัสดุประกอบฉนวน คณะผู้วิจัยเล็งเห็นถึงปัญหาดังกล่าว จึงต้องการออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ที่เป็นวัสดุ

ฉนวน คณะผู้วิจัยเล็งเห็นถึงปัญหาดังกล่าว จึงต้องการออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ที่เป็นวัสดุประกอบโครงสร้าง โดยให้มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนได้และมีรูปแบบการใช้งานที่สะดวกและสามารถตกแต่งอาคารได้ในการก่อครั้งเดียว เพราะมีการตกแต่งน้ำเคลือบบนผลิตภัณฑ์ช่วยลดระยะเวลาในการก่อสร้าง

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 ศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ใช้ในการก่อผนังเพื่อการอนุรักษ์การใช้พลังงานภายในอาคารโดยมีการใช้งานที่สะดวกและสามารถตกแต่งอาคารได้ในการก่อครั้งเดียว ช่วยลดระยะเวลาในการก่อสร้าง

1.2.2 ทดสอบผลิตภัณฑ์ต้นแบบเพื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะและคุณสมบัติในด้านกายภาพกับวัสดุอื่นๆที่ใช้ในการก่อผนังอาคาร

## 1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 ศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ใช้ในการก่อผนัง

1.3.2 สร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบเพื่อใช้ทดสอบและใช้ในการก่อผนังขนาดพื้นที่ไม่เกิน 2 ตารางเมตร

1.3.3 เปรียบเทียบคุณสมบัติผลิตภัณฑ์ต้นแบบกับวัสดุดังนี้

อิฐมอญ (Brick)

คอนกรีตบล็อก (Concrete Masonry unit )

คอนกรีตมวลเบา ( Autoclaved Aerated concrete)

1.3.4 การทดสอบผลิตภัณฑ์ต้นแบบเพื่อหาค่าคุณสมบัติดังนี้

- ค่าความหนาแน่น
- จำนวนหน่วยต่อตารางเมตร
- น้ำหนักต่อตารางเมตร
- ค่าการต้านทานความร้อน
- ค่าการนำความร้อน
- ค่าการถ่ายเทความร้อน
- ค่าความจุความร้อน
- ค่าการต้านทานแรงอัด
- ค่าการทนไฟ
- อัตราการดูดซึมน้ำ
- ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างต่อตารางเมตร
- ความสะดวกรวดเร็วในการก่อสร้าง
- ข้อดีและข้อเสียอื่นๆ

1.3.5 วัสดุที่ใช้ในโครงการเป็นวัสดุภายในประเทศไม่น้อยกว่าร้อยละ 60

1.3.6 อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาไม่ต่ำกว่า 1,100 องศาเซลเซียส

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถนำข้อมูลที่ได้ทั้งด้านการทดลองผลิตภัณฑ์และการวิเคราะห์ด้านการออกแบบไปเผยแพร่ให้กับบุคคลที่สนใจและสามารถนำไปจดสิทธิบัตรเพื่อผลิตในเชิงพาณิชย์

# บทที่ 2
# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ความหมายของคำหลักของเรื่อง

2.1.1 การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์

การออกแบบ คือ การกำหนดความคิดรวบยอดหรือมโนทัศน์ (to conceive) หรือวางแผน (to plan) หรือกระทำ (to execute) ในระดับคุณภาพ (วิรุณ ตั้งเจริญ, 2545: 47) และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คือการปรับปรุงแก้ไข สิ่งที่ยังเป็นปัญหาของผลิตภัณฑ์นั้นให้ดียิ่งขึ้น อาจกล่าวถึง ความหมายโดยรวมของการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้ว่า เป็นการคิดค้น หรือปรับปรุงแก้ไข สิ่งที่ยังเป็นปัญหาของผลิตภัณฑ์นั้นให้ดีขึ้น โดยมีการวางแผนในการคิดค้นพัฒนาหรือปรับปรุง เพื่อให้เกิดประโยชน์ในการใช้สอยหรือความพอใจในผลิตภัณฑ์มากขึ้น

2.1.2 เซรามิกส์

เซรามิกส์ (CERAMICS) เป็นคำภาษาอังกฤษ ซึ่งมีความหมายคล้ายกับคำว่า เคราม็อส (KERAMOS) ของชาวกรีกโบราณ แปลว่า สิ่งที่ถูกเผา เซรามิกส์อาจมีความหมายโดยกว้าง หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่สร้างจากวัตถุดิบบนเปลือกโลก เช่นดินและหินต่างๆ นำมาผ่านวิธีการเผา (Firing Process) เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านโครงสร้างของวัตถุดิบ ให้มีความแข็งแกร่งทนทาน ในความหมายของคำว่าผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ จึงมีความหมายรวมไปถึงผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมการทำแก้ว(Glass) อุตสาหกรรมโลหะเคลือบ (Enamel) ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมการทำซิเมนต์ ปูนขาว ปูนพลาสเตอร์ (Cement, Lime, Plaster) ผลิตภัณฑ์วัตถุทนไฟ (Refractories) และ อุตสาหกรรมสิ่งขัดถู(Abrasive) เหล่านี้เป็นต้น (ทวี พรหมพฤกษ์, 2523: 1) ในประเทศไทย คำว่าเซรามิกส์อาจใช้เรียกอย่างแคบหมายถึง งานเครื่องปั้นดินเผา หรือ งานเครื่องเคลือบดินเผา

2.1.3 การอนุรักษ์พลังงาน

การอนุรักษ์พลังงานมีความหมายคือ การใช้พลังงานอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพสูงสุด ในการวิจัยนี้ ขออ้างถึงการปฏิบัติในการอนุรักษ์พลังงาน ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (ฉบับแก้เพิ่มเติม)ในส่วนการอนุรักษ์พลังงานในอาคารตามมาตรา 17 ให้ดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งต่อไปนี้

- การลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เข้ามาภายในอาคาร
- การปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งการรักษาอุณหภูมิภายในอาคาร ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

- การใช้วัสดุก่อสร้างที่จะช่วยอนุรักษ์พลังงาน ตลอดจนการแสดงคุณภาพของวัสดุก่อสร้างนั้นๆ
- การใช้แสงสว่างภายในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ
- การใช้และติดตั้งเครื่องจักร อุปกรณ์และวัสดุที่ก่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร
- การใช้ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์
- การอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีอื่นตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

2.1.4 ฉนวนกันความร้อน

ความหมายของฉนวนโดยทั่วไปหมายถึงวัสดุที่มีความสามารถในการสกัดกั้นความร้อนไม่ให้ส่งผ่านจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่งได้ง่าย (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน , 2550: 7)

การพิจารณาความเป็นฉนวนกันความร้อนจะพิจารณาจากคุณสมบัติหลักดังนี้

- มีความสามารถในการต้านทานความร้อนสูง(Resistivity) หรือ ค่า R มาก
- มีการนำความร้อนต่ำ(Conductivity) หรือ ค่า K น้อย
- มีความจุความร้อนที่ต่ำ คือ ไม่สะสมความร้อนในตัว (Thermal Capacity)

ฉนวนกันความร้อนทั่วไปมีอยู่ 2 ประเภท คือ ฉนวนแบบมีมวล และฉนวนแบบสะท้อนความร้อน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2545: 15)

ฉนวนแบบมีมวล (Mass Insulation) คือ วัสดุที่มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนโดยอาศัยคุณสมบัติของตัววัสดุเอง เช่น ฉนวนใยแก้ว ( Fiber Glass) วัสดุจำพวกโฟม (Foam)

ฉนวนแบบสะท้อนความร้อน (Refective Sheet) คือ วัสดุที่ป้องกันความร้อนโดยการสะท้อนรังสีความร้อนเพื่อให้วัสดุดูดซับความร้อน เช่น แผ่นกระจก (Glass)

2.1.5 ผนังอาคาร

ผนัง คือ สิ่งก่อสร้างที่นำมากั้นเพื่อป้องกันและทำให้เกิดรูปร่างห้องของอาคารขึ้น ผนังที่อยู่รอบนอกของอาคารเรียกว่าผนังภายนอก ผนังที่ใช้ภายในอาคาร ทำให้เกิดรูปร่างห้อง เรียกผนังภายใน (สมศรี กาญจนสุด, 2535: 60) ในระบบของวัสดุกรอบอาคาร วัสดุผนังแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบ คือ

| | | |
|---|---|---|
| ผนังที่มีมวลสาร(Mass Wall) | หมายถึง | ผนังที่วัสดุมีมวลยึดติดกันทั่วทั้งผนัง เช่น ผนังอิฐมอญ ผนังคอนกรีตบล็อก |
| ผนังที่เป็นโครงคร่าว(Framing Wall) | หมายถึง | ผนังที่มีการสร้างเป็นโครงภายในแล้วปิดทับด้วยวัสดุอื่นๆ เช่น ผนังโครงเหล็กปิดทับด้วย แผ่น ยิปซั่มบอร์ด |
| ผนังประกอบ(Composite Wall) | หมายถึง | ผนังที่มีการใช้วัสดุทั้งแบบที่มีมวลและที่เป็นโครงคร่าวผสมกัน โดยอาจมีการใส่ฉนวนกันความร้อนไว้ภายในด้วย หรืออาจอยู่ในลักษณะผนังสำเร็จรูปก็ได้ |

วัสดุในการก่อผนังอาจจะแยกเป็นกลุ่มได้ 2 กลุ่ม ตามคุณสมบัติของวัสดุได้ดังนี้

- กลุ่มที่เป็นวัสดุประกอบโครงสร้าง เช่น อิฐมอญ คอนกรีตบล็อก คอนกรีตมวลเบา
- กลุ่มที่เป็นวัสดุประกอบฉนวน เช่น วัสดุจำพวกโฟม อลูมินั่มฟอยล์ เป็นต้น

## 2.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การใช้วัตถุดิบและกระบวนการด้านเซรามิกส์ สามารถสร้างผลิตภัณฑ์ที่ช่วยในการอนุรักษ์พลังงานภายในอาคารได้ โดยออกแบบผลิตภัณฑ์ให้เป็นวัสดุก่อผนังที่สามารถป้องกันความร้อนจากภายนอกอาคารเข้ามาภายในอาคารน้อยที่สุด เพื่อลดการทำงานของเครื่องปรับอากาศ และให้ความรวดเร็วในการก่อสร้าง และการตกแต่งเป็นการประหยัดค่าใช้จ่าย ประหยัดเวลา ถือเป็นการประหยัดพลังงานในทางอ้อมด้วย โดยวัสดุเซรามิกส์มีคุณสมบัติที่ดีดังนี้

- วัสดุเซรามิกส์มีความแข็งแรงทนทาน โดยสามารถทนต่อแรงกดได้ 50,000 – 100,000 ต่อตารางนิ้ว(ทวี พรหมพฤกษ์,2523: 3)

- วัสดุเซรามิกส์มีความสามารถในการทนไฟสูง ตัวอย่างของวัสดุเซรามิกส์ประเภทนี้ คือ อิฐทนไฟ และ ผลิตภัณฑ์เซรามิคที่เผาในอุณหภูมิสูง เช่น จาน ชาม เผาอุณหภูมิที่ 1,200 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถทนไฟได้สูง

- วัสดุเซรามิกส์ สามารถนำมาใช้เป็นฉนวนกันความร้อนได้ ตัวอย่างของวัสดุเซรามิกส์ประเภทนี้ คือ เซรามิคโค้ทติ้ง และ ไฟเบอร์เซรามิค

- วัสดุเซรามิกส์สามารถที่จะทำให้เกิดการพรุนตัวในเนื้อวัสดุ เพื่อช่วยในการระบายความร้อนมิให้สะสมในตัววัสดุได้เช่นเดียวกับ คอนกรีตมวลเบา ตัวอย่างของวัสดุเซรามิกส์ประเภทนี้คือ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการกรองน้ำ (Ceramic Filter) ที่มีความพรุนตัวสูง

- เทคนิคด้านเซรามิกส์สามารถขึ้นรูปได้หลายลักษณะโดยเฉพาะการสร้างช่องว่างภายในหรือการสร้างให้ผลิตภัณฑ์กลวง โดยวิธีการหล่อน้ำดินแบบกลวง (Hollow Casting) จะเกิดอากาศข้างในผลิตภัณฑ์เพื่อช่วยป้องกันความร้อนได้และทำให้ผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักเบา

- น้ำเคลือบเซรามิกส์ สามารถช่วยให้ผลิตภัณฑ์สะท้อนความร้อนได้และกันความชื้นได้ อีกทั้งยังช่วยในการตกแต่งผิวของวัสดุได้

### 2.2.1 แนวความคิดในการออกแบบ

2.2.1.1 ด้านคุณสมบัติของวัสดุ

มีแนวคิดที่จะทดลองให้เนื้อดินที่ใช้สร้างผลิตภัณฑ์มีการพรุนตัว คล้ายกับการพรุนตัวของคอนกรีตมวลเบา เพื่อช่วยในการระบายความร้อนของเนื้อผลิตภัณฑ์ วัตถุดิบที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบทางด้านเซรามิกส์ ที่มีความเหมาะสมในการเตรียมเป็นน้ำดินหล่อ คือ

ดินขาว(Kaolin)

เป็นดินที่มีลักษณะสีขาวนวล เนื้อดินมีความละเอียดน้อย มีความเหนียวน้อย ต้องนำไปผสมกับวัตถุดิบอื่นๆในการใช้งาน สามารถทนไฟได้สูง มีการหดตัวน้อย จะพบในพื้นที่ ที่เป็นที่ราบสูง เป็นดินที่เกิดในแหล่งผุพังของหินเดิม (Residual Clay) ดินขาวจะให้สีขาวบริสุทธิ์หลังเผา นิยมใช้กับการสร้างผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ต้องการความประณีต สวยงาม

แหล่งดินขาวที่สำคัญในประเทศไทย

- บ้านบางริ้น อ.เมือง จังหวัดระนอง
- บ้านปางคา อ.แจ้ห่ม และ อ.แม่ทะ จังหวัดลำปาง
- บ้านหนองใหญ่ อ.เมือง จังหวัดปราจีนบุรี
- บ้านโต๊ะเต้ง อ.สุไหงปาดี จังหวัดนราธิวาส
- อ.เวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย เป็นต้น

ตารางที่1 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของดินขาวจากแหล่งต่างๆในประเทศไทย

| ผลวิเคราะห์ทางเคมี | ดินขาวระนอง | ดินขาวนราธิวาส | โคกไม้ลายปราจีนบุรี | บ้านไร่อุทัยธานี | บ้านวังยางอุตรดิตถ์ | เวียงป่าเป้าเชียงราย | ปางค่าลำปาง | ดินขาวระยอง |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Sio_2$ | 48.75 | 47.30 | 48.10 | 65.93 | 68.56 | 44.50 | 59.70 | 51.85 |
| $Al_2O_3$ | 43.58 | 35.72 | 36.10 | 24.85 | 19.32 | 38.20 | 27.60 | 32.77 |
| $Fe_2O_3$ | 0.71 | 0.38 | 1.47 | 1.28 | 2.21 | 0.80 | 0.85 | 2.12 |
| $Tio_2$ | 0.02 | 0.20 | 0.79 | 0.05 | 0.21 | 0.20 | 0.07 | 0.53 |
| CaO | 0.07 | 0.11 | 0.20 | 0.15 | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.02 |
| MgO | 0.34 | 1.01 | 0.14 | 0.45 | 0.53 | - | 0.25 | 0.18 |
| $K_2O$ | 2.52 | 1.76 | 0.16 | 1.73 | 4.99 | 0.80 | 5.85 | 3.58 |
| $Na_2O$ | 0.48 | 0.39 | 0.13 | 0.12 | 0.22 | - | 0.15 | 0.41 |
| น้ำหนักหายไปหลังเผา (LOI) | 10.66 | 12.99 | 12.95 | 5.45 | 3.01 | 14.20 | 5.39 | 14.12 |

ที่มา ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์, 2541 หน้า 44

ดินดำ(Ball Clay)

ดินดำหรือดินเหนียวขาว เป็นดินที่มีลักษณะสีดำหรือเทา เนื้อดินมีอนุภาคเล็กความละเอียดมาก มีความเหนียวมาก มีอัตราการหดตัวสูง เป็นดินที่เกิดจากดินขาวที่ย้ายถิ่นกำเนิดไปดกดะกอนในที่แห่งใหม่ (Sedimentary clay) หลังการเผาจะมีสีขาวหรือเหลืองนวล มีความทนไฟสูง

แหล่งดินดำที่มีความสำคัญในประเทศไทย

-บ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี

-ลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช

-แม่ทาน อ.แม่ทะ จังหวัดลำปาง

-แม่หยวก อ.เมือง จังหวัดเชียงใหม่ เป็นต้น

ตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของดินดำจากแหล่งต่าง ๆในประเทศไทย

| ผลวิเคราะห์ทางเคมี | บ้านนาสาร สุราษฎร์ธานี | ปากพลี ปราจีนบุรี | แม่หยวก เชียงใหม่ | แม่ทาน ลำปาง | แจ้คอน ลำปาง |
|---|---|---|---|---|---|
| $Sio_2$ | 50.94 | 52.0 | 59.2 | 59.92 | 56.2 |
| $Al_2O_3$ | 31.70 | 27.3 | 23.7 | 25.92 | 29.8 |
| $Fe_2O_3$ | 2.78 | 3.4 | 0.9 | 0.62 | 2.90 |
| $Tio_2$ | 0.88 | - | 0.34 | 0.70 | 0.63 |
| CaO | 0.34 | 1.3 | 0.37 | 0.08 | 0.40 |
| MgO | 0.46 | 2.0 | 0.39 | 0.45 | 0.74 |
| $K_2O$ | 0.58 | - | 2.71 | 2.07 | 2.78 |
| $Na_2O$ | 0.4 | - | 0.35 | 0.33 | 0.85 |
| น้ำหนักหายไปหลังเผา (LOI) | 11.75 | 13.9 | 9.6 | 9.12 | 7.0 |

ที่มา ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์, 2541 หน้า 53

หินฟันม้า(Feldspar)

มีลักษณะเป็นหินแข็ง สีขาวหรือสีไข่ไก่ทำหน้าที่เป็นตัวหลอมละลาย(Flux) ในอุณหภูมิสูง ใช้ผสมได้ทั้งในเนื้อดินและน้ำเคลือบ หินฟันม้าเป็นสารประกอบของ อัลกาไลน์ อลูมิเนียม ซิลิเกต (Alkalines Aluminum Silicate) เป็นวัตถุสำคัญชนิดหนึ่งอุตสาหกรรมเซรามิกส์

แหล่งหินฟันม้าที่มีความสำคัญในประเทศไทยคือ

- จังหวัดตาก
- จังหวัดราชบุรี
- จังหวัดเพชรบุรี
- จังหวัดแม่ฮ่องสอน เป็นต้น

ดารางที่ 3 ตัวอย่างผลวิเคราะห์ทางเคมีของหินฟันม้าจาก อ. บ้านตาก จังหวัดตาก

| ผลวิเคราะห์ทางเคมี | โพแทสเฟลด์สปาร์ | โซดาเฟลด์สปาร์ |
|---|---|---|
| $Sio_2$ | 65.0 | 70.2 |
| $Al_2O_3$ | 18.6 | 17.8 |
| $Fe_2O_3$ | 0.31 | 0.06 |
| CaO | 1.0 | 0.11 |
| MgO | 0.08 | 0.22 |
| $Na_2O$ | 3.8 | 8.8 |
| $K_2O$ | 10.0 | 0.16 |
| $TiO_2$ | - | 0.26 |
| น้ำหนักหายไปหลังเผา(LOI) | 0.19 | 1.33 |

