

การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ
จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครราชสีมา

STUDY AND DEVELOPMENT CERAMIC PRODUCTS OF SLIP CASTING
FROM REDCLAY FOR BANG-POO VILLAGE,
NAKHON SI THAMMARAT PROVINCE

โชคชัย พรหมเมือง
CHOKCHAI PROMMUANG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีมีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

สาขานวัตกรรมเทคโนโลยีมีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

บัณฑิตศึกษาดุษฎี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2550

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

**การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ
จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช**

**STUDY AND DEVELOPMENT CERAMIC PRODUCTS OF SLIP CASTING
FROM REDCLAY FOR BANG-POO VILLAGE,
NAKHON SI THAMMARAT PROVINCE**



โชคชัย พรหมเมือง

CHOKCHAI PROMMUANG

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... **74462**
วัน,เดือน,ปี..... **- 1 ต.ค. 2550**

b. 11824414
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2550

**STUDY AND DEVELOPMENT CERAMIC PRODUCTS OF SLIP CASTING
FROM REDCLAY FOR BANG-POO VILLAGE,
NAKHON SI THAMMARAT PROVINCE**

CHOKCHAI PROMMUANG

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE INDUSTRIAL EDUCATION IN
INDUSTRIAL DESIGN TECHNOLOGY
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2007

COPYRIGHT 2007

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

ประเภทหล่อ จากดินแดงบ้านบางปู

จังหวัดนครศรีธรรมราช

นักศึกษา

นายโชคชัย พรหมเมือง

รหัสประจำตัว

47065308

ปริญญา

ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ.

2550

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์ ดร.นิรัช สูดสังข์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

รองศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ สาริบุญตร

บทคัดย่อ

การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อพัฒนาขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบพิมพ์ โดยอ่านค่าอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ 4 ชนิด จากแผ่นภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่า ได้จำนวน 36 อัตราส่วนผสม แต่ในการทดลองครั้งนี้ ได้ทำการทดลอง 8 อัตราส่วนผสมเท่านั้น คืออัตราส่วนผสมที่ 8-11 และ 14-17 เเผที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชั่น เตาแก๊ส ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อ นำดินแดงบ้านบางปูที่ได้พัฒนาแล้ว มาขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบพิมพ์ และหาสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ คือ ศึกษาสมบัติการหล่อ การหดตัวก่อนเผา การหดตัวหลังเผา การหดตัวรวม การดูดซึมน้ำ สีของเนื้อดินปั้น และความทนไฟของเนื้อดินปั้น

จากการทดลองพบว่าอัตราส่วนผสมที่ผ่านเกณฑ์ความเป็นเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ และเหมาะสมสำหรับใช้ขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบพิมพ์ คืออัตราส่วนผสม ที่ 10 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมดังนี้ ดินแดงบ้านบางปู 40 เปอร์เซ็นต์ ดินขาวระนอง 20 เปอร์เซ็นต์ โซดาเฟลด์สปาร์ 10 เปอร์เซ็นต์ และควอตซ์ 30 เปอร์เซ็นต์ หลังทดสอบสมบัติทางกายภาพได้ผลดังนี้ คือ อัตราการหล่อที่ 10 นาที มีอัตราการหล่อที่ 6 มิลลิเมตร การหดตัวรวม 12 เปอร์เซ็นต์ การดูดซึมน้ำ 7.59 เปอร์เซ็นต์ สีของผลิตภัณฑ์หลังการเผาเป็นสีแดง

จากความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถาม เรื่องการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อพัฒนาขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบพิมพ์ สรุปผลความพึงพอใจอยู่ในระดับพอใจมาก

Thesis Title	Study and Development Ceramic Products of Slip Casting from Redclay for Bang-Poo Village , Nakhon Si Thammarat Province
Student	Mr.Chokchai Prommuang
Student ID.	47065308
Degree	Master of Science in Industrial Education
Program	Industrial Design Technology
Year	2007
Thesis Advisor	Assoc.Prof. Dr.Nirat Soodsang
Thesis Co-Advisor	Assoc.Prof.Udomsak Saributr

ABSTRACT

The Study and Development Ceramics Product of Slip casting from Redclay for Bang-Poo Village Nakhon si thammarat Province is to develop method of printing cast through the reading four kinds of material components that increase upto 36 components. However, the experiment is made up of 30 components. The ratio of component 8-11 and 14-17 baked at 1,200 c in the condition of oxidation in stove. The study aims at the introduction of red clay of Bang-Poo through the method of printing cast and investigation of physical properties of stoneware clay referred to cast, shrinkage before and after baking, entire recession, water absorbtion, color of clay, eat resistance of stoneware clay. The experiments found that the ratio of components meets the criteria of stoneware clay and property to use a s a mold. The component 10 appers to be the best because it comprises 40% of red clay of Bang-Poo Village, 20% of red clay of and 10% of feldspar and 30% quartz. After the test of physical property, the rate of cast is to minutes / 6 mm. The recession is at 12% . The water absorbtion equals 7.59% . The color of product after baking become red.

From the study of the interested-person-opinions, the opinions with pottery products Study and Development Ceramic Products of Slip casting from Redclay for Bang-Poo Village , Nakhon si thammarat Province. The Questionnaires reveal the high rates of satisfaction.

กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อนำมาขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบพิมพ์ ในการทำวิทยานิพนธ์ นั้น ได้สำเร็จ ลุล่วงไปด้วยดี เพราะได้รับความอนุเคราะห์เป็นอย่างดีจาก รองศาสตราจารย์ ดร.นิรัช สุดสังข์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ สารินุตรเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ร่วม ช่วยปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ในการศึกษา และผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่วิเคราะห์ ผลข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา ทดลอง ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะ และความคิดเห็นต่างๆ

ขอบคุณ คณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์สถาพร คีบุญมี ณ ชุมแพ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม และรองศาสตราจารย์นพคุณ นิสามณี ที่ให้คำแนะนำ ในการแก้ไขข้อบกพร่อง เพื่อให้วิทยานิพนธ์สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ฉัตรชัย แก้วดี และเจ้าหน้าที่ โรงงานเครื่องปั้นดินเผา เมืองลิกอร์ นครศรีธรรมราช ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการศึกษา และทำการทดลอง ครั้งนี้ รวมถึง คุณณภาพร บรรจงพาณิชย์ พนักงานของ สสวท. ดำเนินการจัดพิมพ์ข้อมูล คุณสายัณต์ เทพช่วย อำนวยที่ฝึก ความสะดวกต่างๆ ระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านทุนทรัพย์ และเป็นกำลังใจ ขอบคุณเพื่อนๆ นักศึกษา ปริญญาโท รุ่น 6 ทุกคนที่ให้ทั้งกำลังใจ และกำลังใจทำให้การศึกษา ทดลองครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

โชคชัย พรหมเมือง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 สมมติฐานของการวิจัย.....	3
1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	3
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	6
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.1 จังหวัดนครศรีธรรมราช.....	8
2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเนื้อดินปน.....	10
2.3 หลักการออกแบบเครื่องปั้นดินเผา.....	39
2.4 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผา.....	44
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	52
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	56
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	56
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	56
3.3 ขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา.....	57
3.4 การดำเนินการรวบรวมข้อมูล.....	65
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	66

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	67
ตอนที่ 1 เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดเพื่อใช้ขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบพิมพ์.....	67
ตอนที่ 2 ความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา.....	71
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	73
5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	73
5.2 สมมติฐานของการวิจัย.....	73
5.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	73
5.4 สรุปผลการทดลอง.....	75
5.5 อภิปรายผลการทดลอง.....	77
5.6 ข้อเสนอแนะ.....	79
บรรณานุกรม.....	81
ภาคผนวก.....	83
ประวัติผู้เขียน.....	107

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของ Tableware bodies ชนิดต่างๆ.....	14
2.2 แสดงการเปลี่ยนจำนวน โมเลกุลของออกไซด์เป็นจำนวน โมเลกุลของวัตถุดิบ.....	18
2.3 แสดงการเปลี่ยนจำนวน โมเลกุลของวัตถุดิบเป็นน้ำหนักของวัตถุดิบ.....	18
2.4 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีและทางแร่ของดินขาวระนอง.....	46
3.1 แสดงแผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่าและจุดต่างที่อยู่บนแผนภาพ.....	58
3.2 แสดงอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่อ่านค่าได้จากแผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่า.....	58
4.1 การทดสอบสมบัติการหล่อด้วยทดสอบของดินแดงบ้านบางปู	67
4.2 แสดงสมบัติของอัตราส่วนผสม 8-11 และ 14-17 ที่ทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพของ เครื่องปั้นดินเผา.....	68
4.3 แสดง ระดับการศึกษาของผู้ทรงคุณวุฒิ.....	69
4.4 แสดงระดับประสบการณ์การสอน/การทำงานของผู้ทรงคุณวุฒิ.....	69
4.5 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความเหมาะสมสมบัติ ทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา.....	70
4.6 ลักษณะทั่วไปของผู้แบบสอบถาม.....	71
4.7 ความพอใจของผู้ตอบแบบสอบถามที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช.....	71

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 วัดพระมหาธาตุวรมหาวิหาร จังหวัดนครศรีธรรมราช.....	9
2.2 ตราสัญลักษณ์ จังหวัดนครศรีธรรมราช.....	9
2.3 ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่ผ่านการเขียนลาย.....	11
2.4 ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาการเขียนลายสีได้เคลือบ.....	17
2.5 แสดงเส้นขนานที่ใช้อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ 2 ชนิด.....	19
2.6 แสดงแผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่าที่ใช้หาอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ 3 ชนิด.....	20
2.7 แสดงแผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่าที่ใช้หาอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ 4 ชนิด.....	20
2.8 ดินที่ใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผา.....	22
2.9 เครื่องบดน้ำดินเพื่อใช้ในการหล่อแบบพิมพ์.....	23
2.10 เครื่องชั่งในงานการผลิตเครื่องปั้นดินเผา.....	30
2.11 เตาเผาในงานเครื่องปั้นดินเผา.....	34
2.12 การแกะผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาออกจากพิมพ์.....	35
2.13 ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่ใช้วิธีการหล่อพิมพ์.....	36
2.14 ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผารูปทรงแบบต่าง ๆ ที่ได้จากการหล่อแบบพิมพ์.....	37
2.15 ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผารูปทรงแบบต่าง ๆ ที่ได้จากการหล่อแบบพิมพ์ (2).....	38
2.16 ดินแดงบ้านบางปู ที่ยังไม่ผ่านการบด.....	45
2.17 ดินแดงบ้านบางปูที่ผ่านการบดหยาบ.....	46
2.18 ดินขาวระนองที่ใช้ผลิตเครื่องปั้นดินเผา.....	48
2.19 โซดาเฟลด์สปาร์ที่ใช้ผลิตเครื่องปั้นดินเผา.....	50
2.20 ควอตซ์ที่ใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผา.....	52
3.1 พิมพ์ที่ใช้ในการหล่อด้วยทดลอง.....	60
3.2 ถ้วยทดลองที่ผ่านการหล่อ.....	61
3.3 แบบพิมพ์ที่ใช้ในการหล่อแห้งทดสอบ.....	61
3.4 แท่งทดสอบที่ผ่านการหล่อ.....	62
3.5 น้ำดินที่ใช้ในการหล่อแบบพิมพ์.....	63
3.6 แบบพิมพ์แฉกกันที่ใช้ในการหล่อ.....	63
3.7 ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหล่อแบบพิมพ์.....	64
3.8 ทางแยกบ้านบางปู.....	65
3.9 ร้านค้าต่างๆ ที่จะหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา.....	66

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วัตถุดิบในปัจจุบันได้ถูกค้นพบมากมาย และได้นำมาใช้ในเทคโนโลยีการผลิตอย่างกว้างขวางเช่น เซรามิก แก้ว โลหะ ไม้ พลาสติก เส้นใย ยาง และวัสดุสังเคราะห์อื่นๆ วัตถุดิบเหล่านี้ได้มีการศึกษาค้นคว้าวิจัยโดยละเอียดในสาขาวัสดุศาสตร์ (Material Science) อย่างไรก็ตามดินเป็นวัตถุดิบชนิดแรกที่มีมนุษย์รู้จักนำมาใช้ตั้งแต่ยุคก่อนประวัติศาสตร์ ดินเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่าย มีอยู่ทั่วไปทุกท้องที่บนผิวโลก และมีคุณสมบัติพิเศษคือ มีความเหนียว สามารถปั้นเป็นรูปทรงต่างๆ ได้ตามความต้องการ มนุษย์รู้จักขุดทรัพยากรดินขึ้นมาใช้ปั้นภาชนะเผาไฟจนแกร่งแล้วนำมาใช้ในการหุงต้มอาหาร หรือเก็บเมล็ดพันธุ์พืช เครื่องปั้นดินเผาไม่เคลือบจึงนับได้ว่าเป็นเทคโนโลยีการผลิตอย่างแรกที่มีมนุษย์รู้จักคิดค้นขึ้นมาตั้งแต่ยุค 4,000 ปี ก่อนคริสต์ศักราช หรือประมาณ 6,000 ปีมาแล้ว (Dinsdale, A.1986 Pottery Science : 13 อ้างใน ไพจิตร อังศิริวัฒน์. 2541 : 1)

ในปัจจุบันดินยังคงเป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตเครื่องเคลือบดินเผาหลายชนิด เช่น ภาชนะใส่อาหาร (Table ware) เครื่องสุขภัณฑ์ (Sanitary ware) กระเบื้อง (Tiles) อิฐ (Bricks) วัตถุทนไฟ (Refractories) อุปกรณ์ไฟฟ้า (Insulators) เป็นต้น ดินบางชนิดหยาบ ดินบางชนิดละเอียด ดินบางชนิดมีความบริสุทธิ์มาก มีสีขาวก่อนการเผาและหลังการเผา ดินชนิดที่หยาบ และมีมลทินเจือปน มักใช้อิฐดินเผา กระถางต้นไม้ กระเบื้องปูพื้นและบุผนัง ดินที่มีความละเอียดปานกลาง ใช้ทำเครื่องสุขภัณฑ์ ดินที่มีความละเอียดมากและมีสีขาวบริสุทธิ์จะใช้ในการผลิตเครื่องถ้วยชามที่มีสีขาวโปร่งแสง

ประเทศที่ผลิตอุตสาหกรรมเซรามิกเพื่อการส่งออกทั้งหลาย จำเป็นจะต้องมีแหล่งดินที่ใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตอย่างพอเพียง เพื่อป้อนโรงงานในการผลิตอย่างต่อเนื่อง จนคุ้มค่ากับการลงทุนที่ได้ซื้อเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งใช้ในการผลิต ดังนั้นก่อนที่จะตั้งโรงงานผลิตเซรามิก ควรศึกษาถึงแหล่งดินและวัตถุดิบที่ใช้ว่ามีคุณสมบัติเหมาะสม มีปริมาณเพียงพออย่างต่อเนื่องในระยะยาวหรือไม่ และมีตลาดรองรับในการระบายสินค้าออกหรือไม่

ดินแดงในแหล่งธรรมชาติทั่วไปบนผิวโลกมีผลวิเคราะห์ทางเคมีแตกต่างกันไป บางชนิดมีทรายปนในเนื้อดินมาก บางชนิดมีความเหนียวและเนื้อละเอียด ปริมาณของแร่ธาตุในดินแต่ละแหล่งแตกต่างกันไปซึ่งทำให้สีภายหลังการเผาแตกต่างกันไป เช่นสีเหลือง สีส้มนวล สีแดง สีแดงเข้ม และสีน้ำตาลเป็นต้น ถ้าในเนื้อดินแดงมีปริมาณของหินปูนมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำมาเผาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 800 องศาเซลเซียส ดินจะยุบตัวหลังการเผา เนื่องจากแคลเซียม เกิดการสลายตัว ในรูปผลึกที่อุณหภูมิดังกล่าว ดังนั้นเพื่อป้องกันปฏิกิริยาการยุบตัวของผลิตภัณฑ์ ควรเผาในอุณหภูมิ 900-

1,050 องศาเซลเซียส จึงปลอดภัยสำหรับเนื้อดินเทอรากอตตา แต่ถ้าเผาเกินอุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส หินปูนในเนื้อดินจะทำหน้าที่เป็นตัวหลอมละลายซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์หรืออิฐที่ทำจากดินแดง เกิดการหดตัวอย่างรวดเร็ว ผลิตภัณฑ์มีขนาดเล็กลงมากไม่ได้ตามขนาดมาตรฐานเดิม ดินแดงที่ใช้ผลิตภัณฑ์ดินเผาพื้นบ้านและทำอิฐจัดเป็นดินที่มีคุณภาพต่ำ ดินแดง มีองค์ประกอบทางเคมี สลับซับซ้อน และมีแร่ธาตุเจือปนอยู่มากกว่าดินขาว (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์, 2541 : 59)

ปัจจุบันอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายทั้งใน และต่างประเทศ มีการพัฒนารูปแบบต่างๆ ให้ทันสมัยเป็นที่ต้องการของตลาดโลก วัตถุดิบที่นำมาทำการผลิตมักเป็นวัตถุดิบสำเร็จรูป จึงควรอย่างยิ่งจะเป็นแหล่งวัตถุดิบที่อยู่ในประเทศนำมาใช้ เพราะเศรษฐกิจภายในประเทศขณะนี้เข้าสู่สภาวะที่ต้องช่วยเหลือ (สมบูรณ์ สารสิทธิ์, 2539 : 1) ดังนั้นจึงมีความสนใจที่จะนำดินแดงบ้านบางปู มาปรับปรุงสมบัติของดิน โดยมีส่วนผสมของดินขาวระนอง โซดาเฟลด์สปาร์ และ กวอซต์ เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา และเผาในอุณหภูมิที่สูงขึ้นเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงกว่าเดิม

การผลิตเครื่องปั้นดินเผาของโรงงานในแหล่งบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช มีหลายโรงงาน พบว่าแต่ละโรงงานมีวิธีการผลิตที่ไม่แตกต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นรูปแบบของผลิตภัณฑ์ วัตถุดิบที่ใช้ วิธีการขึ้นรูป เตาเผา และอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา รวมทั้งรูปแบบและกระบวนการขึ้นรูปของงานไม่เป็นที่หลากหลาย เนื่องจากเป็นสินค้าตอบสนองความจำเป็นต่อการใช้งานเฉพาะอย่าง มีโรงงานที่มีรูปแบบเพื่อเป็นของฝากหรือมีความแตกต่างกับผลิตภัณฑ์ที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัวของท้องถิ่นอื่นๆ นอกจากนี้หากพิจารณา จากราคาสินค้า เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ และเวลาที่ใช้ในการผลิตทำให้พบว่ามีความสูญเสียของวัตถุดิบ เวลา และต้นทุน แต่เนื่องจากโรงงานส่วนมากมีแหล่งดินแดงเป็นของตนเอง จึงทำให้ไม่นำต้นทุนในส่วนวัตถุดิบมาคิด ซึ่งในสภาพความเป็นจริงแล้ว ดินเป็นวัตถุดิบที่สำคัญ และมีปริมาณลดลงตามปริมาณการใช้งาน โดยไม่สามารถสร้างใหม่ทดแทนได้ อีกทั้งยังไม่สามารถนำผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จแล้วแล้วกลับมาใช้เป็นชิ้นงานใหม่ได้ ดังนั้นการสูญเสียซึ่งวัตถุดิบปริมาณมากเพื่อแลกกับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผามูลค่าที่ต่ำ ดังเช่นสภาพการผลิตของโรงงานในแหล่งบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช จึงสมควรจะเป็นปัญหาที่ควรนำมาพิจารณาปรับปรุง หรือพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาให้เกิดความเหมาะสม การที่สามารถปรับปรุงคุณภาพของดินแดงจากแหล่งธรรมชาติ สำหรับการขึ้นรูปหล่อแบบพิมพ์ นั้น จะเป็นประโยชน์ต่อการผลิตของผู้ผลิตเอง และผู้จำหน่ายในด้านของต้นทุน ยังเป็นการเผยแพร่แหล่งวัตถุดิบแหล่งใหม่ ของ บ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช ให้เป็นที่รู้จักมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช
2. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยขึ้นรูปด้วยการหล่อแบบพิมพ์
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อซึ่งได้รับการพัฒนาแล้ว จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1. ดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช สามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา ประเภทหล่อแบบพิมพ์ ได้
2. ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่ได้จากการหล่อแบบพิมพ์ จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช จะมีสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา
3. ความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่พัฒนาขึ้น จากดินแดงบ้านบางปู อยู่ในเกณฑ์มาก

1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราชเพื่อพัฒนาขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อพิมพ์โดยมีกรอบแนวคิดในการศึกษาค้นคว้า ดังนี้

1.4.1 ด้านพัฒนาการขึ้นรูปด้วยวิธีเทแบบ (Slip Casting) โดยใช้หลักของปริศา พิมพ์ขาวขำ (2547 : 56) กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ได้กล่าวไว้ดังนี้

น้ำดิน หมายถึง สารแขวนลอยของดิน หรือวัตถุดิบอื่น กับตัวหล่อลื่น (Lupricating Phase) ซึ่งส่วนมากน้ำ และสารเคมีที่ทำให้การกระจายตัวของดิน (Deflocculant) น้ำดินที่ใช้สำหรับขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผานั้นใช้กันมาประมาณ 150 ปีแล้ว โดยในสมัยเริ่มต้นยังไม่มีสารเติมสารเคมีอะไรลงไปช่วยปรับคุณภาพของน้ำดิน จึงมีเพียงดิน และน้ำในส่วนผสมเท่านั้น ทำให้ต้องใช้น้ำในปริมาณมาก อาจสูงถึงร้อยละ 60 และมีปัญหาในการปฏิบัติงานค่อนข้างมาก ต่อมาจึงพยายามหาวิธีจะลดปริมาณน้ำในส่วนผสมให้น้อยที่สุด แต่สามารถใช้งานได้ โดยการใช้สารเคมีเพื่อปรับสมบัติให้เหมาะสม หลักการสำคัญในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยใช้น้ำดินหรือที่เรียกว่าการหล่อแบบนั้นเป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยแบบพิมพ์ที่ทำจากปูนปลาสเตอร์ โดยแบบพิมพ์จะมีรูพรุน

ทำหน้าที่ดูดน้ำ โดยอาศัยแรง Capillary Force ทำให้ผนังแบบพิมพ์มีอนุภาคของของแข็ง ที่เป็น วัสดุคิบบในส่วนผสมของน้ำคินก่อดัวขึ้นเป็นชั้นบางๆ และมีความแน่นขึ้น เมื่อเวลาผ่านไป การถ่ายเท น้ำจากคินไปยังแบบพิมพ์เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ผนังของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น แบบปูนปลาสเตอร์จะเป็ยกขึ้น มากขึ้น การเพิ่มความหนาของผนังผลิตภัณฑ์ หรือเรียกว่าอัตราการหล่อนี้จะเป็นปฏิภาคกับรากที่ สองของเวลา