ที่มา ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์, 2541 หน้า 66

หินเขี้ยวหนุมาน (Quartz)

เป็นสารประกอบของซิลิก้า(Silica)ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ลักษณะที่พบในรูปต่างๆเช่น ในรูปของหิน (Rock type) ในรูปของทราย (Granular type) ในรูปผง (Power type) มีความแข็งแกร่งอยู่ที่ระดับ 7 ของ Moh's scale of hardness ลักษณะมีสีขาวหรือสีไข่ไก่ มีความละเอียดสูง นิยมใช้ทั้งผสมในเนื้อดินและน้ำเคลือบ ทำให้เนื้อดินมีความแกร่งและทนไฟได้สูง

แหล่งหินเขี้ยวหนุมาน (Quartz) ที่มีความสำคัญในประเทศไทยคือ

-อ.บ้านดาก จังหวัดดาก

-อ.แกลง จังหวัดระยอง

-อ.ท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี

-อ.เมือง จังหวัดตราด เป็นต้น

ภาพที่ 1 วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัยในโครงการ

2.2.1.2 วิธีการในการป้องกันความร้อน

- มีแนวคิดในการใช้ช่องว่างของอากาศ ในการป้องกันความร้อนจากผนังด้านหนึ่งสู่ผนังด้านหนึ่งซึ่งเป็นวิธีการที่เป็นธรรมชาติ และสะดวกที่สุด คล้ายกับอิฐกลวงทั่วไป

- มีแนวคิดในการใช้น้ำเคลือบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ สะท้อนแสงแดด เพื่อช่วยลดความร้อนที่จะเข้ามาสะสมในตัวผลิตภัณฑ์ได้อีกทางหนึ่งและยังสามารถป้องกันความชื้นที่จะเข้าไปในตัวอาคารได้ในระดับหนึ่ง เพราะความชื้นและน้ำไม่สามารถซึมผ่านน้ำเคลือบได้

2.2.1.3 เทคนิคในการผลิต

ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ สามารถขึ้นรูปได้หลายวิธีแต่วิธีที่เหมาะสมในการวิจัยนี้ คือ วิธีการหล่อน้ำดิน (slip casting) เป็นวิธีการขึ้นรูปงานเครื่องเคลือบดินเผาวิธีหนึ่ง ซึ่งมีความสะดวก สามารถควบคุมคุณภาพ และมาตรฐานของผลงานได้ดี วิธีการหล่อน้ำดิน คือจะต้องนำเนื้อดินมาผสมกับน้ำให้มีลักษณะที่เป็นน้ำดิน (Slip) ลักษณะน้ำดินที่เตรียมจะต้องมีความเหมาะสมกับรูปแบบของงาน จากนั้นจึงนำน้ำดินที่ได้เตรียมนี้มาเทลงในแม่พิมพ์ที่สร้างไว้ ในการวิจัยนี้ใช้วิธีการ การหล่อแบบกลวง (Hollow Casting) มีลักษณะคือ เทน้ำดินลงในแม่พิมพ์ โดยปล่อยให้น้ำดินเกาะตามผนังของแม่พิมพ์ในระยะเวลาหนึ่ง ให้ได้ความหนาของผลงานตามที่ต้องการ จากนั้นจึงเทน้ำดินที่อยู่ในแม่พิมพ์ออก คว่ำแม่พิมพ์ไว้ให้น้ำดินไหลออกให้หมดจะได้ ผลงานที่ได้มีลักษณะภายในกลวง

อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาคือ 1,200 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกส์โดยทั่วไป

2.2.1.4 รูปทรงและขนาด

มีแนวคิดที่จะออกแบบรูปทรงและขนาดที่ใช้งานง่ายที่สุดคือเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมด้านเท่าและขนาดซึ่งคำนวนปริมาณการใช้(ก้อน) ต่อพื้นที่การใช้งานได้ง่าย โดยจะใช้มาตราเมตริกขนาดหน่วยเป็นเซนติเมตร เพื่อง่ายต่อการคำนวณโดยเฉพาะการใช้งานภายในประเทศไทย

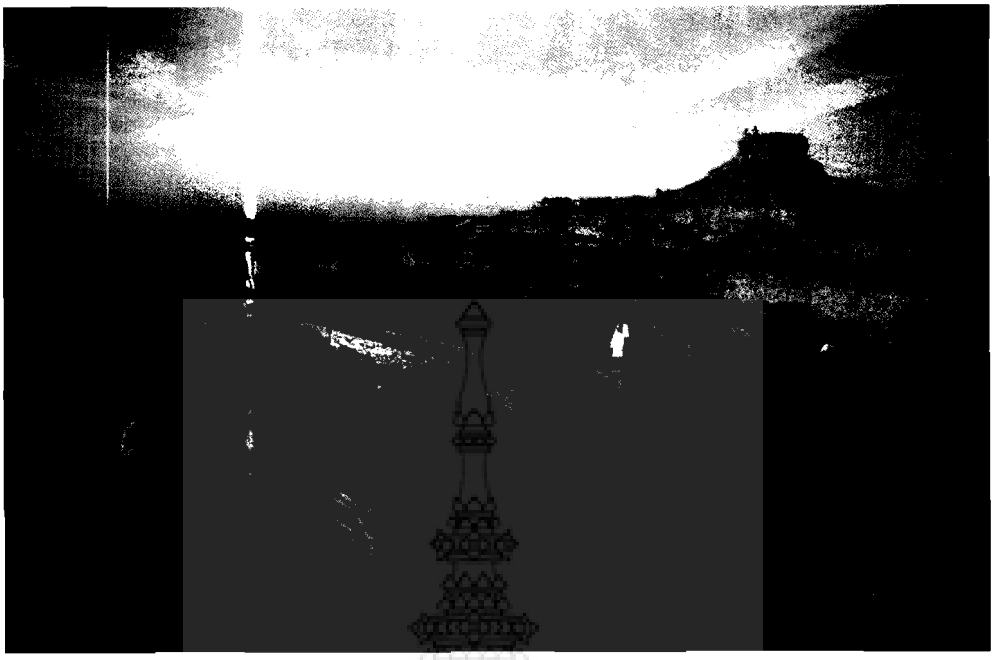
2.2.1.5 สีและพื้นผิวของผลิตภัณฑ์

ในโครงการวิจัยนี้ เน้นที่การป้องกันความร้อนจากภายนอกอาคาร จึงจะเลือกใช้สีที่ไม่ดูดซับความร้อนมาใช้ในทดลอง เช่น สีเหลืองงาช้าง สีฟ้าอ่อน และ พื้นผิวที่เรียบเพื่อช่วยในการสะท้อนแสงแดดให้ได้มากที่สุด สีและพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ สามารถที่จะพัฒนาต่อยอดได้ตามความต้องการในการใช้งาน เช่นอาจจะไม่เคลือบน้ำเคลือบ หรือตกแต่งด้วยสีบนเคลือบอีกครั้งหนึ่งก็ได้

การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ในโครงการนี้ต้องการวัดผลในการออกแบบ โดยเปรียบเทียบกับวัสดุในการก่อผนัง 3 ตัวอย่าง ดังนี้

**2.2.2 วัสดุที่ใช้ในการก่อผนัง**

2.2.2.1 อิฐ (Brick) เป็นวัสดุหนึ่งที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารมาอย่างยาวนาน เพราะมีคุณสมบัติที่ดีในหลายๆด้าน เช่น การใช้งานที่สะดวก ความแข็งแรงทนทาน สวยงาม ด้วยคุณสมบัติที่ดีเหล่านี้ จึงทำให้อิฐ ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายและใช้งานมายาวนานจากอดีตจนถึงปัจจุบันกว่าพันปี ตัวอย่างเช่น เมืองโมเห็นโจดาโรและเมืองฮารัปปา ในดินแดนลุ่มแม่น้ำอินดุสในอดีต



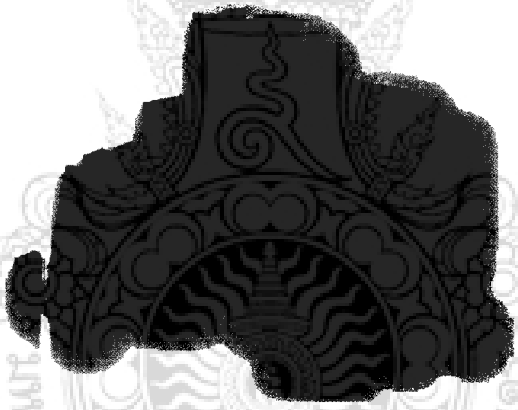
ภาพที่ 2 เมืองโมเห็นโจดาโร ในดินแดนลุ่มแม่น้ำอินดุสในอดีตที่ใช้อิฐในการก่อสร้างเมือง

ภาพที่ 3 อิฐ (Brick)

ชื่อที่ใช้เรียกอิฐ โดยทั่วไปอาจเรียกว่า อิฐมอญ วิธีการสร้างอิฐคือ การนำดินเหนียวและวัตถุดิบอื่น เช่น ฟาง ขี้แกลบ ทราย มาผสมกัน อัตราส่วนผสมในแต่ละแหล่งผลิตอาจจะไม่เท่ากัน เมื่อผสมวัตถุดิบต่างเรียบร้อยแล้ว จึงมาอัดลงในแม่พิมพ์ให้มีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยม ผืนผ้า จากนั้นตากให้แห้ง แล้วนำมาผ่านการเผา แหล่งอิฐมอญที่มีชื่อเสียงในประเทศไทย คือ อิฐจากอยุธยา การใช้อิฐมอญสร้างผนังอาคารแม้จะมีความสะดวกรวดเร็วและช่างมีความชำนาญในการใช้อิฐมอญก่อผนัง แต่ข้อเสียของอิฐมอญก็มีเช่น

- มีน้ำหนักมาก
- เกิดการทรุดตัวและแตกร้าวง่าย
- มีการดูดซึมน้ำในอัตราที่สูง
- เป็นวัสดุที่ไม่ดีในการเป็นฉนวนกันความร้อน

คุณสมบัติของอิฐมอญในเรื่องเกี่ยวกับความร้อน คือความร้อนสามารถถ่ายเทเข้าออกได้ง่ายและดูดซับความร้อนไว้ในตัวเองเป็นเวลานานจึงคลายความร้อนออก เป็นผลให้อิฐมอญซึมซับความร้อนในช่วงกลางวัน และคลายความร้อนในช่วงกลางคืน ทำให้ช่วงกลางคืนเกิดความร้อนขึ้นภายในอาคาร ในปัจจุบันจึงมีการผลิตอิฐให้มีช่องอากาศภายในเรียกว่า อิฐกลวง (Structural Clay Tile) หรืออาจใช้คำว่า Hollow Brick หมายถึง ก้อนวัสดุงานก่อดินเผากลวงที่มีโพรงหรือรูหรือทั้งสองอย่างขนานกัน (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2537: 1) เพื่อใช้ช่องว่างของอากาศช่วยเป็นฉนวนกันความร้อน



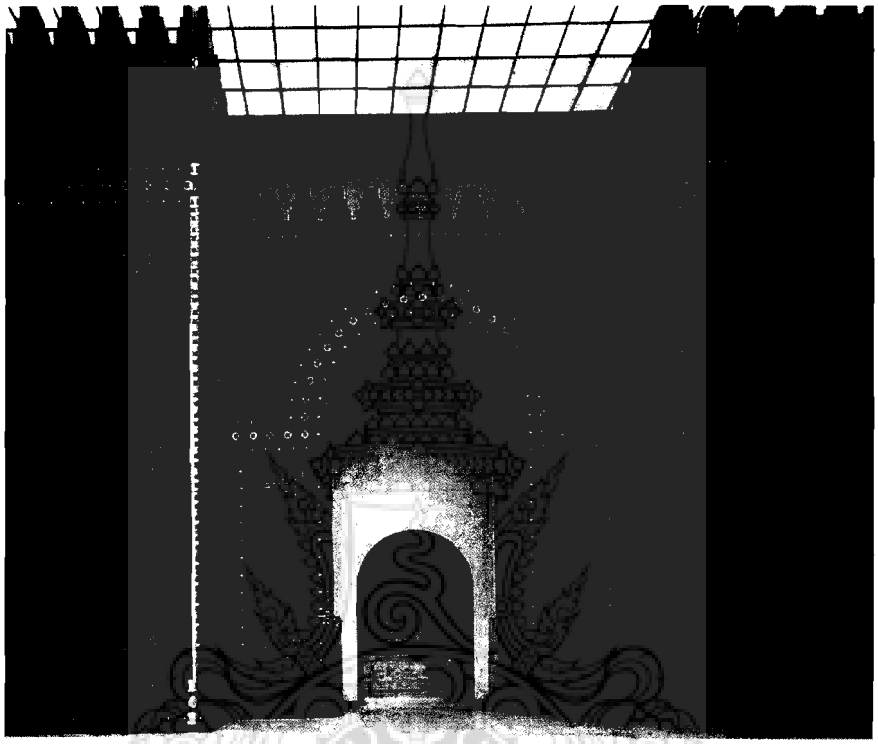
ภาพที่ 4 อิฐกลวง (Structural Clay Tile)

นอกจากอิฐมอญที่ใช้ในการก่อผนังแล้วผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ยังนำมาใช้ในการประดับผนังเรียกว่า กระเบื้องเซรามิกส์

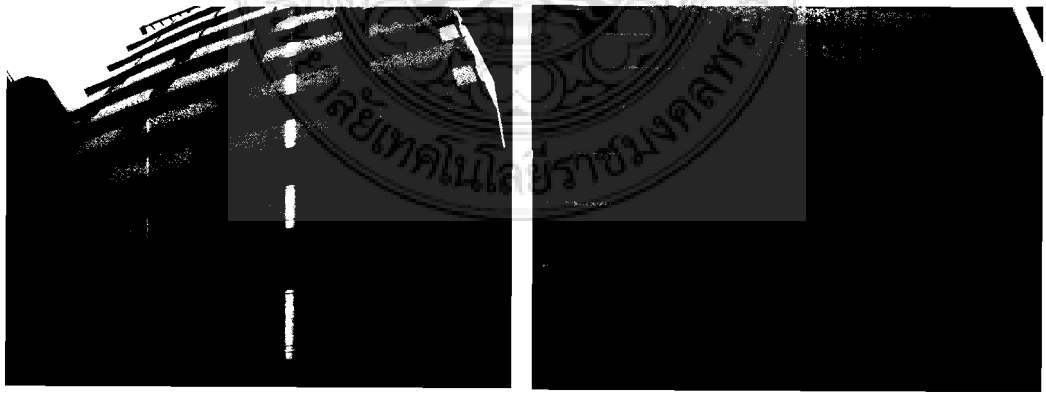
กระเบื้องเซรามิกส์ (Ceramic Tile)

กระเบื้องเซรามิกส์มีการใช้ในการตกแต่งเพื่อความแข็งแรงและสวยงามของผนังอาคารมาอย่างยาวนานเช่นกัน ตัวอย่างเช่น ประตูอิชตาร์ (Ishtar Gate) ประตูแห่งนครบาบิโลเนียดินแดนเมโสโปเตเมียในอดีต และ ในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเป็นประเทศที่มีสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงในช่วงที่กว้างมากประเทศหนึ่งคือ ในช่วงฤดูร้อนจะอากาศร้อนมากแสงจากดวงอาทิตย์จะรุนแรง อุณหภูมิเฉลี่ย สูงสุด 30.8 องศาเซลเซียส แต่ในช่วงฤดูหนาวก็จะหนาวจัด มีหิมะตก อุณหภูมิเฉลี่ย ต่ำสุด 2.1 องศาเซลเซียส (The World Meteorological Organization, 2009) แต่ชาวญี่ปุ่นโดยส่วนใหญ่ก็ยังนิยมใช้กระเบื้องเซรามิกส์ตกแต่งผนัง

ภายนอกอาคาร ข้อดีของกระเบื้องเซรามิกส์นั้นมีหลายด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งความมันเงาของน้ำเคลือบกระเบื้องเซรามิกส์ จะช่วยสะท้อนแสงให้กระจายออกจึงช่วยให้ผนังไม่ดูดซับความร้อนมาก และยังช่วยลดความชื้นที่จะเข้ามาภายในอาคารได้



ภาพที่ 5 ประตูอิชตาร์ (Ishtar Gate)



ภาพที่ 6 อาคารในประเทศญี่ปุ่นที่นิยมใช้กระเบื้องเซรามิกส์ตกแต่งผนังด้านนอก

ตารางที่ 4 คุณสมบัติของอิฐมอญ

| คุณสมบัติ | ค่าของคุณสมบัติที่วัดได้ |
|---|---|
| ค่าความหนาแน่น (kg./$m^3$) | 1,615-1,650 |
| จำนวนหน่วยต่อตารางเมตร(ก้อน) | 145 |
| น้ำหนักต่อตารางเมตรรวมฉาบปูน ( kg./$m^2$) | 200 |
| ค่าการต้านทานความร้อน (ค่า R) ($m^2$ K/W) | 0.15 |
| ค่าการนำความร้อน (ค่า K) (W/m.K) | 0.473 |
| ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (ค่าQ) (Watt/$m^2$) | 30-45 |
| ค่าความจุความร้อน (ความร้อนจำเพาะ) (ค่า C) (J/kg.K) | 800-1,000 |
| ค่าการต้านทานแรงอัด(kg./$cm^2$) | 35 |
| ค่าการทนไฟ (ชั่วโมง) | 0.5-2 |
| อัตราการดูดซึมน้ำ (ร้อยละ) | 30-40 |
| ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างต่อตารางเมตร ค่าวัสดุและค่าแรงต่อตารางเมตร(บาท) (ไม่รวมค่าตกแต่ง) | 425-440 |
| ข้อดี อื่นๆ | -ราคาถูก -แข็งแรง<br>-หาซื้อง่าย -ช่างมีความชำนาญ |
| ข้อเสีย อื่นๆ | -คุณภาพและขนาดไม่แน่นอน<br>-ใช้เวลานานในการก่อสร้าง<br>-น้ำหนักมาก |

ที่มา เอกสารเผยแพร่ แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

2.2.2.2 คอนกรีตบล็อก (Concrete Masonry unit )

คอนกรีตบล็อกเป็นผลิตภัณฑ์ก่อผนังอีกรูปแบบหนึ่ง มีวัตถุดิบหลักในการผลิตคือ ปูนซีเมนต์ ทราย และ หินย่อยขนาดเล็ก อัดลงในแม่พิมพ์ จากนั้นดากให้แห้ง คอนกรีตบล็อก นิยมเรียกว่า อิฐบล็อก ใช้กันอย่างแพร่หลาย ในการก่อผนังเพราะมีความสะดวกรวดเร็วในการใช้งาน หาซื้อได้ง่าย มีขนาดที่ค่อนข้างได้มาตรฐาน กว่าอิฐมอญ คือ

ขนาด หนา 7 ซม. ยาว 39 ซม. สูง 19 ซม.

ขนาด หนา 9 ซม. ยาว 39 ซม. สูง 19 ซม.

ขนาด หนา 14 ซม. ยาว 39 ซม. สูง 19 ซม.

คอนกรีตบล็อก มีทั้งแบบรับน้ำหนักและแบบไม่รับน้ำหนัก มีลักษณะกลวงตรงกลางก้อน เพื่อช่วยในการเป็นฉนวนกันความร้อน แต่บางที่ในการก่อก็จะเทปูนก่อลงในช่องว่างนั้นเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับผนังเพราะ คอนกรีตบล็อกค่อนข้างเปราะและแตกหักง่าย และคุณสมบัติที่เป็นข้อเสีย ของคอนกรีตบล็อกคือ น้ำสามารถซึมผ่านได้ง่าย การที่น้ำซึมผ่านได้ง่ายนี้ทำให้สิ่งที่มายึดติดเพื่อตกแต่งผนังที่ก่อด้วยคอนกรีตบล็อกจะหลุดออกได้ง่าย เช่น ปูนที่นำมาฉาบบนผิว กระเบื้อง หรือวัสดุอื่นๆเพราะความชื้นของตัวอิฐทำให้วัสดุที่ใช้ผสานเสื่อมสภาพเร็ว

ตารางที่ 5 คุณสมบัติของคอนกรีตบล็อก

| คุณสมบัติ | ค่าของคุณสมบัติที่วัดได้ |
|---|---|
| ค่าความหนาแน่น (kg./$m^3$) | 765 |
| จำนวนหน่วยต่อตารางเมตร(ก้อน) | 14 |
| น้ำหนักต่อตารางเมตรรวมฉาบปูน ( kg./$m^2$) | 130 |
| ค่าการต้านทานความร้อน (ค่า R) ($m^2$ K/W) | 0.149 |
| ค่าการนำความร้อน (ค่า K) (W/m.K) | 0.519 |
| ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (ค่าQ) (Watt/$m^2$) | - |
| ค่าความจุความร้อน (ความร้อนจำเพาะ) (ค่า C) (J/kg.K) | - |
| ค่าการต้านทานแรงอัด(kg./$cm^2$) | - |
| ค่าการทนไฟ (ชั่วโมง) | - |
| อัตราการดูดซึมน้ำ (ร้อยละ) | 30 |
| ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างต่อตารางเมตร ค่าวัสดุและค่าแรงต่อตารางเมตร(บาท) (ไม่รวมค่าตกแต่ง) | 390 |
| ข้อดี อื่นๆ | -ราคาถูก -แข็งแรง<br>-มีช่องว่างอากาศที่ช่วยกันความร้อนได้ |
| ข้อเสีย อื่นๆ | -อายุใช้งานยังไม่มีการยืนยัน<br>-ต้องใช้ปูนฉาบเฉพาะ |

ที่มา เอกสารเผยแพร่ แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

ภาพที่ 7 คอนกรีตบล็อก (Concrete Masonry unit )

2.2.2.3 คอนกรีตมวลเบา ( Autoclaved Aerated concrete)

คอนกรีตมวลเบา มีวัตถุดิบหลักในการผลิตคือ ปูนซีเมนต์ ปูนขาว ทราย ยิปซั่ม น้ำ และผงอลูมิเนียม นำมาเทลงแม่พิมพ์ ในกระบวนการนี้วัตถุดิบต่างๆจะทำปฏิกิริยากันโดยเฉพาะปฏิกิริยาเคมีระหว่างอะลูมิเนียมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์และน้ำ ที่จะทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนขึ้น ฟองก๊าซที่เกิดขึ้นจะดันเนื้อของเหลวให้ขยายตัวออก จะทำให้เกิดก๊าซเป็นฟองขึ้น และอากาศจะเข้ามาแทนที่ทำให้เกิดฟองอากาศเล็กๆ กระจายอยู่ทั่วไปในตัวคอนกรีต และต้องนำเข้าอบอีกครั้งเพื่อเร่งปฏิกิริยาให้เกิดการแข็งตัว การเกิดปฏิกิริยาที่สร้างฟองอากาศเล็กๆนี้ ทำให้คอนกรีตมวลเบา มีน้ำหนักเบา แต่มีความแข็งแกร่ง คอนกรีตมวลเบา มีข้อดีในการใช้ก่อผนังมาก เช่น ใช้งานง่ายเพราะสามารถตัดได้ด้วยเลื่อย มีรูปแบบให้เลือกใช้งานอย่างหลากหลาย น้ำหนักเบาไม่เปลืองโครงสร้างอาคาร ดูดซับเสียงได้ดี ขนาดได้มาตรฐาน และที่สำคัญเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี เพราะมีช่วงว่างของฟองอากาศมาก ทำให้สามารถกระจายความร้อนได้ดี ไม่ซึมซับความร้อน

ตารางที่ 6 คุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบา

| คุณสมบัติ | ค่าของคุณสมบัติที่วัดได้ |
|---|---|
| ค่าความหนาแน่น (kg./$m^3$) | 550-640 |
| จำนวนหน่วยต่อตารางเมตร(ก้อน) | 8 |
| น้ำหนักต่อตารางเมตรรวมฉาบปูน ( kg./$m^2$) | 90-100 |
| ค่าการต้านทานความร้อน (ค่า R) ($m^2$ K/W) | 0.58 |
| ค่าการนำความร้อน (ค่า K) (W/m.K) | 0.089-0.132 |
| ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (ค่าQ) (Watt/$m^2$) | 32-42 |
| ค่าความจุความร้อน (ความร้อนจำเพาะ) (ค่า C) (J/kg.K) | น้อยกว่าอิฐมอญ 2.5 เท่า |
| ค่าการต้านทานแรงอัด(kg./$cm^2$) | 40-50 |

ตารางที่ 6 คุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบา(ต่อ)

| คุณสมบัติ | ค่าของคุณสมบัติที่วัดได้ |
|---|---|
| ค่าการทนไฟ (ชั่วโมง) | 4 |
| อัตราการดูดซึมน้ำ (ร้อยละ) | 30 |
| ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างต่อตารางเมตร (ค่าวัสดุและค่าแรง) (บาท) (ไม่รวมค่าตกแต่ง) | 450-646 |
| ข้อดี อื่นๆ | -คุณภาพคงที่ -ใช้งานได้สะดวก -ป้องกันความร้อนได้ดี |
| ข้อเสีย อื่นๆ | -ไม่ทนน้ำ -ราคาสูง -ขั้นตอนการก่อยุ่งยาก |

ที่มา เอกสารเผยแพร่ แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

ภาพที่ 8 คอนกรีดมวลเบา ( Autoclaved Aerated concrete)

ที่กล่าวมาทั้งหมดคุณสมบัติด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์หรือวัสดุที่ใช้ในการก่อผนังซึ่งจะใช้เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบในโครงการและโดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าในการเป็นฉนวนกันความร้อนเพื่อเป็นการเปรียบเทียบในการอนุรักษ์การใช้พลังงานภายในอาคาร

**2.3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

คณะทำงานโครงการวิจัยพลังงานและการออกแบบสถาปัตยกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2548. **เอกสารเสวนาวิชาการงานอาษาสุดสัปดาห์วิชาการ ครั้งที่ 3 เรื่องทิศทางตลาดและแนวโน้มการส่งเสริมวัสดุผนังและฉนวนเพื่อประสิทธิภาพในด้านการอนุรักษ์พลังงาน กรณีศึกษา : การใช้วัสดุผนังและฉนวนสำหรับโครงการบ้านอยู่สบายประหยัดพลังงาน.** กรุงเทพมหานคร: (อัดสำเนา)

คณะทำงานโครงการวิจัยพลังงานและการออกแบบสถาปัตยกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2550. **เอกสารแนวทางการพัฒนาเครือข่ายวิชาการด้านการอนุรักษ์พลังงาน(ในมุมมองนักวิชาการ-สถาปนิก-นักวิจัยด้านพลังงาน).** กรุงเทพมหานคร: (อัดสำเนา)

จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ และคณะ. 2550. **การศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ระบบการก่อสร้างStructural Sandwich Panelsเพื่อใช้กับบ้านประหยัดพลังงานในประเทศไทย.** กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรม. 2545. **เอกสารเผยแพร่แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน.** ม.ป.ท : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

พัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, กรม. 2543. **การใช้ฉนวน**. ม.ป.ท : กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน

สมบูรณ์ คงสมศักดิ์สิริและจำรูญ หฤทัยพันธ์. 2548. การใช้เศษโฟมเก่าในคอนกรีตบล็อกประดับ. **วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม** ปีที่1เล่มที่1 (กุมภาพันธ์-กรกฎาคม) : 20-25

เอกสารและงานวิจัยข้างต้นเป็นแหล่งข้อมูลอย่างดี สำหรับคณะผู้วิจัย เกี่ยวกับข้อมูลวัสดุในการก่อสร้าง ที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงานภายในอาคาร

# บทที่ 3
# วิธีดำเนินการวิจัย

## 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1ขั้นตอนที่1 การทดลองเนื้อดิน ประชากร คือวัดถุดิบด้านเซรามิกส์ กลุ่มตัวอย่างคือวัดถุดิบที่เลือกนำมาทดลอง ดังนี้ คือ ดินขาว ดินดำ หินฟันม้า หินเขี้ยวหนุมาน และวัดถุดิบที่นำมาทดลองเพื่อให้เนื้อดินเกิดความพรุนตัว คือ ขี้เถ้าแกลบ และ ขี้เลื่อย

3.1.2 ขั้นตอนที่2 การออกแบบ ประชากรคือ วิธีการในการป้องกันความร้อนจากผนังด้านหนึ่งสู่ผนังอีกด้านหนึ่ง กลุ่มตัวอย่างคือ รูปแบบการสร้างช่องว่างอากาศในการป้องกันความร้อน

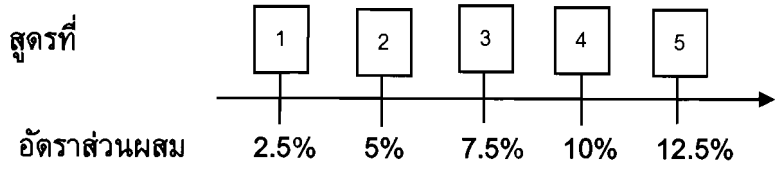
## 3.2 ขั้นตอนในการวิจัย

3.2.1 ขั้นตอนที่1 ทดลองเนื้อดิน เพื่อหาเนื้อดินที่มีความเหมาะสมที่สุด ในด้านคุณสมบัติความเป็นฉนวนกันความร้อนและในด้านกระบวนการผลิต มีวิธีการคือ ทดลองวัดถุดิบและอัตราอัตราส่วนผสม เริ่มจากแบ่งวัดถุดิบออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 วัดถุดิบที่มีความเหนียว ในการทดลองเลือกใช้ ดินขาว และ ดินดำ กลุ่มที่ 2 วัดถุดิบที่ไม่มีความเหนียว ในการทดลองเลือกใช้หินฟันม้าและหินเขี้ยวหนุมาน และกลุ่มที่ 3 วัดถุดิบที่ช่วยให้เนื้อดินเกิดความพรุนตัวในการทดลองเลือกใช้ ขี้เถ้าแกลบและขี้เลื่อย โดยกำหนดอัตราส่วนของวัดถุดิบกลุ่มที่ 1 ที่ 65% อัตราส่วนของวัดถุดิบกลุ่มที่ 2 ที่ 35% เหตุที่กำหนดให้อัตราส่วนของวัดถุดิบกลุ่มที่1สูง เพราะในการเพิ่มวัดถุดิบกลุ่มที่ 3 ความเหนียวของเนื้อดินจะถูกลดลงไปด้วยเพราะวัดถุดิบกลุ่มที่ 3 เป็นวัดถุดิบที่ไม่มีความเหนียว และกำหนดใช้วัดถุดิบในอัตราส่วนคงที่ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| ดินขาว (Kaolin) | 35 | % |
| ดินดำ (Ball Clay) | 30 | % |
| หินฟันม้า (Feldspar) | 20 | % |
| หินเขี้ยวหนุมาน(Quartz) | 15 | % |

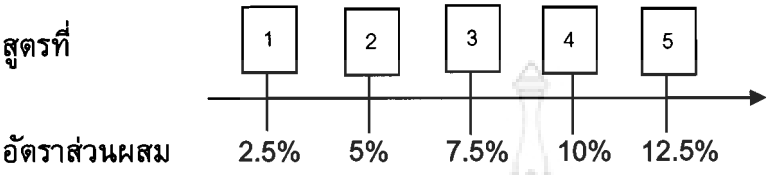
เพิ่ม ขี้เถ้าแกลบ (Rice Husk Ash) จำนวน 5 สูตร เพิ่มครั้งละ 2.5 %

แผนภูมิที่ 1 อัตราส่วนผสมขี้เถ้าแกลบ



เพิ่ม ขี้เลื่อย (Sawdust) จำนวน 5 สูตร เพิ่มครั้งละ 2.5 %

แผนภูมิที่ 2 อัตราส่วนผสมขี้เลื่อย




จะได้การทดลองเนื้อดินจำนวน 11 สูตรส่วนผสมดังนี้

ตารางที่ 7 สูตรอัตราส่วนผสมเนื้อดินที่ใช้ในการทดลอง

| สูตรที่ | ดินขาว (%) | ดินดำ (%) | หินฟันม้า (%) | หินเขี้ยวหนุมาน (%) | ขี้เถ้าแกลบ (%) | ขี้เลื่อย (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 35 | 30 | 20 | 15 | - | - |
| 2 | 35 | 30 | 20 | 15 | 2.5 | - |
| 3 | 35 | 30 | 20 | 15 | 5 | - |
| 4 | 35 | 30 | 20 | 15 | 7.5 | - |
| 5 | 35 | 30 | 20 | 15 | 10 | - |
| 6 | 35 | 30 | 20 | 15 | 12.5 | - |
| 7 | 35 | 30 | 20 | 15 | - | 2.5 |
| 8 | 35 | 30 | 20 | 15 | - | 5 |
| 9 | 35 | 30 | 20 | 15 | - | 7.5 |
| 10 | 35 | 30 | 20 | 15 | - | 10 |
| 11 | 35 | 30 | 20 | 15 | - | 12.5 |

วัตถุดิบที่เลือกมาใช้ในโครงการเป็นวัตถุดิบที่มีราคาถูกและหาซื้อได้ง่ายจะทำให้มีต้นทุนด้านวัตถุดิบไม่สูงมากและเป็นวัตถุดิบภายในประเทศมากกว่า 60 %

ในขั้นแรกจะทดสอบคุณสมบัติเนื้อดินสูตรต่างๆ ดังนี้

- ความสามารถในการต้านทานความร้อนสูง(Resistivity)หรือ ค่า R สูง
- ค่าการนำความร้อน(Conductivity) หรือ ค่า K ต่ำ
- การหดตัวของเนื้อดิน (Shrinkage) น้อย

- ใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้ดี

เมื่อได้สูตรเนื้อดินที่ดีที่สุดแล้วจึงทดสอบคุณสมบัติด้านต่างๆเฉพาะสูตรที่ดีที่สุดเท่านั้น

3.2.2 ขั้นตอนที่ 2 ออกแบบผลิตภัณฑ์ เพื่อหารูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมที่สุดคือสามารถป้องกันความร้อน จากผนังด้านหนึ่งสู่ผนังอีกด้านหนึ่ง โดยใช้อากาศช่วยในการป้องกันความร้อน การดำเนินงานจะเข้าพบผู้เชี่ยวชาญ แก้ไข ปรับเปลี่ยน และเพิ่มเติมจากรูปแบบที่คณะผู้วิจัยได้ออกแบบเพื่อเป็นแนวทางในครั้งแรก

3.2.3 ขั้นตอนที่ 3 นำรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุดมาเปรียบเทียบคุณสมบัติกับวัสดุที่ใช้ก่อผนัง 3 ชนิดคืออิฐมอญ(Brick) คอนกรีตบล็อก(Concrete Masonry unit ) และคอนกรีตมวลเบา(Autoclaved Aerated concrete) โดยข้อมูลจากเอกสารเผยแพร่แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

**3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

3.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในขั้นตอนที่ 1 คือ แบบประเมินคุณสมบัติของเนื้อดิน โดยนำผลการทดสอบที่ได้มาคัดเลือก อัตราส่วนผสมที่ดีที่สุด (สูตร) มาสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์ จากทั้งหมด 11 อัตราส่วนผสม ที่กำหนดใช้ในการทดลอง

3.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในขั้นตอนที่ 2 คือแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ 2 ท่าน คือ

- ผู้เชี่ยวชาญด้านการก่อสร้างอาคารและวัสดุก่อสร้างอาคาร
- ผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตงานเซรามิกส์ในระบบอุตสาหกรรม

โดยเป็นการสอบถามและสัมภาษณ์เพื่อแก้ปัญหาด้านการออกแบบ และ ความเหมาะสมของรูปแบบ เป็นระยะ

3.3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในขั้นตอนที่ 3 คือตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบในการวิจัยกับวัสดุที่ใช้ก่อผนัง 3 ชนิดคืออิฐมอญ(Brick) คอนกรีตบล็อก(Concrete Masonry unit) และคอนกรีตมวลเบา(Autoclaved Aerated concrete)

**3.4 การรวบรวมข้อมูล**

3.4.1 ข้อมูลในด้านการเป็นฉนวนกันความร้อน

ค่าความสามารถในการต้านทานความร้อน(Resistivity) หรือ ค่า R

ค่าการนำความร้อน(Conductivity) หรือ ค่า K

ค่าความร้อนจำเพาะ

ค่าความหนาแน่น

ทั้งหมดทดสอบโดย กรมวิทยาศาสตร์บริการ

3.4.2 ข้อมูลในด้านอื่นๆ

| | | |
|---|---|---|
| ค่าความทนไฟ | ทดสอบโดย | กรมวิทยาศาสตร์บริการ |
| ค่าต้านทานแรงอัด | ทดสอบโดย | คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |

ส่วนที่คณะผู้วิจัยรวบรวมข้อมูล คือ

| | | |
|---|---|---|
| จำนวนหน่วยต่อตารางเมตร | วิธีการโดย | การนับจำนวน |
| น้ำหนักต่อตารางเมตร | วิธีการโดย | ชั่งน้ำหนักผลิตภัณฑ์และหาค่าเฉลี่ย |
| อัตราการดูดซึมน้ำ | วิธีการโดย | คำนวนจากสูตร ดังนี้ |

$$\frac{\text{น้ำหนักเปียก} - \text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักแห้ง}} \times 100$$

| | | |
|---|---|---|
| ค่าการหดตัว | วิธีการโดย | คำนวนจากสูตร ดังนี้ |

ค่าการหดตัวก่อนเผา

$$\frac{\text{ความยาวตอนเปียก} - \text{ความยาวตอนแห้ง}}{\text{ความยาวตอนเปียก}} \times 100$$

ค่าการหดตัวหลังเผา

$$\frac{\text{ความยาวตอนเปียก} - \text{ความยาวหลังการเผา}}{\text{ความยาวตอนเปียก}} \times 100$$

| | | |
|---|---|---|
| ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างต่อตารางเมตร | วิธีการโดย | การประมาณการของคณะผู้วิจัย |
| ความสะดวกรวดเร็วในการก่อสร้าง | วิธีการโดย | การทดสอบของคณะผู้วิจัย |
| ข้อดีและข้อเสียอื่นๆ | วิธีการโดย | วิเคราะห์จากการทดลองใช้งานผลิตภัณฑ์และผลการทดสอบของคณะผู้วิจัย |

**3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล**

สร้างเกณฑ์ระดับค่าคะแนนเป็นแผนผังการวิเคราะห์ข้อมูล (Matrix Data Analysis) และสรุปเป็นความเรียง