1.4.2 การทดสอบทางกายภาพของเครื่องปั้นดินเผาโดยใช้หลักของ ประจจุฤดี สารสิทธิ์ (2543 : 22) ได้กล่าวไว้ว่า

การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยวิธีการหล่อแบบ เป็นวิธีการขึ้นรูปที่สะดวก รวดเร็ว และต้องใช้ ทักษะในการฝึกฝน ซึ่งเป็นวิธีการที่สถานประกอบการเซรามิกส์จำนวนมากใช้ ไม่ว่าจะเป็นโรงงาน ผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ โรงงานผลิตของชำร่วย และเครื่องประดับ ตกแต่ง รวมถึงโรงงานผลิตเครื่อง โต๊ะอาหารบางประเภท แต่การที่จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี ใช้ระยะเวลาในการปฏิบัติงานเหมาะสม และสามารถควบคุมรวมทั้งวางแผนการใช้ระยะเวลาในการปฏิบัติงานได้ ผู้ปฏิบัติจะต้องรู้ว่า ต้องใช้ เวลาในการหล่อแบบนานเท่าใดให้ได้ความหนาตามความต้องการ ต้องใช้เวลานานเท่าใดจึงจะสามารถ แกะผลิตภัณฑ์ออกจากแบบพิมพ์มาตกแต่งได้ และต้องใช้เวลารวมทั้งความร้อนมากเท่าใดจึงจะทำ ให้ผลิตภัณฑ์แห้งสนิท ซึ่งผลรวมของการปฏิบัติงานหล่อแบบที่ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดี และสามารถ ควบคุมเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานได้ รวมเรียกว่า การหล่อแบบที่มีคุณภาพ ดังนั้นการทดสอบ เพื่อารู้ข้อมูลเกี่ยวกับคุณภาพของการหล่อแบบ จึงมีความสำคัญต่อการปฏิบัติงานที่มีประสิทธิภาพ จึงต้องมีการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเครื่องปั้นดินเผา เช่น การหดตัวเมื่อแห้ง การหดตัว หลังเผา ความแข็งแรงก่อนเผา การดูดซึมน้ำ เป็นต้น

1.4.3 การออกแบบเครื่องปั้นดินเผาใช้หลักของ ศักดิ์ชัย เกียรตินาคินทร์ (2537 : 20) ได้ กล่าวไว้ดังนี้

ความเป็นเอกภาพ (Unity) หมายถึง ความกลมกลืนเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันในการออกแบบ รูปทรงและส่วนประกอบต่าง ๆ ของงานเครื่องปั้นดินเผา มีความสวยงาม สอดคล้องกับการใช้งาน เช่น รูปทรงของแจกัน หูจับ

ความสมดุล (Balance) หมายถึง ความเท่ากันของรูปทรงทั้งซ้ายและขวา ความสมดุลแบ่ง ออกได้ 2 ลักษณะ คือ

ความสมดุล ซ้ายขวาเหมือนกัน (Symmetrical Balance) เป็นความสมดุลที่ลักษณะ ด้านซ้ายและขวาเหมือนกันทุกอย่าง โดยมีจุดศูนย์กลางของวัตถุ

ความสมดุลซ้ายขวาไม่เหมือนกัน (Asymmetrical Balance) เป็นลักษณะสมดุลตาม ความรู้สึก ซึ่งรูปทรงทางซ้ายและขวาจะไม่เหมือนกันอาจต่างกันบ้างเล็กน้อยหรือสมดุลโดยมีจุด ศูนย์ถ่วงเป็นหลัก แม้จะมีน้ำหนักของมวลที่ขึ้นออกไปจากจุดศูนย์กลางแต่เมื่อวางตั้งไว้หรือใช้งาน ก็ยังรักษาสมดุลไม่ล้มเอียง เช่น เขยือก กาน้ำ

การเน้นจุดเด่นและจุดรอง (Emphasize and Subordinate) คือการออกแบบให้มีส่วนที่เด่นเป็นจุดสนใจอย่างใดอย่างหนึ่ง ส่วนอื่น ๆ ไม่จำเป็นต้องทำให้เด่นแข่งกัน การเน้นจุดเด่นในงานเครื่องปั้นดินเผา สามารถทำได้หลายวิธี เช่น ตกแต่งด้วยการปั้นดอกไม้ ใบไม้ ตกแต่งด้วยลวดลายลักษณะผิว หรือออกแบบรูปทรงที่แปลกใหม่

จังหวะ (Rhythm) คือ การออกแบบโดยจัดระยะของเส้น ช่องว่างลักษณะผิว และรูปทรงของโครงสร้างและส่วนตกแต่ง ก็จะสรีระของเส้นรูปทรงเหมือนกัน

ความกลมกลืน (Harmony) คือ ความกลมกลืนของรูปทรงทั้งหมดของงานเครื่องปั้นดินเผา ทั้งรูปทรงของโครงสร้างและส่วนตกแต่ง ก็จะมีลักษณะของเส้นรูปทรงเดียวกัน

ความขัดแย้ง (Contrast) เป็นการออกแบบให้งานมีความสะดุดตา ไม่เรียบเกินไป การสร้างความขัดแย้งมักทำในส่วนประกอบหรือส่วนตกแต่ง

สัดส่วน (Proportion) คือ การออกแบบสัดส่วนของรูปทรงทั้งความกว้างความสูงให้มีส่วนโค้งงอ ได้จังหวะสวยงาม และสอดคล้องกับประโยชน์ใช้สอย

ความชัดเจนในการออกแบบ (Clarity of Design) คือ การออกแบบที่ต้องคำนึงถึงความชัดเจน ของรูปทรงที่สามารถบ่งบอกได้ว่าเป็นรูปทรงใด เช่น รูปทรงรี รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส เป็นต้น