**3.6 การแปลความ**

สร้างเป็นแผนผังการวิเคราะห์ข้อมูล (Matrix Data Analysis) ในการเปรียบเทียบ และสรุปเป็นความเรียง

# บทที่ 4
# ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

## 4.1 ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง

4.1.1ขั้นตอนที่1 การทดลองเนื้อดิน

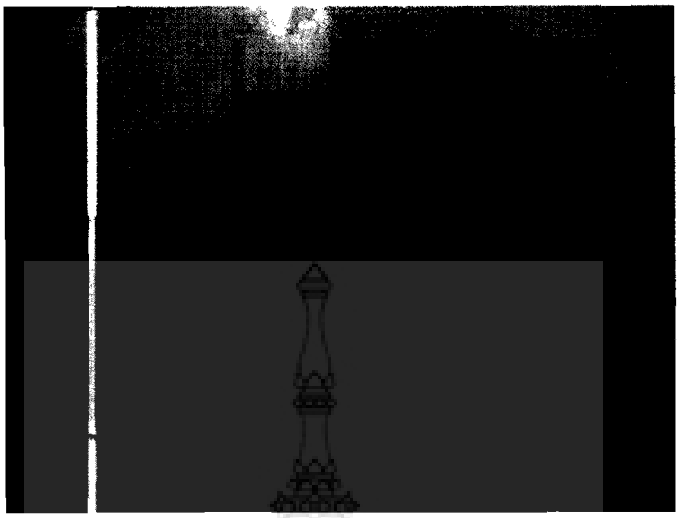
ตารางที่ 8 ผลการทดสอบค่าความเป็นฉนวน (การต้านทานความร้อน หรือ ค่า R และค่าการนำความร้อน หรือ ค่า K)

| สูตรที่ | ค่าการนำความร้อน (Conductivity) หรือ ค่า K (W/m.K) | ค่าการต้านทานความร้อน (Resistivity) หรือ ค่า R ($m^2$ K/W) |
|---|---|---|
| 1 | 0.117 | 0.068 |
| 2 | 0.126 | 0.063 |
| 3 | 0.132 | 0.061 |
| 4 | 0.111 | 0.072 |
| 5 | 0.113 | 0.071 |
| 6 | 0.116 | 0.069 |
| 7 | 0.115 | 0.070 |
| 8 | 0.110 | 0.073 |
| 9 | 0.139 | 0.058 |
| 10 | 0.140 | 0.057 |
| 11 | 0.120 | 0.067 |

หมายเหตุ ชิ้นงานทดสอบขนาด 12 X 12 นิ้ว หนา 0.008 เมตร (8 มิลลิเมตร)

<u>สรุป</u> สูตรที่มีค่าความเป็นฉนวนที่ดีตามลำดับคือ สูตรที่ 8,4,5,7,6,1,11,2,3,9 และ 10

ค่าการทดสอบ ค่าการนำความร้อน (ค่า K) และ ค่าการต้านทานความร้อน (ค่า R) นี้เป็นเพียงผลการทดสอบในค่าเดียวของผนังผลิตภัณฑ์ และจะต้องนำผลของค่าอื่นๆมาบวกกันด้วยเพราะลักษณะของผลิตภัณฑ์เป็นผนัง 2 ชั้น และ 4ชั้น และยังมีค่าของช่องว่างของอากาศซึ่งทั้งหมดจะต้องนำมาคิดรวมกันจึงจะได้ ค่าการต้านทานความร้อน (ค่า R) ของผลิตภัณฑ์จริง



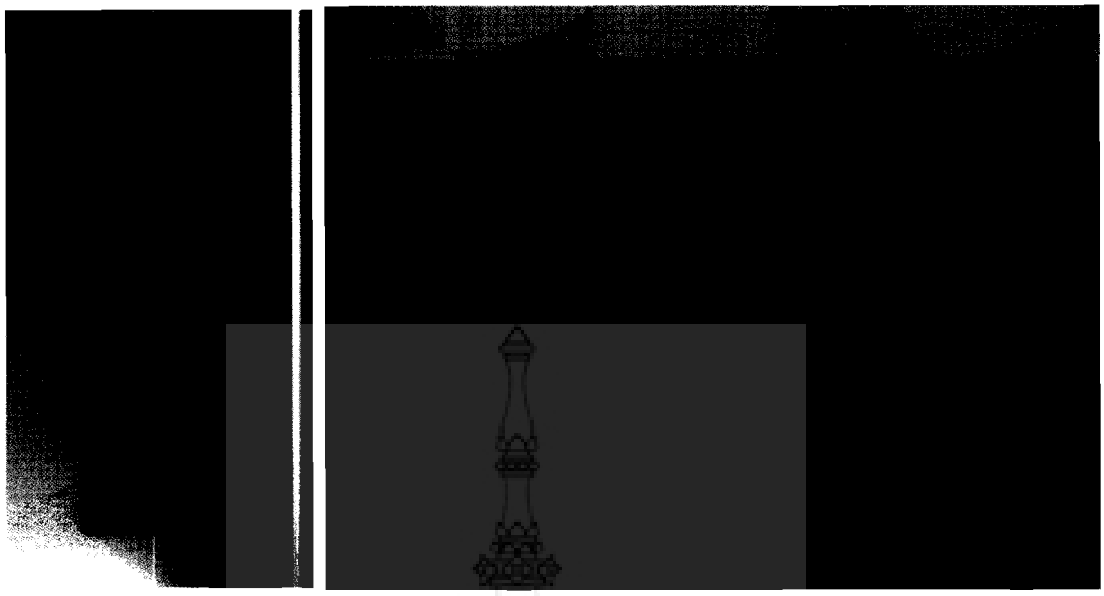
ภาพที่ 9 แผ่นทดสอบค่าความเป็นฉนวน ( การต้านทานความร้อน หรือ ค่า R และค่าการนำความร้อน หรือ ค่า K )

ตารางที่ 9 ผลการทดสอบค่าการหดตัว(Shrinkage)

| สูตรที่ | หดตัวก่อนเผา (%) | หดตัวหลังเผา (%) |
|---|---|---|
| 1 | 5 | 12 |
| 2 | 4 | 9.2 |
| 3 | 4 | 9.5 |
| 4 | 4 | 9.8 |
| 5 | 4 | 9 |
| 6 | 3 | 8 |
| 7 | 4 | 11.9 |
| 8 | 5 | 11.8 |
| 9 | 5 | 11.8 |
| 10 | 4 | 11.5 |
| 11 | 3 | 11.3 |

<u>สรุป</u> สูตรที่มีค่าการหดตัวหลังเผาน้อยที่สุดตามลำดับดังนี้คือ 6,5,4,3,2,11,10,9,8,7และ1

การทดสอบการหดตัวเป็นสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงในการเลือกสูตรของเนื้อดินเพราะถ้าเนื้อดินมีการหดตัวที่มาก จะเกิดความเสี่ยงสูงในการดึงดัว ทำให้ผลิตภัณฑ์ฉีกขาดแตกร้าวในขั้นตอนการผลิตสูงตามไปด้วย



ภาพที่ 10 แท่งทดสอบการหดตัว (Shrinkage)

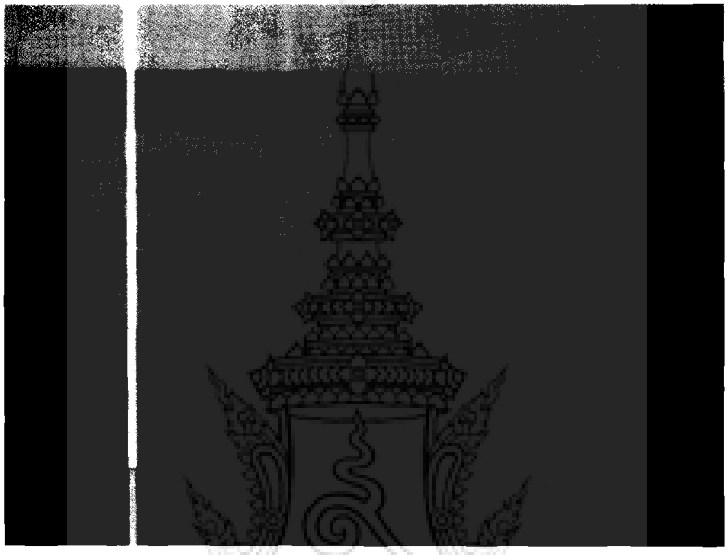
ดารางที่ 10 ผลการทดสอบสภาพการใช้งานในการผลิต

| สูตรที่ | สภาพของน้ำดิน | ลักษณะการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ |
|---|---|---|
| 1 | ไหลตัวดี น้ำดินไม่อืด | ขึ้นรูปได้ดีมาก |
| 2 | ไหลดัวดี น้ำดินไม่อืด | ขึ้นรูปได้ดีมาก |
| 3 | ไหลดัวดี น้ำดินไม่อืด | ขึ้นรูปได้ดี |
| 4 | ไหลดัวดี น้ำดินไม่อืด | ขึ้นรูปได้ดี |
| 5 | ไหลดัวไม่ดี น้ำดินอืด | ขึ้นรูปไม่ได้ |
| 6 | ไหลดัวไม่ดี น้ำดินอืด | ขึ้นรูปไม่ได้ |
| 7 | ไหลดัวดี น้ำดินไม่อืด | ขึ้นรูปได้ดีมาก |
| 8 | ไหลดัวดี น้ำดินไม่อืด | ขึ้นรูปได้ดี |
| 9 | ไหลดัวไม่ดี น้ำดินอืด | ขึ้นรูปได้ |
| 10 | ไหลดัวไม่ดี น้ำดินอืด | ขึ้นรูปไม่ได้ |
| 11 | ไหลดัวไม่ดี น้ำดินอืด | ขึ้นรูปไม่ได้ |

น้ำดินที่ในโครงการใช้ความถ่วงจำเพาะที่ 1.7 และทดสอบการขึ้นรูปในแม่พิมพ์เดียวกัน

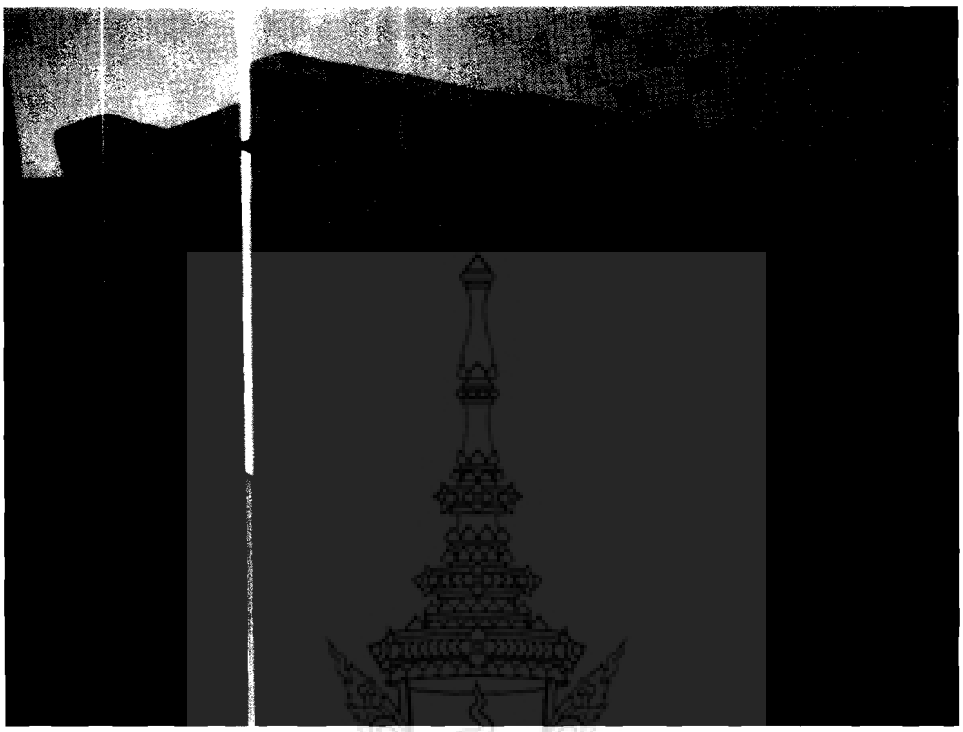
สรุป สูตรที่มีค่าการทดสอบสภาพน้ำดินและการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ดีที่สุดตามลำดับดังนี้คือ 1,2,3,4,7,8,9,5,6,10 และ11

ในการทดสอบสภาพน้ำดินและการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จำเป็นที่จะต้องดูการใช้งานที่สะดวกเป็นหลัก ซึ่งพบว่าการใช้ขี้เถ้าแกลบผสมในน้ำดินพบปัญหาน้อยกว่าการใช้ขี้เลื่อยผสม เพราะขี้เลื่อยมีผลกับแม่พิมพ์มาก เช่นดิดแม่พิมพ์และสีของน้ำดินที่ผสมขี้เลื่อยจะดิดที่แม่พิมพ์ ทำให้แม่พิมพ์ไม่สะอาดและเสื่อมสภาพเร็วในการใช้งาน



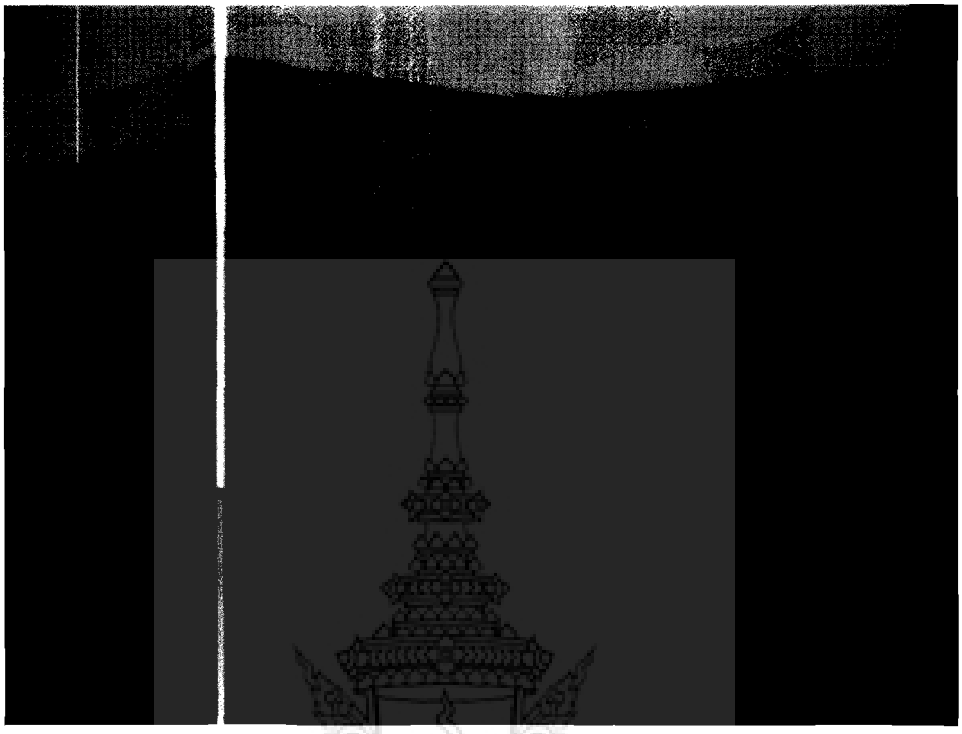
ภาพที่ 11 ทดสอบน้ำดินโดยการใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1

ภาพที่ 12 ทดสอบน้ำดินโดยการใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2



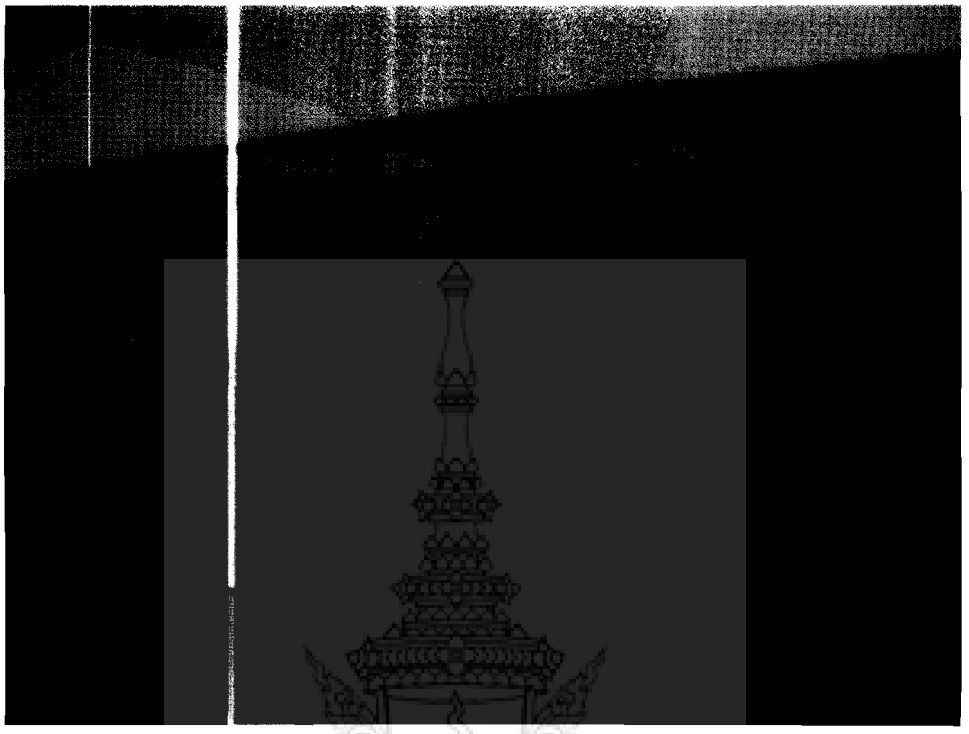
ภาพที่ 13 ทดสอบน้ำดินโดยการใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์สูตรที่ 3

ภาพที่ 14 ทดสอบน้ำดินโดยการใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์สูตรที่ 4



ภาพที่ 15 ทดสอบน้ำดินโดยการใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์สูตรที่ 5

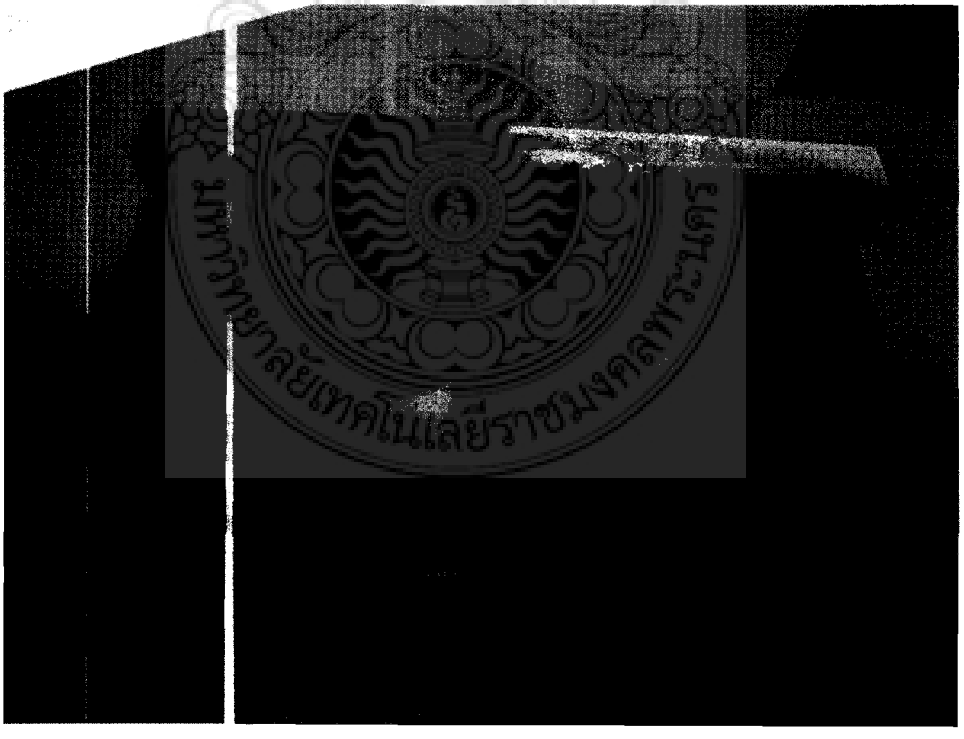
ภาพที่ 16 ทดสอบน้ำดินโดยการใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์สูตรที่ 6



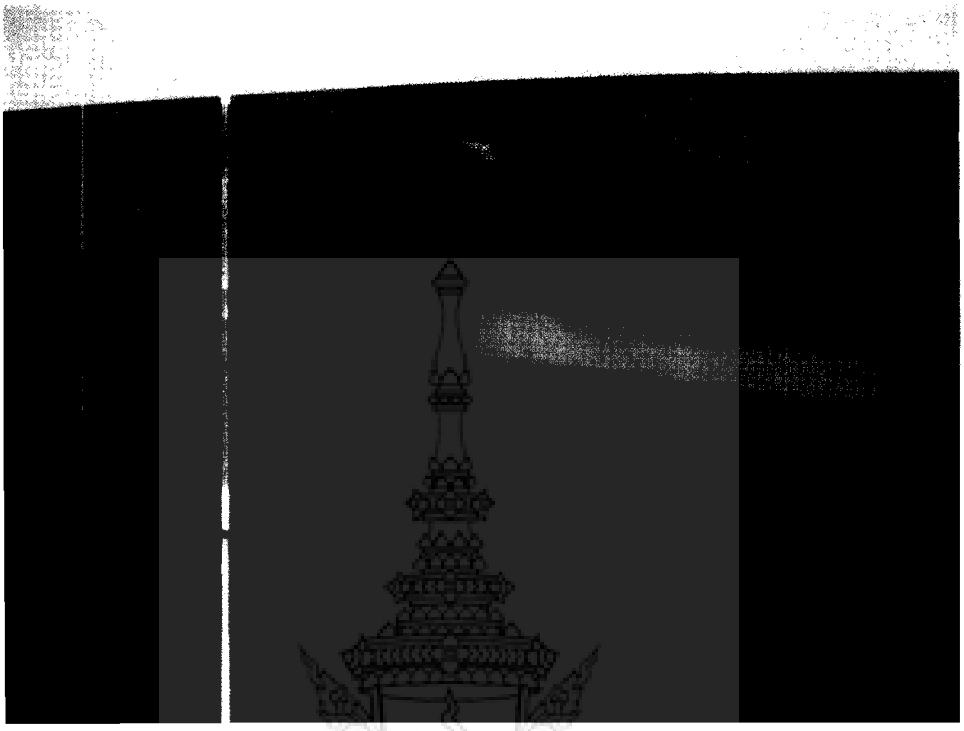
ภาพที่ 17 ทดสอบน้ำดินโดยการใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์สูตรที่ 7

ภาพที่ 18 ทดสอบน้ำดินโดยการใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์สูตรที่ 8

ภาพที่ 19 ทดสอบน้ำดินโดยการใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์สูตรที่ 9



ภาพที่ 20 ทดสอบน้ำดินโดยการใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์สูตรที่ 10



ภาพที่ 21 ทดสอบน้ำดินโดยการใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์สูตรที่ 11

ภาพที่ 22 ผลการทดลองน้ำดินทั้งหมด

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบคุณสมบัติของเนื้อดินในแต่สูตร

| สูตรที่ | ค่าการนำความร้อน หรือ ค่า K (W/m.K) | ค่าการต้านทานความร้อน ค่า R ($m^2$ K/W) | หดตัวก่อนเผา (%) | หดตัวหลังเผา (%) | สภาพของน้ำดิน | ลักษณะการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.117 | 0.068 | 5 | 12 | ไหลตัวดี น้ำดินไม่อืด | ขึ้นรูปได้ดีมาก |
| 2 | 0.126 | 0.063 | 4 | 9.2 | ไหลตัวดี น้ำดินไม่อืด | ขึ้นรูปได้ดีมาก |
| 3 | 0.132 | 0.061 | 4 | 9.5 | ไหลตัวดี น้ำดินไม่อืด | ขึ้นรูปได้ดี |
| 4 | 0.111 | 0.072 | 4 | 9.8 | ไหลตัวดี น้ำดินไม่อืด | ขึ้นรูปได้ดี |
| 5 | 0.113 | 0.071 | 4 | 9 | ไหลตัวไม่ดี น้ำดินอืด | ขึ้นรูปไม่ได้ |
| 6 | 0.116 | 0.069 | 3 | 8 | ไหลตัวไม่ดี น้ำดินอืด | ขึ้นรูปไม่ได้ |
| 7 | 0.115 | 0.070 | 4 | 11.9 | ไหลตัวดี น้ำดินไม่อืด | ขึ้นรูปได้ดีมาก |
| 8 | 0.110 | 0.073 | 5 | 11.8 | ไหลตัวดี น้ำดินไม่อืด | ขึ้นรูปได้ดี |
| 9 | 0.139 | 0.058 | 5 | 11.8 | ไหลตัวไม่ดี น้ำดินอืด | ขึ้นรูปได้ |
| 10 | 0.140 | 0.057 | 4 | 11.5 | ไหลตัวไม่ดี น้ำดินอืด | ขึ้นรูปไม่ได้ |
| 11 | 0.120 | 0.067 | 3 | 11.3 | ไหลตัวไม่ดี น้ำดินอืด | ขึ้นรูปไม่ได้ |

<u>สรุป</u> การทดลองในขั้นตอนที่ 1 การทดลองเนื้อดิน ดังนี้
สูตรที่มีค่าความเป็นฉนวนที่ดีตามลำดับคือ สูตรที่ 8,4,5,7,6,1,11,2,3,9 และ 10
สูตรที่มีค่าการหดตัวหลังเผาน้อยที่สุดตามลำดับดังนี้คือ 6,5,4,3,2,11,10,9,8,7 และ 1
สูตรที่มีค่าการทดสอบสภาพน้ำดินและการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ดีที่สุดตามลำดับดังนี้คือ 1,2,3,4,7,8,9,5,6,10 และ11

เมื่อเรียงลำดับตามค่าคะแนนที่ได้ของแต่ละสูตรแล้วจึงนำมาให้คะแนน ดังนี้

ตารางที่ 12 ตารางการคัดเลือกแบบให้คะแนน (Scoring Screening)

| สูตรที่ | ค่าความเป็นฉนวน 10 คะแนน | ค่าการหดตัว 10 คะแนน | การใช้งานในการผลิต 10 คะแนน | คะแนนรวม 30 คะแนน |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 5 | 0 | 10 | 15 |
| 2 | 3 | 6 | 9 | 18 |
| 3 | 2 | 7 | 8 | 17 |
| 4 | 9 | 8 | 7 | 24 |
| 5 | 8 | 9 | 3 | 20 |
| 6 | 6 | 10 | 2 | 18 |
| 7 | 7 | 1 | 6 | 14 |
| 8 | 10 | 2 | 5 | 17 |
| 9 | 1 | 3 | 4 | 8 |
| 10 | 0 | 4 | 1 | 5 |
| 11 | 4 | 5 | 0 | 9 |

ใช้เกณฑ์ระดับคะแนน 0 - 10 โดยมีค่าระดับการให้คะแนน ดังนี้

10 หมายถึง ดีที่สุด
9 หมายถึง ดีมาก
8 หมายถึง ดี
7 หมายถึง ดีพอสมควร
6 หมายถึง ดีพอใช้
5 หมายถึง พอใช้ได้
4 หมายถึง พอใช้ได้บ้าง
3 หมายถึง ใช้ได้น้อย
2 หมายถึง ใช้ได้น้อยมาก
1 หมายถึง ใช้ได้น้อยที่สุด
0 หมายถึง ไม่ดี

<u>สรุป</u> จากตารางการให้คะแนนจะได้ผลคะแนนของสูตรที่ดีที่สุดตามลำดับคือ สูตร ที่ 4,5,6,2,3,8, 1,7,11,9 และ 8

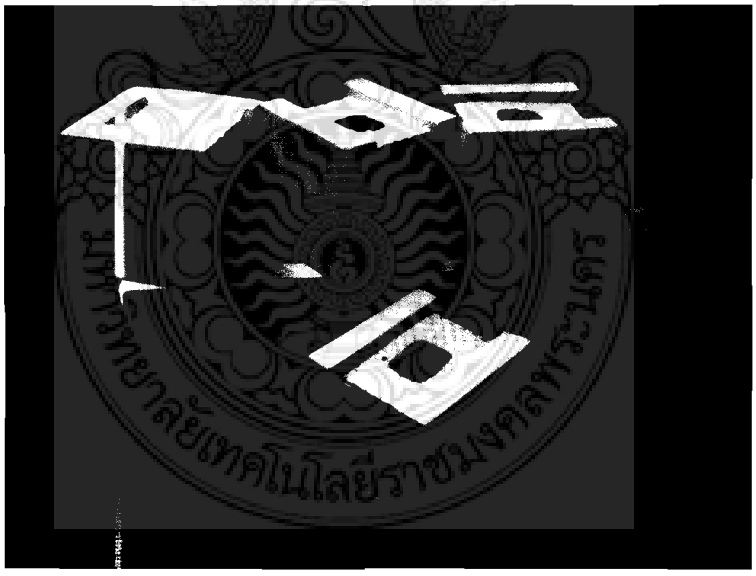
จากผลการทดสอบสูตรที่มีค่าที่ดีที่สุดคือสูตรที่ 4 มีอัตราส่วนผสม ดังนี้

| | | | |
|---|---|---|---|
| | ดินขาว (Kaolin) | 35 | % |
| | ดินดำ (Ball Clay) | 30 | % |
| | หินฟันม้า (Feldspar) | 20 | % |
| | หินเขี้ยวหนุมาน(Quartz) | 15 | % |
| เพิ่ม | ขี้เถ้าแกลบ (Rice Husk Ash) | 7.5 | % |

เมื่อได้ผลการทดลองแล้วจึงใช้สูตรนี้ในการสร้างผลิตภัณฑ์

4.1.2 ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบ เป็นขั้นตอนที่ในการสอบถามและสัมภาษณ์เพื่อแก้ปัญหาด้านการออกแบบ และ ความเหมาะสมของรูปแบบ เป็นระยะ จากผู้เชี่ยวชาญ 2 ท่าน คือ - ผู้เชี่ยวชาญด้านการก่อสร้างอาคารและวัสดุก่อสร้างอาคาร และ

- ผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตงานเซรามิกส์ในระบบอุตสาหกรรม



ภาพที่ 23 ผลงานการออกแบบของคณะผู้วิจัยก่อนเข้าพบผู้เชี่ยวชาญ

ได้รับคำแนะนำและการแก้ปัญหาโดยสรุปดังนี้

- ผู้เชี่ยวชาญด้านการก่อสร้างอาคารและวัสดุก่อสร้างอาคาร

รองศาสตราจารย์ ธีรศักดิ์ วงศ์คำแน่น

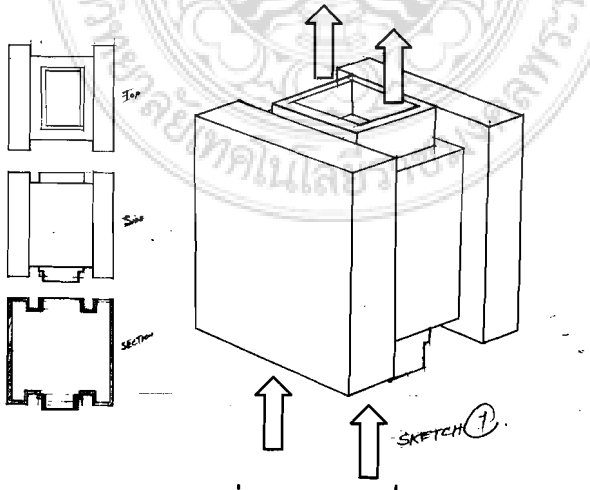
จากรูปแบบที่ได้ออกแบบมาในครั้งแรก การใช้อากาศเป็นตัวช่วยในการป้องกันความร้อนเป็นสิ่งที่ไม่ต้องลงทุนไม่มีค่าใช้จ่าย เป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสม ให้คำนึงถึงการเคลื่อนตัว

ของความร้อนที่จะลอยตัวขึ้นสู่ด้านบน ให้แต่ละบล็อกสามารถที่จะส่งความร้อนในแนวตั้ง จะช่วยในการป้องกันความร้อนได้ดีขึ้น เพราะที่ออกแบบมาในครั้งแรกไม่มีการถ่ายเทความร้อนในแนวดั้ง การใช้งานที่สะดวก ผลิตภัณฑ์ควรจะมีการยืดหยุ่นได้ดีในการปรับระดับในการก่อ ขนาดอาจจะมีได้หลายขนาด เพื่อผู้ใช้สามารถเลือกได้ตามความเหมาะสมในการใช้งาน การมีน้ำเคลือบทั้ง 2 ด้านเป็นสิ่งที่ดีช่วยในการสะท้อนความร้อนและกันความชื้นได้ และไม่ต้องตกแต่งเพิ่มเติมหลังการก่อจะช่วยประหยัดเวลาในการก่อสร้างมาก ต้องทดสอบเวลาในการก่อ ราคาต้นทุนไม่ควรสูงมาก และต้องมีผลการทดสอบในระยะเวลานานที่อ้างอิงคุณสมบัติและคุณภาพได้

- ผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตงานเซรามิกส์ในระบบอุตสาหกรรม
  ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เวนิช สุวรรณโมลี

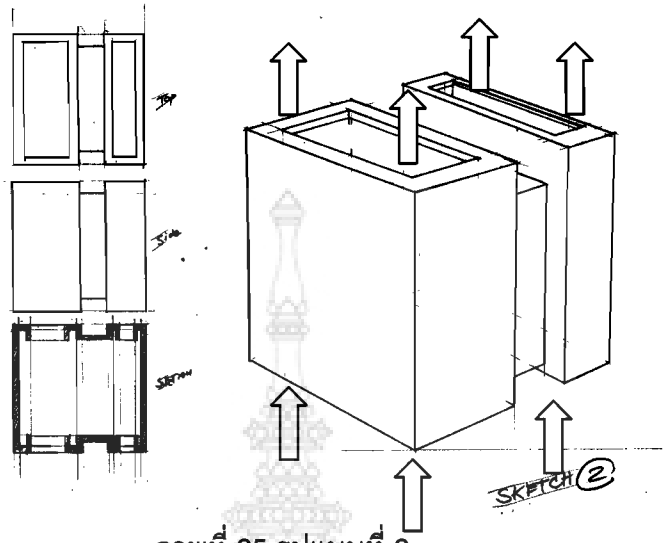
จากรูปแบบที่ได้ออกแบบมาในครั้งแรกให้คำนึงถึงวิธีการขึ้นรูปและการถอดแม่พิมพ์ เพราะลักษณะของผลิตภัณฑ์จะต้องได้มาตรฐานของขนาดมาก ต้องควบคุมการขึ้นรูปให้ดี และความเป็นเหลี่ยมมุมของผลิตภัณฑ์อาจจะเป็นปัญหาในการทำให้ผลิตภัณฑ์ฉีกขาดในการขึ้นรูป การสร้างต้นแบบต้องเผื่อการยุบตัวไว้บ้าง เพราะผลิตภัณฑ์มีเนื้อที่ในแนวตรงกว้าง เนื้อดินตรงช่วงผนัง จะเกิดการทรุดตัวได้ง่าย เนื้อดินที่ใช้ต้องมีความพรุนตัว โดยใช้ขี้เถ้าแกลบ หรือ วัสดุอื่นๆมาช่วยทำให้เกิดความพรุนตัวของเนื้อดินในการทดลอง ขนาดไม่ใหญ่มากจะดี ง่ายการควบคุมการผลิต รูปแบบควรที่จะมีส่วนยึดในการต่อ จะสะดวกในการก่อมากขึ้น และการเลือกวัดถุดิบในการผลิด ให้เลือกวัดถุดิบที่หาได้ง่ายราคาถูก

จากการเข้าพบผู้เชี่ยวชาญแล้วในหลายระยะจึงได้ออกแบบผลิดภัณฑ์ใน 3 รูปแบบเพื่อใช้ในการทดสอบความเหมาะสมของรูปแบบต่อไปดังนี้



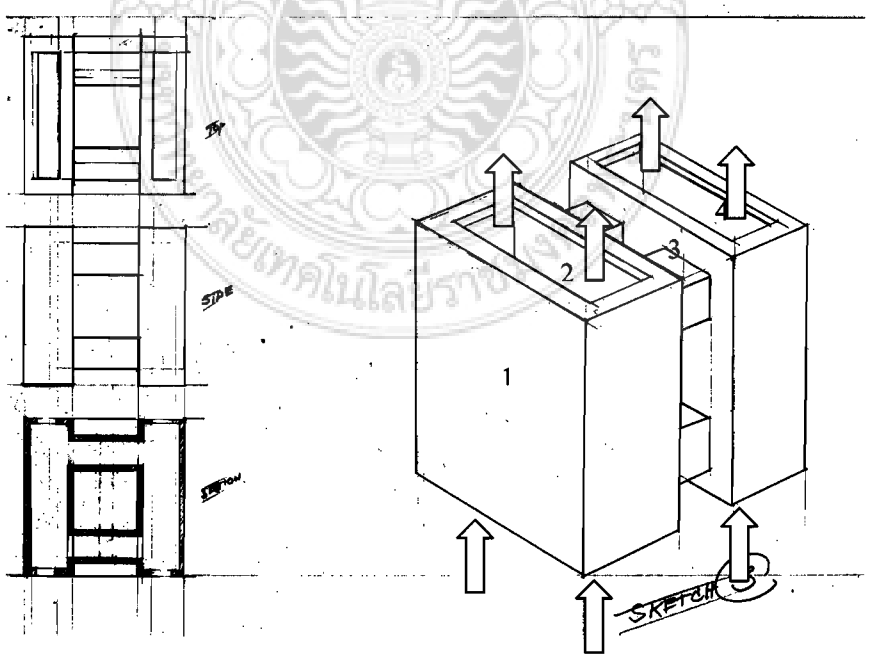

ภาพที่ 24 รูปแบบที่ 1

รูปแบบที่ 1 สามารถต่อกันได้โดยวิธีการสวมกัน ภายในกลวงส่งผ่านความร้อนให้ขึ้นสู่ด้านบน ดรงกลางชิ้นงาน