1.4.4 ด้านความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

ความพึงพอใจ (Satisfaction) สามารถแยกออกได้เป็น 2 ประเด็นหลัก ๆ คือ ความพึงพอใจของผู้ปฏิบัติงาน (Job Satisfaction) และความพึงพอใจของผู้รับบริการ (Service Satisfaction) ซึ่งมีผู้ให้แนวคิดที่น่าสนใจ ดังนี้

Victor H. Vroom (1964 : 328) กล่าวว่า ทักษะและความพึงพอใจในสิ่งหนึ่งสามารถใช้แทนกันได้ เพราะสองคำนี้จะหมายถึง ผลที่ได้จากการที่บุคคลเข้าไปมีส่วนร่วมในสิ่งนั้น ทักษะด้านบวกจะแสดงให้เห็นถึงความพึงพอใจในสิ่งนั้น และทักษะด้านลบจะแสดงให้เห็นเป็นสภาพความไม่พึงพอใจ ซึ่งสอดคล้องกับความคิดเห็นของ Maynard w. shelly (อ้างถึงใน นิลุบล เฟิงพานิช, 2539 : 18) ที่กล่าวว่า ความพึงพอใจเป็นความรู้สึก 2 แบบของมนุษย์ คือ ความรู้สึกทางบวกและทางลบ ความรู้สึกทางบวกอื่น ๆ กล่าวคือ เป็นความรู้สึกที่มีระบบย้อนกลับ และความสุ่มนี้สามารถทำให้เกิดความสุขหรือความรู้สึกทางบวกเพิ่มขึ้นได้อีก

Stuart Oskamps (อ้างถึงใน ฉัตรชัย คงสุข, 2535 : 21) พบว่าความพึงพอใจมีความหมาย 3 นัย คือ

1.4.4.1 ความพึงพอใจ หมายถึง สภาพการณ์ที่ผลการปฏิบัติงานจริงได้เป็นไปตามที่บุคคลได้คาดหวังไว้

1.4.4.2 ความพึงพอใจ หมายถึง ระดับของความสำเร็จที่เป็นไปตามความต้องการ

1.4.4.3 ความพึงพอใจ หมายถึง การทำงานได้เป็นไปตามหรือตอบสนองต่อคุณค่าของบุคคล

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.5.1 ประชากร หมายถึง กลุ่มเป้าหมายที่มำเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา บ้านบางปู จำนวน 200 คนต่อวัน

1.5.2 กลุ่มตัวอย่าง หมายถึง กลุ่มเป้าหมายที่มำเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา บ้านบางปู จำนวน 60 คน (อ้างใน นิรัช สุกสังข์. 2548 : 49)

1.5.3 ตัวแปรที่ศึกษา

1.5.3.1 คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้น ได้แก่ เวลาการหล่อ น้ำที่ใช้ในการ ขึ้นรูปการหดตัวก่อนเผา การหดตัวหลังเผา การหดตัวรวม สีหลังเผา การดูดซึมน้ำและความทนไฟ

1.5.3.2 ความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่พัฒนาขึ้น จากดินแดงบ้านบางปู

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1. เครื่องปั้นดินเผา หมายถึง แจกั้นทรงสูงที่ผ่านการเผาในอุณหภูมิ ตั้งแต่ 800 องศาเซลเซียส ขึ้นไป

2. วัตถุดิบ หมายถึง วัตถุดิบที่เตรียมขึ้น ใช้ทำเครื่องปั้นดินเผา สำหรับในการทดลองครั้งนี้ คือ ดินแดงบ้านบางปู ดินขาวระนอง โซดาเฟลด์สปาร์ และควอตซ์

3. ดินแดงบ้านบางปู หมายถึง ดินสีแดงที่มีความเหนียว มีแหล่งกำเนิดในบริเวณหมู่ที่ 4 บ้านบางปู ต.ปากพูน อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช

4. แผนภาพสีเหลี่ยมด้านเท่า หมายถึง ตารางสีเหลี่ยมด้านเท่าภายใน มีจำนวน ทั้งสิ้น 36 จุด ซึ่งทั้ง 36 จุดนี้เป็นจำนวนอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่อ่านค่าได้ ในที่นี้ทดลอง 8 ส่วนผสม

5. บรรยากาศออกซิเคชั่น หมายถึง การเผาแบบไม่มีควัน เป็นการเผาไหม้สมบูรณ์

6. สมบัติของเนื้อดินปั้นเมื่อแห้ง และหลังเผา หมายถึง สมบัติของเนื้อดินปั้นที่สามารถหา อัตราการหล่อ และนำมาศึกษาสมบัติก่อนเผา หลังเผา การหดตัวเมื่อแห้ง การหดตัวหลังเผา สีหลังเผา และการดูดซึมน้ำ

7. ความหนืดของเนื้อดินปั้น หมายถึง ความต้านทานการไหลของน้ำดิน

8. การพัฒนา หมายถึง การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา จากดินแดงบ้านบางปู

9. คุณสมบัติทางกายภาพ หมายถึง คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่พัฒนาขึ้นมา สอดคล้องกับคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นที่เหมาะสมกับการหล่อผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

10. การขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบพิมพ์ หมายถึง วิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา โดยการใช้ น้ำดิน เทลงในแบบพิมพ์ที่ทำจากปูนพลาสเตอร์ในระยะเวลาที่เหมาะสม และเทน้ำดินออก ซึ่งเป็นการหล่อแบบกลวง

11. เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ หมายถึง ในที่นี้คือเครื่องปั้นดินเผาประเภทรูปทรงเจกัน ชนิดเคลือบและไม่เคลือบ
12. ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกชอบต่อผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่ได้พัฒนาจากดินแดงบ้านบางปู ด้วยวิธีการหล่อแบบพิมพ์