ภาพที่ 25 รูปแบบที่ 2

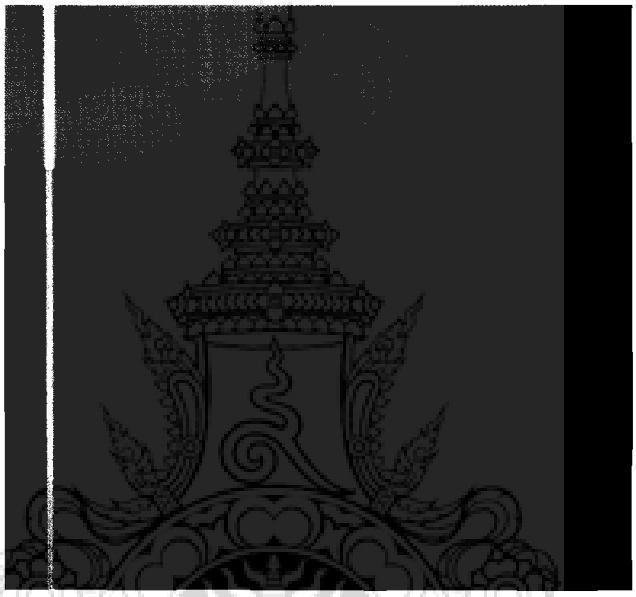
รูปแบบที่ 2 ต่อกันโดยวางชิดกันส่งผ่านความร้อนให้ขึ้นสู่ด้านบน โดยสร้างเป็นส่วนหน้าและส่วนหลัง ส่วนด้านหน้าที่ใหญ่กว่าจะรับความร้อนจากด้านนอกแล้วส่งความร้อนขึ้นสู่ด้านบนในชั้นแรกก่อน เมื่อความร้อนผ่านเข้ามาก็จะมีช่องส่งผ่านความร้อนชั้นที่2 ก่อนถึงผิวชิ้นงานด้านใน




ภาพที่ 26 รูปแบบที่ 3

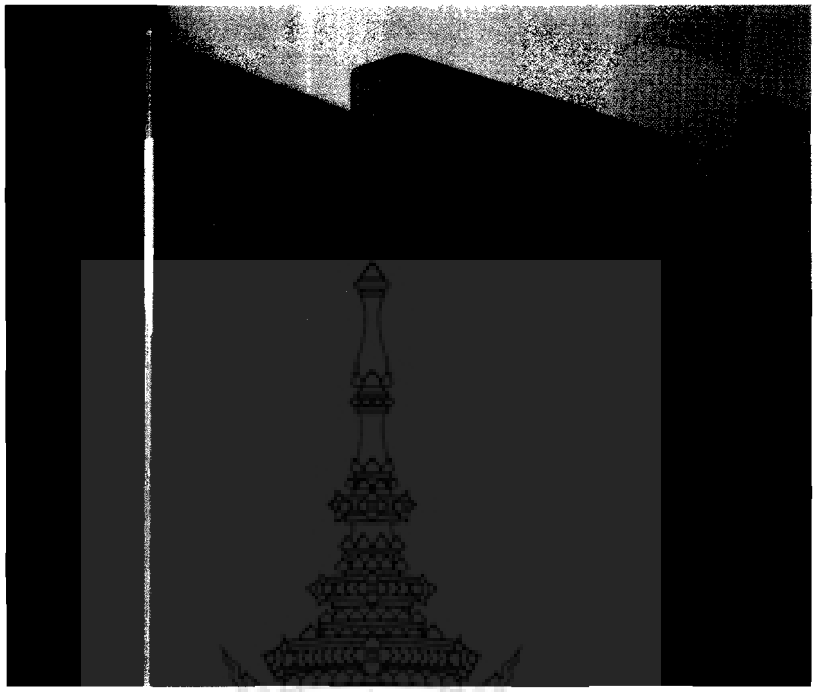
รูปแบบที่ 3 ต่อกันโดยวางชิดกันส่งผ่านความร้อนให้ขึ้นสู่ด้านบน โดยสร้างเป็นส่วนหน้าและส่วนหลัง ผนังที่ 1 ของชิ้นงานจะรับความร้อนจากด้านนอกแล้วส่งความร้อนขึ้นสู่ด้านบนในชั้นแรกก่อน เมื่อความร้อนผ่านเข้ามาก็จะมีผนังที่ 2 ของชิ้นงานกั้นต่อจากนั้น จะเป็นส่วนของปูนก่อ ผนังที่ 3 ของชิ้นงานอีกหนึ่งชั้นและช่องส่งความร้อนต่อไปคือผนังชั้นที่ 4 ของชิ้นงาน

เมื่อได้รูปแบบที่ต้องการแล้วจึงสร้างต้นแบบทั้ง 3 รูปแบบ เพื่อนำมาทดสอบหารูปแบบที่ดีที่สุดในการป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร



ภาพที่ 27 ต้นแบบผลิตภัณฑ์รูปแบบที่ 1

ภาพที่ 28 ต้นแบบผลิตภัณฑ์รูปแบบที่ 2



ภาพที่ 29 ต้นแบบผลิตภัณฑ์รูปแบบที่ 3

ภาพที่ 30 ต้นแบบผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบ

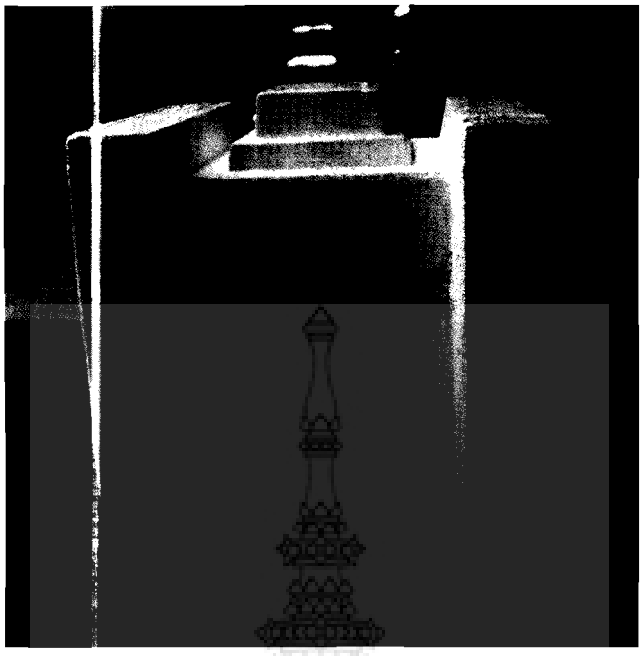
การวิเคราะห์ค่าความเป็นฉนวนในโครงการ ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ในการวิเคราะห์ค่าความเป็นฉนวน คือ โปรแกรม การวิเคราะห์ สมรรถนะเชิงความร้อน ของ กรอบอาคาร และหลังคา OTTV/RTTV โดย คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นฉนวนกันความร้อน

| รูปแบบที่ | ค่าการนำความร้อน (Conductivity) หรือ ค่า K | ต้านทานความร้อน (Resistivity) หรือ ค่า R รวม |
|---|---|---|
| 1 | ชั้นที่ 1 0.111<br>อากาศ 0.149<br>ชั้นที่ 2 0.111 | 0.694 |
| 2 | ชั้นที่ 1 0.111<br>อากาศ 0.149<br>ชั้นที่ 2 0.111 | 0.694 |
| 3 | ชั้นที่ 1 0.111<br>อากาศ 0.028<br>ชั้นที่ 2 0.111<br>คอนกรีด 0.303<br>ชั้นที่ 3 0.111<br>อากาศ 0.028<br>ชั้นที่ 4 0.111 | 1.0922 |

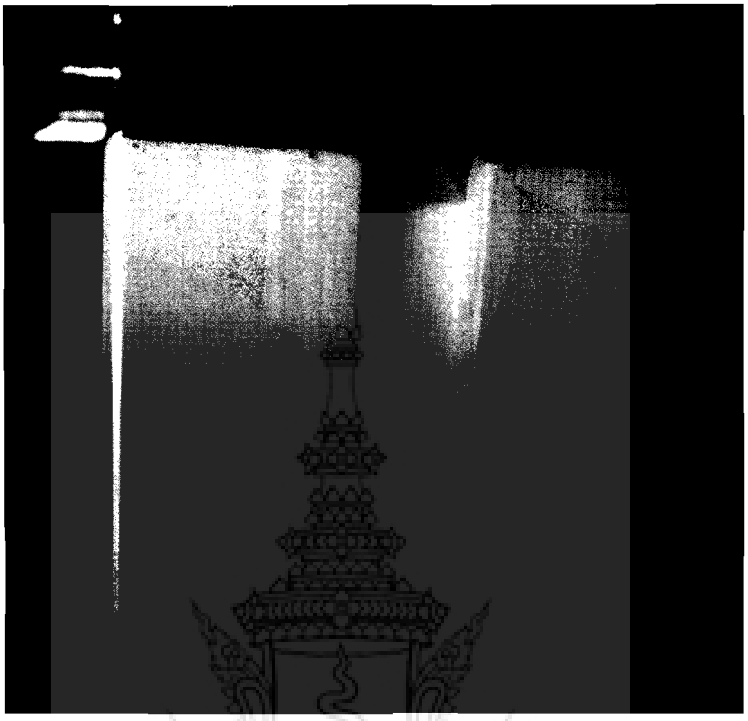
หมายเหตุ ความหนาของผลิตภัณฑ์ที่ 0.005 เมตร

สรุป จากการทดสอบด้วยโปรแกรม การวิเคราะห์ สมรรถนะเชิงความร้อน ของ กรอบอาคาร และหลังคา OTTV/RTTV โดย คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี รูปแบบที่ค่าความเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีที่สุดเรียงตามลำดับคือ รูปแบบที่ 3 โดย รูปแบบที่1และ 2 มีค่าความเป็นฉนวนที่เท่ากัน



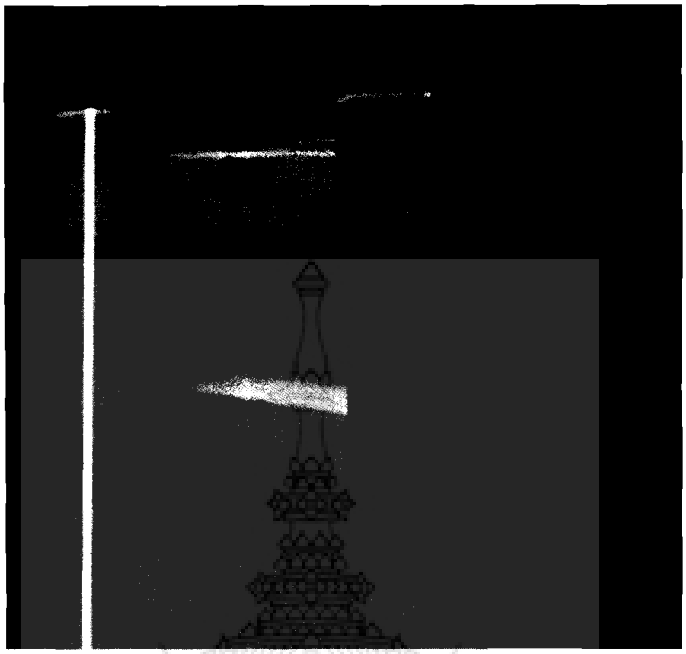
ภาพที่ 31 ต้นแบบที่ใช้ในการถอดแม่พิมพ์ ผลิตภัณฑ์รูปแบบที่ 1

ภาพที่ 32 แม่พิมพ์ผลิตภัณฑ์รูปแบบที่ 1



ภาพที่ 33 ต้นแบบที่ใช้ในการถอดแม่พิมพ์ ผลิตภัณฑ์รูปแบบที่ 2

ภาพที่ 34 แม่พิมพ์ผลิตภัณฑ์รูปแบบที่ 2



ภาพที่ 35 ต้นแบบที่ใช้ในการถอดแม่พิมพ์ ผลิตภัณฑ์รูปแบบที่ 3

ภาพที่ 36 แม่พิมพ์ผลิตภัณฑ์รูปแบบที่ 3

ดารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ปัญหาด้านการผลิต

| รูปแบบที่ | ปัญหาการสร้างต้นแบบ | ปัญหาการสร้างแม่พิมพ์ | ปัญหาการถอดชิ้นงาน | ปัญหาการฉีกขาดแตกร้าวของชิ้นงาน | ปัญหาการเคลือบชิ้นงาน | ปัญหาการบิดเบี้ยวของชิ้นงานหลังเผา | จำนวนงานจากการหล่อ 100 ครั้ง (ชิ้น) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | น้อย | น้อย | น้อยที่สุด | น้อยที่สุด | น้อยที่สุด | น้อยที่สุด | 89 |
| 2 | น้อยที่สุด | น้อยที่สุด | น้อย | น้อย | น้อย | น้อย | 76 |
| 3 | มากที่สุด | มากที่สุด | มากที่สุด | มากที่สุด | มากที่สุด | มากที่สุด | 32 |

<u>สรุป</u> การวิเคราะห์ปัญหาด้านการผลิตรูปแบบที่มีปัญหาน้อยที่สุดเรียงตามลำดับคือรูปแบบที่ 1,2 และ 3

ดารางที่ 15 การวิเคราะห์ด้านน้ำหนัก

| รูปแบบที่ | 1 (kg) | 2 (kg) | 3 (kg) | 4 (kg) | 5 (kg) | 6 (kg) | 7 (kg) | 8 (kg) | 9 (kg) | 10 (kg) | ค่าเฉลี่ย (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.48 | 0.50 | 0.48 | 0.47 | 0.48 | 0.47 | 0.48 | 0.49 | 0.48 | 0.47 | 0.48 |
| 2 | 0.38 | 0.35 | 0.37 | 0.38 | 0.36 | 0.38 | 0.41 | 0.38 | 0.39 | 0.37 | 0.37 |
| 3 | 0.49 | 0.45 | 0.42 | 0.48 | 0.49 | 0.48 | 0.47 | 0.47 | 0.48 | 0.48 | 0.47 |

<u>สรุป</u> การวิเคราะห์ด้านน้ำหนักรูปแบบที่มีน้ำหนักน้อยที่สุดเรียงตามลำดับคือรูปแบบที่ 2,3 และ 1

ดารางที่ 16 แสดงน้ำหนักรวมปูนก่อต่อดารางเมตร

| รูปแบบที่ | Kg/ดารางเมตร |
|---|---|
| 1 | 91.6 |
| 2 | 68.3 |
| 3 | 135 |

<u>สรุป</u> การวิเคราะห์ด้านน้ำหนักรูปแบบที่มีน้ำหนักน้อยที่สุดรวมปูนก่อเรียงตามลำดับคือรูปแบบที่ 2,1 และ 3

ภาพที่ 37 การทดสอบระยะเวลาในการก่อผนัง

ภาพที่ 38 ต้นแบบใช้ทดสอบน้ำหนักในการก่อผนังเมื่อรวมน้ำหนักปูนก่อ

ดารางที่ 17 แสดงการต้านทานแรงอัด

| รูปแบบที่ | แรงอัด(เฉลี่ย) (kg.) |
|---|---|
| 1 | 2,858.3 |
| 2 | 3,891.6 |
| 3 | 10,700.3 |

<u>สรุป</u> รูปแบบที่มีการต้านทานแรงอัดได้ดีที่สุดเรียงตามลำดับคือ รูปแบบที่ 3,2 และ 1

ดารางที่ 18 วิเคราะห์ด้านการใช้งานในการก่อผนัง

| สูตรที่ | การเรียงในก่อ | ความเข้าใจในการใช้งาน | ความสะดวกในการใช้งาน | ความรวดเร็วในการก่อ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | ง่ายที่สุด | ง่ายที่สุด | ง่ายที่สุด | เร็วที่สุด |
| 2 | ง่าย | ง่าย | ง่าย | เร็ว |
| 3 | ยากที่สุด | ยากที่สุด | ยากที่สุด | ช้าที่สุด |

<u>สรุป</u> รูปแบบที่มีการใช้งานที่ง่ายที่สุดตามลำดับ คือ รูปแบบที่ 1,2 และ 3

ตารางที่ 19 แสดงระยะเวลาการใช้งานในการก่อผนัง

| รูปแบบที่ | ชั่วโมง/ดารางเมตร |
|---|---|
| 1 | 1.45 |
| 2 | 1.55 |
| 3 | 1.58 |

<u>สรุป</u> รูปแบบที่ใช้ระยะเวลาในการก่อผนัง น้อยที่สุดตามลำดับคือ รูปแบบที่ 1, 2 และ 3

สรุปผลการวิเคราะห์รูปแบบผลิตภัณฑ์

- ค่าความเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีที่สุดเรียงตามลำดับคือ รูปแบบที่ 3 โดย รูปแบบที่ 1 และ 2 มีค่าความเป็นฉนวนที่เท่ากัน
- การวิเคราะห์ปัญหาด้านการผลิตรูปแบบที่มีปัญหาน้อยที่สุดเรียงดามลำดับคือรูปแบบที่ 1,2 และ 3
- ด้านน้ำหนักรูปแบบที่มีน้ำหนักน้อยที่สุดเรียงตามลำดับคือรูปแบบที่ 2,3 และ 1
- ด้านรูปแบบที่มีน้ำหนักน้อยที่สุดรวมปูนก่อเรียงตามลำดับคือรูปแบบที่ 2,1และ 3
- การด้านทานแรงอัดรูปแบบที่มีการด้านทานแรงอัดได้ดีที่สุดเรียงดามลำดับคือ รูปแบบที่ 3,2 และ 1
- การใช้งานในการก่อผนังโดยมีการใช้งานที่ง่ายที่สุดดามลำดับคือ รูปแบบที่ 1, 2 และ 3
- ด้านระยะเวลาการใช้งานในการก่อผนังโดยมีระยะเวลาที่น้อยที่สุดดามลำดับคือ รูปแบบที่ 1, 2 และ 3

ดารางที่ 20 การคัดเลือกแบบให้คะแนน (Scoring Screening)

| สูตรที่ | ค่าความเป็นฉนวนกันความร้อน 10 คะแนน | ด้านการผลิต 10 คะแนน | การด้านทานแรงอัด 10 คะแนน | ด้านน้ำหนัก 10 คะแนน | ด้านน้ำหนักรวมปูนก่อ 10 คะแนน | การใช้งานในการก่อผนัง 10 คะแนน | ความรวดเร็วในการใช้ก่อผนัง 10 คะแนน | คะแนนรวม 70 คะแนน |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 8 | 10 | 5 | 8 | 8 | 10 | 10 | 59 |
| 2 | 8 | 7 | 7 | 10 | 10 | 8 | 8 | 58 |
| 3 | 10 | 3 | 10 | 9 | 5 | 5 | 7 | 49 |

ใช้เกณฑ์ระดับคะแนน 0 - 10 โดยมีค่าระดับการให้คะแนน ดังนี้

10 หมายถึง ดีที่สุด
9 หมายถึง ดีมาก
8 หมายถึง ดี
7 หมายถึง ดีพอสมควร
6 หมายถึง ดีพอใช้
5 หมายถึง พอใช้ได้
4 หมายถึง พอใช้ได้บ้าง
3 หมายถึง ใช้ได้น้อย
2 หมายถึง ใช้ได้น้อยมาก
1 หมายถึง ใช้ได้น้อยที่สุด
0 หมายถึง ไม่ดี

<u>สรุป</u> การคัดเลือกแบบให้คะแนนรูปแบบที่มีค่าระดับคะแนนสูงที่สุดเรียงตามลำดับคือ รูปแบบที่ 1, 2 และ 3 ดังนั้นจึงใช้ผลการทดสอบผลิตภัณฑ์ของรูปแบบที่ 1ไปเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านกายภาพกับอิฐมอญ (Brick) คอนกรีตบล็อก (Concrete Masonry unit) และคอนกรีตมวลเบา ( Autoclaved Aerated concrete)