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้จัดเสนอไว้ดังนี้

- 2.1 จังหวัดนครศรีธรรมราช
- 2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเนื้อดินปั้น
- 2.3 หลักการออกแบบเครื่องปั้นดินเผา
- 2.4 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผา
- 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 จังหวัดนครศรีธรรมราช

2.1.1 ประวัติความเป็นมา

จังหวัดนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช เป็นจังหวัดทางภาคใต้ของประเทศไทย มีการตั้งถิ่นฐานอาศัยมาตั้งแต่สมัยก่อนประวัติศาสตร์ และพัฒนาขึ้นมาเป็นลำดับ ได้มีการพบหลักฐานทางโบราณคดีหลายอย่าง เช่น เครื่องมือหินที่ถ้ำตาหมื่นยม กิ่งอำเภอช้างกลาง และกลองมโหระทึกที่บ้านเกตุกาย ตำบลท่าเรือ อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นต้น

ก่อนที่จะชื่อว่า “นครศรีธรรมราช” นั้น เมืองนี้มีชื่อปรากฏในเอกสารต่าง ๆ ทั้งของไทยและต่างชาติหลายชื่อ เช่น ตามพลิงคัม ตัมพลิงคัม ตัมพรลิงค ตั้งมาหลัง ตามโพลิงเกศวร ลีธรรมนคร ลิกอร์ ศรีธรรมราช และปาฏลีบุตร เป็นต้น

ในสมัยประวัติศาสตร์นครศรีธรรมราช ได้พัฒนาขึ้นเป็นชุมชนขนาดใหญ่ เรียกว่า “ตามพรลิงค์” ภายใต้การปกครองของพระเจ้าศรีธรรมโศกราชในสมัยพุทธศตวรรษที่ ๑๘ ซึ่งมีความเจริญสูงสุด ได้มีอำนาจครอบคลุมหัวเมืองราชรอบถึงสิบสองเมือง เรียกว่า “เมืองสิบสองนักษัตร” นครศรีธรรมราชจึงเป็นรัฐใหญ่ เป็นศูนย์กลางเผยแผ่พระพุทธศาสนา ศูนย์กลางการปกครองและศูนย์กลางประเพณีสมัยสุโขทัย นครศรีธรรมราชมีฐานะเป็นแคว้นอิสระที่สำคัญยิ่งในภาคใต้ ได้มีความสัมพันธ์ทางวัฒนธรรม ศาสนา และภาษาวรรณกรรมต่อกัน ครั้นสมัยอยุธยา นครศรีธรรมราชได้รวมเข้าเป็นส่วนหนึ่งของอาณาจักรอยุธยา มีฐานะเป็นหัวเมืองชั้นเอก และมีบทบาทสำคัญในการปกครองดูแลหัวเมืองต่าง ๆ ในภาคใต้ทั้งหมด



ภาพที่ 2.1 วัดพระมหาธาตุวรมหาวิหาร จังหวัดนครศรีธรรมราช



ภาพที่ 2.2 ตราสัญลักษณ์ จังหวัดนครศรีธรรมราช มีรูป 12 นักษัตรล้อมรอบ

ตราประจำจังหวัดนครศรีธรรมราชเป็นรูปพระบรมธาตุเจดีย์มีรูปสัตว์ ตามปีนักษัตรล้อมรอบ หมายถึง เมือง 12 นักษัตร จากตำนานเมืองนครศรีธรรมราช ในช่วงพุทธศตวรรษที่ 17-18 มีทั้งหมด 12 เมือง ความหมายจังหวัด นครอันงามสง่า แห่งพระราชผู้ทรงธรรม

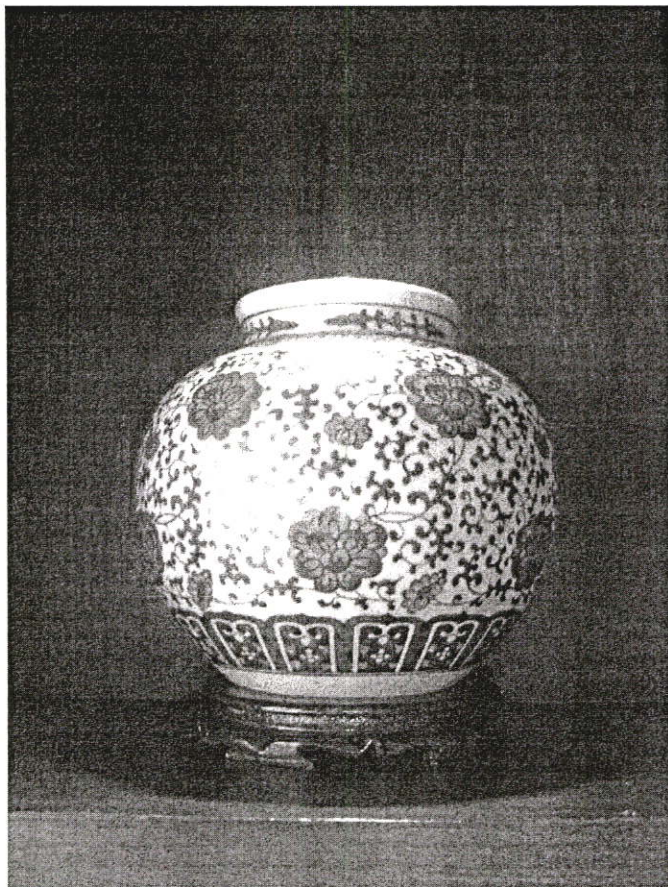
2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเนื้อดินปั้น