<u>ผลการทดสอบด้านอื่นๆที่ใช้ค่ารวมกัน</u>

| | | |
|---|---|---|
| ค่าความหนาแน่น | 821.7 | $kg./m^3$ |
| ค่าการทนไฟที่อุณหภูมิ | 1,491 | องศาเซลเซียส |
| จำนวนหน่วยต่อตารางเมตร | 100 ก้อน | ต่อ 1 ตารางเมตร |
| อัตราการดูดซึมน้ำ ที่ | 7.5 | % |
| ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง | | |
| ราคาประมาณการ | 1,200 –1,500 บาท | ต่อ 1 ตารางเมตร |

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

# บทที่ 5
# สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลและคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ได้ผลด้านต่างๆแล้ว จึงนำมาเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการก่อผนัง คือ อิฐมอญ (Brick) คอนกรีตบล็อก (Concrete Masonry unit) และ คอนกรีตมวลเบา( Autoclaved Aerated concrete)

ตารางที่ 21 เปรียบเทียบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์บล็อก ที่ออกแบบในโครงการ กับ อิฐมอญ (Brick) คอนกรีตบล็อก (Concrete Masonry unit ) และคอนกรีตมวลเบา ( Autoclaved Aerated concrete)

| คุณสมบัติ | อิฐมอญ | คอนกรีตบล็อก | คอนกรีตมวลเบา | เซรามิกส์บล็อก |
|---|---|---|---|---|
| ค่าความหนาแน่น ($kg./m^3$) | 1,615-1,650 | 765 | 550-640 | 1,700 |
| จำนวนหน่วยต่อตารางเมตร(ก้อน) | 145 | 14 | 8 | 100 |
| น้ำหนักต่อตารางเมตรรวมฉาบปูน ( $kg./m^2$) | 200 (ก่ออิฐครึ่งแผ่น) | 130 | 90-100 | 91.6 |
| ค่าการต้านทานความร้อน(ค่า R) ($m^2$ K/W) | 0.15 | 0.149 | 0.58 | 0.694 |
| ค่าการนำความร้อน (ค่า K) (W/m.K) | 0.473 | 0.519 | 0.089-0.132 | ชั้นที่ 1 0.111<br>อากาศ 0.149<br>ชั้นที่ 2 0.111 |
| ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (ค่า U) ($m^2$ K/W) | 6.666 | 6.711 | 1.724 | 1.44 |
| ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (ค่าQ) ($Watt/m^2$) | 30-45 | - | 32-42 | - (ต้องมีการทดสอบจริง) |

ตารางที่ 21 เปรียบเทียบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์บล็อก ที่ออกแบบในโครงการ กับ อิฐมอญ (Brick) คอนกรีตบล็อก (Concrete Masonry unit ) และคอนกรีตมวลเบา ( Autoclaved Aerated concrete) (ต่อ)

| คุณสมบัติ | อิฐมอญ | คอนกรีตบล็อก | คอนกรีตมวลเบา | เซรามิกส์บล็อก |
|---|---|---|---|---|
| ค่าความจุความร้อน (ความร้อนจำเพาะ) (ค่า C) (J/kg.K) | 800 -1,000 | - | น้อยกว่าอิฐมอญ 2.5 เท่า | 821.7 |
| ค่าการต้านทานแรงอัด ($kg./cm^2$) | 35 | - | 40-50 | 2,858* กิโลกรัม |
| ค่าการทนไฟ (ชั่วโมง) | 0.5 - 2 | - | 4 | มากกว่า 4 1,491* องศาเซลเซียส |
| อัตราการดูดซึมน้ำ ( % ) | 30-40 | 30 | 30 | 7.5 |
| ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง ค่าวัสดุและค่าแรงต่อตารางเมตร (บาท) (ไม่รวมค่าตกแต่ง) | 425-440 | 390 | 450-646 | 1,200-1,500 (รวมค่าตกแต่งแล้ว) |
| ข้อดี อื่นๆ | -ราคาถูก -แข็งแรง -หาซื้อง่าย -ช่างมีความชำนาญ | -ราคาถูก -แข็งแรง -มีช่องว่างอากาศที่ช่วยกันความร้อนได้ | -คุณภาพคงที่ -ใช้งานได้สะดวก -ป้องกันความร้อนได้ดี | -ใช้งานได้สะดวก -ป้องกันความร้อนได้ -มีความรวดเร็วในการก่อสร้าง |
| ข้อเสีย อื่นๆ | -คุณภาพและขนาดไม่แน่นอน -ใช้เวลานานในการก่อสร้าง -น้ำหนักมาก -เก็บความชื้น | -อายุใช้งานยังไม่มีการยืนยัน -ต้องใช้ปูนฉาบเฉพาะ | -ไม่ทนน้ำ -ราคาสูง -ขั้นตอนการก่อยุ่งยาก | - ราคาสูง -ไม่ทนต่อแรงกระแทกด้านหน้า |

หมายเหตุ *ค่าที่วัดด้วยวิธีการไม่เหมือนกัน แต่ใช้เป็นข้อมูลของผลิตภัณฑ์ได้

## 5.1 สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัยโดยการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์บล็อก กับวัสดุก่อผนังทั้ง 3 ชนิด โดยแบ่งออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้

5.1.1 ด้านความเป็นฉนวน

ค่าการนำความร้อน (ค่า K) ของผลิตภัณฑ์คือ 0.111 W/m.K เมื่อนำ ค่า K ของแต่ละชั้นมาคิดค่าการต้านทานความร้อน (ค่า R) รวมกันแล้ว จะได้ 0.694 $m^2$ K/W และ เมื่อนำค่า R มาคำนวน ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (ค่า U) จะได้ 1.44 $m^2$ K/W ค่าความร้อนจำเพาะที่ 821.7 J/kg.K

<u>สรุปได้ว่า</u> ด้านความเป็นฉนวนของเซรามิกส์บล็อก มากกว่า อิฐมอญ (Brick) คอนกรีตบล็อก (Concrete Masonry unit ) และคอนกรีตมวลเบา ( Autoclaved Aerated concrete)

5.1.2 ด้านโครงสร้าง

ค่าความหนาแน่นของเนื้อผลิตภัณฑ์ที่ 1,700 kg./$m^3$ แต่โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะกลวงจึงไม่สามารถเปรียบเทียบกับวัสดุอื่นๆได้โดยตรง

ค่าการต้านทานแรงอัดของผลิตภัณฑ์โดยการอัดทดสอบที่ละชิ้นงานเฉลี่ยที่ 2,858 กิโลกรัม ซึ่งสามารถรับน้ำหนักในการก่อผนังสูงได้

ค่าน้ำหนักต่อตารางเมตรรวมฉาบปูน 91.6 kg./$m^2$ น้อยกว่า อิฐมอญ (Brick) คอนกรีตบล็อก (Concrete Masonry unit ) และคอนกรีตมวลเบา ( Autoclaved Aerated concrete) จึงทำให้ประหยัดโครงสร้างของเสาและคาน

ค่าการดูดซึมน้ำ ที่ 7.5 % น้อยกว่า อิฐมอญ (Brick) คอนกรีตบล็อก (Concrete Masonry unit ) และคอนกรีตมวลเบา ( Autoclaved Aerated concrete) การเสื่อมสภาพของผลิตภัณฑ์จึงน้อยกว่า และมีปัญหาด้านความชื้นน้อยกว่า

ค่าการทนไฟ สามารถทนไฟได้มากกว่า 4 ชั่วโมง มากกว่า อิฐมอญ (Brick) คอนกรีตบล็อก (Concrete Masonry unit ) และคอนกรีตมวลเบา ( Autoclaved Aerated concrete) และสูงถึง 1,491 องศาเซลเซียส จึงลดปัญหาเมื่อเวลาเกิดอัคคีภัยได้

<u>สรุปได้ว่า</u> การวิเคราะห์ด้านโครงสร้างของเซรามิกส์บล็อก โดยส่วนมากดีกว่า อิฐมอญ (Brick) คอนกรีตบล็อก (Concrete Masonry unit ) และคอนกรีตมวลเบา ( Autoclaved Aerated concrete)

5.1.3 ด้านความคุ้มค่าและราคา

จำนวนหน่วย 100 ก้อน ต่อหนึ่งตารางเมตร เป็นข้อดีในการคำนวณ ค่าวัสดุ และคำนวนปริมาณในการจัดซื้อได้ง่ายกว่า อิฐมอญ (Brick) คอนกรีตบล็อก (Concrete Masonry unit ) และคอนกรีตมวลเบา ( Autoclaved Aerated concrete)

ราคา 1,200 – 1,500 บาท ต่อหนึ่งตารางเมตร เป็นราคาประมาณการ ที่สูงกว่า อิฐมอญ (Brick) คอนกรีตบล็อก (Concrete Masonry unit ) และคอนกรีตมวลเบา ( Autoclaved

Aerated concrete) เกือบหนึ่งเท่าตัว แต่เมื่อเทียบกับระยะเวลาในการก่อสร้างซึ่งจะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายด้านค่าแรง และ ไม่มีค่าวัสดุตกแต่งผนัง ซึ่งประเมินในเบื้องต้นว่าน่าจะมีค่าใช้จ่ายที่ใกล้เคียงกัน

<u>สรุปได้ว่า</u> ในการประเมินและการประมาณการด้านความคุ้มค่าและราคาเซรามิกส์บล็อกเทียบเท่ากับ อิฐมอญ (Brick) คอนกรีตบล็อก (Concrete Masonry unit ) และคอนกรีตมวลเบา ( Autoclaved Aerated concrete)

5.1.4 ข้อดีและข้อเสียอื่นๆเพิ่มเติม

<u>ข้อดี</u> - มีความรวดเร็วในการก่อสร้างมากกว่าเพราะสามารถตกแต่งผนังได้ในขั้นตอนเดียว
- ทำความสะอาดได้ง่าย
- สวยงามทนทาน ไม่หลุดล่อนเหมือนการปูกระเบื้องปกติ

<u>ข้อเสีย</u> - ราคาสูง
- ไม่ทนต่อแรงกระแทกด้านหน้าเพราะผลิตภัณฑ์มีลักษณะที่กลวงตรงกลาง
- ต้องสร้างความเข้าใจกับช่างก่อสร้างในการใช้งาน

## 5.2 อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยในโครงการนี้ เป็นการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ใช้ในการก่อผนังที่คณะผู้วิจัยคาดคะเนในความเป็นไปได้จริงในการผลิต และ คาดคะเนในความเป็นไปได้ในจริงเรื่องการช่วยอนุรักษ์พลังงานภายในอาคาร โดยการทดสอบและทดลองผลิตภัณฑ์ในคุณสมบัติด้านต่างๆ เพื่อวัดเป็นระดับความสามารถของผลิตภัณฑ์ และนำมาวัดผลโดยการเปรียบเทียบระดับความสามารถ กับผลิตภัณฑ์อื่นๆที่ใช้ในการก่อผนังคืออิฐมอญ (Brick) คอนกรีตบล็อก (Concrete Masonry unit) และคอนกรีตมวลเบา( Autoclaved Aerated concrete) ซึ่งผลการวิจัยเป็นข้อสรุปในเบื้องต้นเท่านั้น จำเป็นที่จะต้องมีการทดสอบในระยะยาวและทดสอบในสภาวะจริงในการใช้งานด้วยจึงจะได้ผลการวิจัยที่สมบูรณ์ และจะสร้างความเชื่อมั่นในการใช้งานผลิตภัณฑ์ได้

## 5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 การวัดผลในหลายๆค่าในการวิจัย กับกรมวิทยาศาสตร์บริการ ต้องทำต้นแบบในการทดสอบที่มีขนาดและลักษณะเฉพาะ จึงทำให้เสียเวลาค่อนข้างมากในการทดลอง ดังนั้นสำหรับผู้ที่ต้องการทดสอบผลิตภัณฑ์ จึงควรสอบถามกรมวิทยาศาสตร์บริการ ในการเตรียมต้นแบบการทดสอบ

5.3.2 ระยะเวลาในการวิจัยที่น้อยเกินไปในการวิจัยผลิตภัณฑ์ด้านนี้

5.3.3 ระเบียบในการใช้จ่ายงบประมาณที่มีความซับซ้อนสำหรับผู้วิจัยใหม่โดยเฉพาะขั้นตอนในการจัดซื้อ จัดจ้างทำให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างล้าช้ามาก จึงเสนอแนะสำหรับผู้วิจัยใหม่ควรศึกษาระเบียบพัสดุให้ดีก่อนดำเนินงาน

# บรรณานุกรม


กุลจิรา สุจิโรจน์ ,ผกามาศ แซ่หว่อง, ดวงเดือน อาจองค์. 2545. **การผลิตเซรามิกส์โดยการอัดแบบ**. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

ปรีดา พิมขาวขำ. 2527.**เซรามิกส์.** พิมพ์ครั้งที่ 5 .กรุงเทพมหานคร:โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทวี พรหมพฤกษ์. 2523. **วิชาเครื่องเคลือบดินเผาเบื้องต้น.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

นิรัช สุดสังข์. 2548. **การวิจัยการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.** พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

ผุสดี ทิพทัส. 2541. **เกณฑ์ในการออกแบบสถาปัตยกรรม**. พิมพ์ครั้งที่ 3 .กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์. 2541. **เนื้อดินเซรามิก.** พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรม. 2545. **เอกสารเผยแพร่แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน.** ม.ป.ท : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

พัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, กรม. 2543. **การใช้ฉนวน.** ม.ป.ท. : กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน

วิรุณ ตั้งเจริญ. 2545. **ประวัติศาสตร์ศิลป์และการออกแบบ.** พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์อีแอนด์ไอดิว.

สุขุมาล เล็กสวัสดิ์. 2548. **เครื่องปั้นดินเผาพื้นฐานการออกแบบและปฏิบัติงาน.** พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิม์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุนทร บุญญาธิการ. 2542. **เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า**.กรุงเทพมหานคร: พร็อพเพอร์ตี้มาร์เก็ต.

สมบูรณ์ คงสมศักดิ์สิริและจำรูญ หฤทัยพันธ์. 2548. การใช้เศษโฟมเก่าในคอนกรีตบล็อกประดับ. **วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม** ปีที่1เล่มที่1(กุมภาพันธ์-กรกฎาคม) : 20-25

## บรรณานุกรม(ต่อ)

สมศรี กาญจนสุต. 2535. **พื้นฐานสถาปัตยกรรม.** กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์บริษัท ประชาชน จำกัด.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. 2519. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอิฐกลวงประดับ.** ม.ป.ท.

Miracle work co, ltd. 2005. Ceramic coating insulation and waterproof. **Thermshield**.[Online].Availablefrom:http://www.thermoshieldthailand.com/insulation.htm [ 2007,October 3]

# ภาคผนวก

# ภาคผนวก ก
# ภาพผลงานเซรามิกส์บล็อก

# ภาพผลงานนิทรรศการ

ภาพผลงานนักศึกษา

ภาพสมบัติราชินีในงานพระราชพิธี

ภาพลงนามราชกิจจานุเบกษา

กองบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ภาพผลงานในเชิงปฏิบัติการ

ภาพผลงานเชิงประดิษฐ์

# ภาคผนวก ข
# ภาพการเข้าพบผู้เชี่ยวชาญ

ภาพการใช้งานผู้ใช้งานชาย

ภาพการเข้าพบผู้เชี่ยวชาญ

# ภาคผนวก ค
# ผลการทดสอบผลิตภัณฑ์

ที่ วท 0307/ 16719

ถึง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มทร. พระนคร

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ ตัวอย่าง เซรามิกส์ CE07 CE03 CE04 CE02 CE05 CE06 CE08 CE09 CE10 CE11 CE01 หมายเลขปฏิบัติการ L52/07034.1-L52/07034.11 จำนวน 11 ตัวอย่าง ตามคำร้อง เลขรับ L52/07034 วันที่ 17 สิงหาคม 2552

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ

โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม
โทร. 0 2201 7130
โทรสาร 0 2201 7127
E-mail: physics@dss.go.th

# รายงานการทดสอบ

| ชื่อวัตถุตัวอย่าง | เครื่องหมาย / ตรา | หมายเลขปฏิบัติการ |
|---|---|---|
| เซรามิกส์ | | |
| CE07 | - | L52/07034.1 |
| CE03 | - | L52/07034.2 |
| CE04 | - | L52/07034.3 |
| CE02 | - | L52/07034.4 |
| CE05 | - | L52/07034.5 |
| CE06 | - | L52/07034.6 |
| CE08 | - | L52/07034.7 |
| CE09 | - | L52/07034.8 |
| CE10 | - | L52/07034.9 |
| CE11 | - | L52/07034.10 |
| CE01 | - | L52/07034.11 |

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

**หมายเลขปฏิบัติการ** L52/07034.1- L52/07034.11

## ผลการทดสอบ

| | การนำความร้อน (วัตต์/เมตร.เคลวิน ) | ความต้านทานความร้อน ( เมตร$^2$.เคลวิน/วัตต์) |
|---|---|---|
| L52/07034.1 | 0.115 | 0.070 |
| L52/07034.2 | 0.132 | 0.061 |
| L52/07034.3 | 0.111 | 0.072 |
| L52/07034.4 | 0.126 | 0.063 |
| L52/07034.5 | 0.113 | 0.071 |
| L52/07034.6 | 0.116 | 0.069 |
| L52/07034.7 | 0.110 | 0.073 |
| L52/07034.8 | 0.138 | 0.058 |
| L52/07034.9 | 0.140 | 0.057 |
| L52/07034.10 | 0.120 | 0.067 |
| L52/07034.11 | 0.117 | 0.068 |

**ชื่อผู้ใช้บริการ** คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มทร. พระนคร

**ที่อยู่ผู้ใช้บริการ** 168 ถ.ศรีอยุธยา แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300

**ลักษณะตัวอย่าง** แผ่นเซรามิกส์ ขนาด 1 x 1 ฟุต หนา 8 มม.

**วันที่ทดสอบ** 18 สิงหาคม – 7 กันยายน 2552

**วิธีทดสอบ** ASTM C177-97

**ผู้รับรอง**

(นายสรรค์ จิตรใคร่ครวญ)

นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

**ผู้รายงาน**

(นายภัคนัย ทองทิอัมพร)

นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

ที่ วท 0307/ 18952

ถึง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มทร. พระนคร

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ ตัวอย่าง เซรามิกส์ หมายเลขปฏิบัติการ L52/08485.1 จำนวน 1 ตัวอย่าง ตามคำร้อง เลขรับ L52/08485 วันที่ 24 กันยายน 2552

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ
DEPARTMENT OF SCIENCE SERVICE
13 2552

โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม
โทร. 0 2201 7130
โทรสาร 0 2201 7127
E-mail: physics@dss.go.th

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

# รายงานการทดสอบ

| ชื่อวัตถุตัวอย่าง | เครื่องหมาย / ตรา | หมายเลขปฏิบัติการ |
|---|---|---|
| เซรามิกส์ | CE04 | L52/08485.1 |

## ผลการทดสอบ

| | |
|---|---|
| ความหนาแน่น, กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร | 1.70 |
| ความร้อนจำเพาะ, จูล/กรัม.เคลวิน | 0.8217 |

ชื่อผู้ใช้บริการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มทร. พระนคร

ที่อยู่ผู้ใช้บริการ 168 ถ.ศรีอยุธยา แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300

ลักษณะตัวอย่าง แผ่นเซรามิกส์ ขนาด 1 x 1 ฟุต หนา 8 มม

วันที่ทดสอบ 1-2 ตุลาคม 2552

วิธีทดสอบ Volumetric method และASTM E 1269-95

| ผู้รับรอง | ผู้รายงาน |
|---|---|
| (นายสรรค์ จิตรใคร่ครวญ) | (นายภัคนัย ทองทิอัมพร) |
| นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ | นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ |

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

ที่ วท 0306/ 18694

ถึง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มทร.พระนคร

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบตัวอย่าง เซรามิกส์ หมายเลขปฏิบัติการ L52/08486.1 จำนวน 1 ตัวอย่าง ตามคำร้องเลขรับ L52/08486 วันที่ 24 กันยายน 2552

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ
7 ตุลาคม 2552

โครงการเคมี
โทรศัพท์ 0 2201 7211-2
โทรสาร 0 2201 7213
E-mail : chemistry@dss.go.th

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

# รายงานการทดสอบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

| ชื่อวัตถุตัวอย่าง | เครื่องหมาย / ตรา | หมายเลขปฏิบัติการ |
|---|---|---|
| เซรามิกส์ | Ce O4 | D52/08486.1 |

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

## ผลการทดสอบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

| | | |
|---|---|---|
| ความทนไฟ | องศาเซลเซียส | 1,491 |

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

**ชื่อผู้ใช้บริการ** คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มทร.พระนคร

**ที่อยู่ผู้ใช้บริการ** 168 ถนนศรีอยุธยา แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

**ลักษณะตัวอย่าง** ผลิตภัณฑ์เซรามิกทรงสี่เหลี่ยมภายในกลวงสีครีม

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

**วันที่ทดสอบ** 28 กันยายน-2 ตุลาคม 2552

**วิธีทดสอบ** Pyrometric cone equivalent (PCE)

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

| ผู้รับรอง | ผู้รายงาน |
|---|---|
| (นางสาวจันทร์เพ็ญ ใจธีรภาพกุล) | (นางสุจินต์ พราวพันธุ์) |
| ผู้อำนวยการโครงการเคมี | นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ |

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

Our Ref : 1415/52

Date of Issue : 05/10/52

**MATERIAL TESTING LABORATORY**

**DEPARTMENT OF TEACHER TRAINING IN CIVIL ENGINEERING**

**FACULTY OF TECHNICAL EDUCATION**

**KING MONGKUT'S UNIVERSITY OF TECHNOLOGY NORTH BANGKOK**

1518 Piboonsongkram Rd., Bangsue, Bangkok 10800 Tel. 02-9132500 ext 3247,3253 Fax. 02-5878260

*Tensile Test Results*

**Client :** นายชานนท์ ตันประวัติ

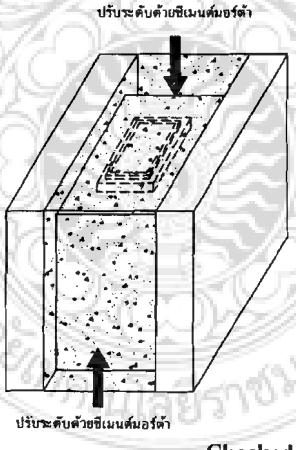
**Address :** 51 หมู่8 ถนนพระราม2 แขวงบางมด เขตจอมทอง กรุงเทพมหานคร 10150

**Project :** -

**Project Location :** -

**Type of Specimen :** อิฐเซรามิกส์ รูปทรงที่ 2

| Specimen I.D. | Section (mm) | Ultimate Load (kg) | Ultimate Load (ton) | Remark |
|---|---|---|---|---|
| No.1 | 10.17 x 10.17 | 3,044 | 3.044 | |
| No.2 | 10.17 x 10.17 | 2,883 | 2.883 | |
| No.3 | 10.17 x 10.17 | 2,648 | 2.648 | |




**Tested by :** Puripat Somkeaw

( Mr.Puripat Somkeaw)

**Checked by :** Sayam Kamkhuntod

( Mr.Sayam Kamkhuntod )

Panuwat Pinthong

( Dr.Panuwat Pinthong )

Head of Department

Note : 1 .The testing results are good only for those specimens tested.

2. Not valid unless signed and sealed.

Our Ref : 1415/52

Date of Issue : 05/10/52

**MATERIAL TESTING LABORATORY**

**DEPARTMENT OF TEACHER TRAINING IN CIVIL ENGINEERING**

**FACULTY OF TECHNICAL EDUCATION**

**KING MONGKUT'S UNIVERSITY OF TECHNOLOGY NORTH BANGKOK**

1518 Piboonsongkram Rd., Bangsue, Bangkok 10800 Tel. 02-9132500 ext 3247,3253 Fax. 02-5878260

*Tensile Test Results*

**Client :** นายชานนท์ ตันประวัติ

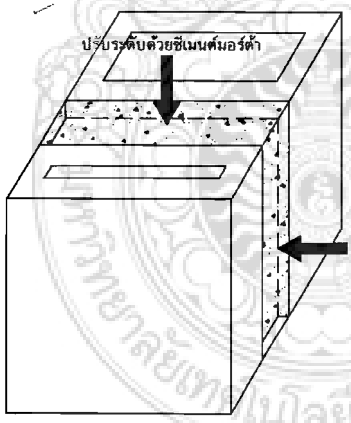
**Address :** 51 หมู่8 ถนนพระราม2 แขวงบางมด เขตจอมทอง กรุงเทพมหานคร 10150

**Project :** -

**Project Location :** -

**Type of Specimen :** อิฐเซรามิกส์ รูปทรงที่ 3

| Specimen I.D. | Section (mm) | Ultimate Load (kg) | Ultimate Load (ton) | Remark |
|---|---|---|---|---|
| No.1 | 10.47 x 10.47 | 3,396 | 3.396 | |
| No.2 | 10.47 x 10.47 | 5,755 | 5.755 | |
| No.3 | 10.47 x 10.47 | 2,524 | 2.524 | |




**Tested by :** Puripat Somkeaw. ..... ( Mr.Puripat Somkeaw)

**Checked by :** Sayam Kamkhuntod ..... ( Mr.Sayam Kamkhuntod )

Panuwat Puthong ..... ( Dr.Panuwat Puthong )

Head of Department

Note : 1 .The testing results are good only for those specimens tested.

2. Not valid unless signed and sealed.

Our Ref : 1415/52

Date of Issue : 05/10/52

**MATERIAL TESTING LABORATORY**

**DEPARTMENT OF TEACHER TRAINING IN CIVIL ENGINEERING**

**FACULTY OF TECHNICAL EDUCATION**

**KING MONGKUT'S UNIVERSITY OF TECHNOLOGY NORTH BANGKOK**

1518 Piboonsongkram Rd., Bangsue, Bangkok 10800 Tel. 02-9132500 ext 3247,3253 Fax. 02-5878260

*Tensile Test Results*

**Client :** นายชานนท์ ตันประวัติ

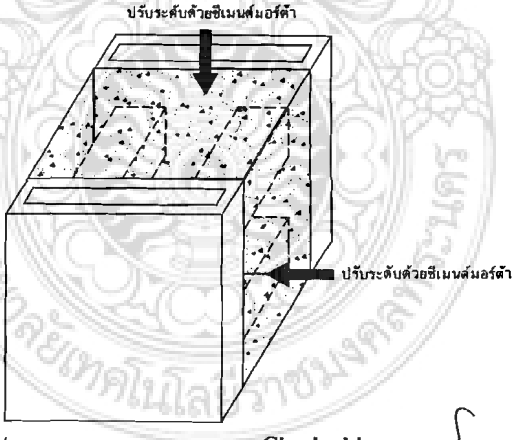
**Address :** 51 หมู่8 ถนนพระราม2 แขวงบางมด เขตจอมทอง กรุงเทพมหานคร 10150

**Project :** -

**Project Location :** -

**Type of Specimen :** อิฐเซรามิกส์ รูปทรงที่ 1

| Specimen I.D. | Section (mm) | Ultimate Load (kg) | Ultimate Load (ton) | Remark |
|---|---|---|---|---|
| No.1 | 10.75 x 10.75 | 11,730 | 11.730 | |
| No.2 | 10.75 x 10.75 | 13,524 | 13.524 | |
| No.3 | 10.75 x 10.75 | 6,847 | 6.847 | |




**Tested by :** Puripat Somkeaw
( Mr.Puripat Somkeaw)

**Checked by :** Sayam Kamkhuntod
( Mr.Sayam Kamkhuntod )

( Dr.Paruwat Phuthong )
Head of Department

Note : 1 .The testing results are good only for those specimens tested.

2. Not valid unless signed and sealed.

# ภาคผนวก ง
# เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

# แบบประเมินคุณสมบัติของเนื้อดิน

| สูตรที่ | ค่าความเป็นฉนวน 10 คะแนน | ค่าการหดตัว 10 คะแนน | การใช้งานในการผลิต 10 คะแนน | คะแนนรวม 30 คะแนน |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |
| 8 | | | | |
| 9 | | | | |
| 10 | | | | |
| 11 | | | | |

ใช้เกณฑ์ระดับคะแนน 0 - 10 โดยมีค่าระดับการให้คะแนน ดังนี้

10 หมายถึง ดีที่สุด
9 หมายถึง ดีมาก
8 หมายถึง ดี
7 หมายถึง ดีพอสมควร
6 หมายถึง ดีพอใช้
5 หมายถึง พอใช้ได้
4 หมายถึง พอใช้ได้บ้าง
3 หมายถึง ใช้ได้น้อย
2 หมายถึง ใช้ได้น้อยมาก
1 หมายถึง ใช้ได้น้อยที่สุด
0 หมายถึง ไม่ดี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

# แบบประเมินรูปแบบผลิตภัณฑ์

| สูตรที่ | ค่าความเป็นฉนวนกันความร้อน 10 คะแนน | ด้านการผลิต 10 คะแนน | การต้านทานแรงอัด 10 คะแนน | ด้านน้ำหนัก 10 คะแนน | ด้านน้ำหนักรวมปูนก่อ 10 คะแนน | การใช้งานในการก่อผนัง 10 คะแนน | ความรวดเร็วในการใช้ก่อผนัง 10 คะแนน | คะแนนรวม 70 คะแนน |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |

ใช้เกณฑ์ระดับคะแนน 0 - 10 โดยมีค่าระดับการให้คะแนน ดังนี้

10 หมายถึง ดีที่สุด
9 หมายถึง ดีมาก
8 หมายถึง ดี
7 หมายถึง ดีพอสมควร
6 หมายถึง ดีพอใช้
5 หมายถึง พอใช้ได้
4 หมายถึง พอใช้ได้บ้าง
3 หมายถึง ใช้ได้น้อย
2 หมายถึง ใช้ได้น้อยมาก
1 หมายถึง ใช้ได้น้อยที่สุด
0 หมายถึง ไม่ดี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

# แบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เชี่ยวชาญด้านการก่อสร้างอาคารและวัสดุก่อสร้างอาคาร และ
ผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตงานเซรามิกส์ในระบบอุตสาหกรรม

ข้อสัมภาษณ์

1.จากรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่คณะผู้วิจัยได้ออกแบบมา มีความเหมาะสมหรือไม่

2.ควรมีการแก้ไขปรับปรุงรูปแบบอย่างไรบ้าง

3.แนวทางในการแก้ไขที่เหมาะสมควรเป็นอย่างไร

# ภาคผนวก จ
# ประวัตินักวิจัย

**ประวัติผู้วิจัย**

นายชานนท์ ตันประวัติ

Mr. Chanon Tunprawat

เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3102100240971

**ตำแหน่ง** พนักงานมหาวิทยาลัย อาจารย์ประจำสาขาวิชาออกแบบบรรจุภัณฑ์

**สถานที่ติดต่อ**คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

168 ถ.ศรีอยุธยา เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300 โทร 022828531-2

E-mail non_ceramic @yahoo.com

**ประวัติการศึกษา** ศบ. (เครื่องคลือบดินเผา)มหาวิทยาลัยศิลปากร

ศม. .(เครื่องคลือบดินเผา)มหาวิทยาลัยศิลปากร

**สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ**

สาขาวิชาศิลปะสมัยใหม่ สาขาคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบ

**ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย**

ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : -

หัวหน้าโครงการวิจัย : **โครงการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ใช้ในการก่อผนังเพื่อการอนุรักษ์การใช้พลังงานภายในอาคาร พ.ศ.2552**

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :**โครงการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ใช้ในการก่อผนังเพื่อการอนุรักษ์การใช้พลังงานภายในอาคาร พ.ศ.2552**

งานวิจัยที่กำลังทำ : -

**ประวัติผู้วิจัย**

นายเกียรติพงษ์ ศรีจันทึก

Mr.Kiattipong Srijantuek

เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3302000302639

**ตำแหน่ง** อาจารย์ ระดับ 4 อาจารย์ประจำสาขาวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์

**สถานที่ติดต่อ**คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

168 ถ.ศรีอยุธยา เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300 โทร 022828531-2

E-mail non_ceramic @yahoo.com

**ประวัติการศึกษา** ค.อ.บ. ศิลปะอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ค.อ.ม เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

**สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ**

การออกแบบมัลติมีเดีย

**ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย**

ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : -

หัวหน้าโครงการวิจัย : -

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :**โครงการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ใช้ในการก่อผนังเพื่อการอนุรักษ์การใช้พลังงานภายในอาคาร พ.ศ.2552**

งานวิจัยที่กำลังทำ : -

**ประวัติผู้วิจัย**

นางสาวมยุรี เรืองสมบัติ

Miss Mayuree Ruengsombat

เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน **3 4401 00198 46 6**

ตำแหน่งปัจจุบัน **อาจารย์ (พนักงานมหาวิทยาลัย)**

หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

**คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ**

**มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร**

**168 ถนนศรีอยุธยา แขวงวชิระพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300**

โทรศัพท์ **0-2282-8531-2 , 0-2628-6189 ต่อ 401** โทรสาร **0-2282-4490**

e - Mail : mayuree_jum@hotmail.com

**ประวัติการศึกษา**

**2549 ค.อ.ม. (เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

**2544 ศป.บ. สถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมืองและนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม**

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

สาขาวิชาการ **การศึกษา**

กลุ่มวิชา **วิทยาการคอมพิวเตอร์**

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : -

หัวหน้าโครงการวิจัย : **การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์ หัตถกรรมจากกระดาษมูลช้าง เพื่อสร้างรายได้ให้แก่ชุมชน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พ.ศ.2552**

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :**การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์ หัตถกรรมจากกระดาษมูลช้าง เพื่อสร้างรายได้ให้แก่ชุมชน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พ.ศ.2552**

:**โครงการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ใช้ในการก่อผนังเพื่อการอนุรักษ์การใช้พลังงานภายในอาคารพ.ศ.2552**

**ประวัติคณะผู้วิจัย**

**นางสาวยุวดี พรธาราพงษ์**

**Miss Yuvadee Porntharaphong**

เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน **3 1022 00905 78 9**

ตำแหน่งปัจจุบัน **อาจารย์ (พนักงานมหาวิทยาลัย)**

หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

**คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ**

**มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร**

**168 ถนนศรีอยุธยา แขวงวชิระพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300**

โทรศัพท์ **0-2282-8531-2 , 0-2628-6189 ต่อ 401** โทรสาร **0-2282-4490**

e - Mail : ralang12@hotmail.com

**ประวัติการศึกษา**

**2549 ศ.ม. ประยุกต์ศิลปศึกษา มหาวิทยาลัยศิลปากร**

**2542 ศ.บ. จิตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี**

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

สาขาวิชาการ **การศึกษา**

กลุ่มวิชา **เทคโนโลยีการศึกษา**

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : -

หัวหน้าโครงการวิจัย : -

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : **การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์ หัตถกรรมจากกระดาษมูลช้าง เพื่อสร้างรายได้ให้แก่ชุมชน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พ.ศ.2552**

: **โครงการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ใช้ในการก่อผนังเพื่อการอนุรักษ์การใช้พลังงานภายในอาคารพ.ศ.2552**

งานวิจัยที่กำลังทำ : -

**ประวัติคณะผู้วิจัย**

**นางสาวยุวดี พรธาราพงษ์**

**Miss Yuvadee Porntharaphong**

เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน **3 1022 00905 78 9**

ตำแหน่งปัจจุบัน **อาจารย์ (พนักงานมหาวิทยาลัย)**

หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

**คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ**

**มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร**

**168 ถนนศรีอยุธยา แขวงวชิระพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300**

โทรศัพท์ **0-2282-8531-2 , 0-2628-6189 ต่อ 401** โทรสาร **0-2282-4490**

e - Mail : ralang12@hotmail.com

**ประวัติการศึกษา**

**2549 ศ.ม. ประยุกต์ศิลปศึกษา มหาวิทยาลัยศิลปากร**

**2542 ศ.บ. จิตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี**

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

สาขาวิชาการ **การศึกษา**

กลุ่มวิชา **เทคโนโลยีการศึกษา**

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : -

หัวหน้าโครงการวิจัย : -

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : **การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์ หัตถกรรมจากกระดาษมูลช้าง เพื่อสร้างรายได้ให้แก่ชุมชน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พ.ศ.2552**

: **โครงการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ใช้ในการก่อผนังเพื่อการอนุรักษ์การใช้พลังงานภายในอาคารพ.ศ.2552**

งานวิจัยที่กำลังทำ : -

**ประวัติผู้วิจัย**

นางสาวมยุรี เรืองสมบัติ

Miss Mayuree Ruengsombat

เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน **3 4401 00198 46 6**

ตำแหน่งปัจจุบัน **อาจารย์ (พนักงานมหาวิทยาลัย)**

หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

**คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ**

**มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร**

**168 ถนนศรีอยุธยา แขวงวชิระพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300**

โทรศัพท์ **0-2282-8531-2 , 0-2628-6189 ต่อ 401** โทรสาร **0-2282-4490**

e - Mail : mayuree_jum@hotmail.com

**ประวัติการศึกษา**

**2549 ค.อ.ม. (เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

**2544 ศป.บ. สถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมืองและนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม**

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

สาขาวิชาการ **การศึกษา**

กลุ่มวิชา **วิทยาการคอมพิวเตอร์**

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : -

หัวหน้าโครงการวิจัย : **การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์ หัตถกรรมจากกระดาษมูลช้าง เพื่อสร้างรายได้ให้แก่ชุมชน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พ.ศ.2552**

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :**การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์ หัตถกรรมจากกระดาษมูลช้าง เพื่อสร้างรายได้ให้แก่ชุมชน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พ.ศ.2552**

:**โครงการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ใช้ในการก่อผนังเพื่อการอนุรักษ์การใช้พลังงานภายในอาคารพ.ศ.2552**

**ประวัติผู้วิจัย**

นายเกียรติพงษ์ ศรีจันทึก

Mr.Kiattipong Srijantuek

เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3302000302639

**ตำแหน่ง** อาจารย์ ระดับ 4 อาจารย์ประจำสาขาวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์

**สถานที่ติดต่อ**คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

168 ถ.ศรีอยุธยา เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300 โทร 022828531-2

E-mail non_ceramic @yahoo.com

**ประวัติการศึกษา** ค.อ.บ. ศิลปะอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ค.อ.ม เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

**สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ**

การออกแบบมัลติมีเดีย

**ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย**

ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : -

หัวหน้าโครงการวิจัย : -

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :**โครงการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ใช้ในการก่อผนังเพื่อการอนุรักษ์การใช้พลังงานภายในอาคาร พ.ศ.2552**

งานวิจัยที่กำลังทำ : -