2.2.1 เนื้อดินปั้นผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

เนื้อดินปั้น หมายถึง การนำวัตถุดิบหลายชนิดมาผสมเข้าด้วยกันตามสัดส่วน โดยมีเป้าหมายที่แน่นอนว่าจะทำผลิตภัณฑ์ชนิดใด ทั้งนี้เพื่อให้เนื้อดินปั้นมีคุณสมบัติ และมีคุณภาพที่ดีตามต้องการ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 77) ซึ่งเนื้อดินปั้นแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ เนื้อดินปั้นที่มีดินเป็นส่วนผสม และเนื้อดินปั้นที่ไม่มีดินเป็นส่วนผสม เนื้อดินปั้นที่มีดินเป็นส่วนผสมอยู่นั้นอาจประกอบด้วยดินล้วน ๆ จากการเตรียมขึ้น หรือดินจากแหล่งวัตถุดิบโดยตรง แต่ส่วนมากเนื้อดินปั้นจะมีดินผสมกับวัตถุดิบอื่น ๆ (ปริดา พิมพ์ขาวจำ. 2535 : 83) ทั้งนี้เนื่องจากดินที่ขุดได้จากแหล่งวัตถุดิบจะไม่มีคุณสมบัติเหมาะสมของคุณสมบัติ อีกทั้งมีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่มีความเหมาะสมกับการผลิต ผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งชนิดใดเท่านั้น ดังนั้นจึงต้องมีการเตรียมเนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมมีคุณภาพ และตรงกับความต้องการในการใช้งาน ซึ่งการเตรียมเนื้อดินปั้นได้แก่ การผสมดินกับวัตถุดิบอื่นเข้าด้วยกัน เพื่อความมุ่งหมายเฉพาะอย่างหรือเป้าหมายที่แน่นอนนั่นเอง (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 44 ; ปริดา พิมพ์ขาวจำ. 2529 : 64) โดยวัตถุประสงค์ของการเตรียมเนื้อดินปั้นได้แก่ (Rhodes. 1973 : 27)

1. เพื่อเปลี่ยนแปลงความเหนียวของเนื้อดินปั้นให้มีความเหนียวเพิ่มมากขึ้น หรือลดน้อยลง เพื่อลดการหดตัวของเนื้อดินปั้น หรือพัฒนาให้เนื้อดินปั้นมีการบิดงอแตกร่วนน้อยที่สุด
2. เพื่อเปลี่ยนแปลงระดับอุณหภูมิการเผาของเนื้อดินปั้นให้สูงขึ้น โดยการเพิ่มวัตถุดิบที่มีความทนไฟลงไปเนื้อดินปั้น ได้แก่ Kaolin Quartz และ Fire clay
3. เพื่อเปลี่ยนแปลงระดับอุณหภูมิการเผาของเนื้อดินปั้นให้ต่ำลง ซึ่งเนื้อดินที่มีความทนไฟสูงเมื่อเผาแล้วเนื้อดินมีรูพรุนมาก สามารถดูดซึมน้ำได้ มีความแข็งแรงไม่เพียงพอ เพราะยังไม่ถึงจุดสูงสุดของเนื้อดิน การแก้ไขปรับปรุงโดยการเพิ่มอุณหภูมิการเผา หรือเพิ่มวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติช่วยในการหลอมละลาย (Flux) ลงในเนื้อดินปั้นซึ่งได้แก่ Feldspar หรือ Frit
4. เพื่อปรับปรุง หรือเปลี่ยนแปลงสีภายหลังการเผา เช่น เนื้อดินที่เผาแล้วมีสีเข้มเกินไป อาจใช้ดินขาวผสมลงไปเนื้อดินปั้น จะช่วยให้เนื้อดินมีสีอ่อนลงได้แก่ ถ้าต้องการให้เนื้อดินมีสีเข้มอาจใช้ดินแดงท้องถิ่น หรือใช้ออกไซด์ให้สี เช่น เหล็กออกไซด์ Manganese oxide เป็นต้น ผสมลงในเนื้อดินปั้นจะช่วยให้เนื้อดินมีสีต่าง ๆ แต่สำหรับเนื้อดินบางชนิดการเพิ่ม หรือการลดอุณหภูมิการเผาสามารถทำให้เกิดสีอ่อน-เข้มต่างกันไป (Rhodes. 1959 : 45-52)
5. เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติในการหล่อของเนื้อดินปั้นซึ่งปัญหาอาจสืบเนื่องมาจากปริมาณน้ำที่ใช้มากเกินไป ทำให้ดินเหลวมากอัตราการหล่อช้า หรือมีปริมาณน้ำน้อยเกินไปทำให้ดินมีความหนืดสูงลำบากต่อการหล่อ ในการแก้ปัญหา คือ การเติมน้ำ หรือการระเหยน้ำออกเพื่อให้น้ำดินมีปริมาณน้ำที่เหมาะสม แต่ในทางปฏิบัตินิยมเติมสารจำพวกอัลคาไลด์เพื่อให้ดินเกิดการกระจายล่อยตัว ซึ่งได้แก่ Sodium Silicate และ Sodium Carbonate แต่มีดินบางประเภทที่มีปริมาณอัลคาไลด์

อยู่ในองค์ประกอบสูงอยู่แล้ว เช่น ดินเหนียว หรือดินแดง ทำให้เป็นอุปสรรคอย่างมากสำหรับการเตรียมเพื่อให้เป็นเนื้อดินปั้นเพื่อการหล่อ (ทวี พรหมพฤษย์. 2523 : 84-85)



ภาพที่ 2.3 ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่ผ่านการเขียนลาย

2.2.2 ประเภทของเนื้อดินปั้น

การแบ่งชนิดของเนื้อดินปั้น นอกจากแบ่งเป็นเนื้อดินปั้นที่มีดินเป็นส่วนผสม และไม่มีดินเป็นส่วนผสมแล้ว ยังสามารถแบ่งเป็นประเภทต่าง ๆ ได้อีก 3 ประเภท คือ

1. แบ่งชนิดของเนื้อดินปั้นตามส่วนผสม และคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นแบ่งได้เป็น 32 ชนิด (ประจักษ์จดี สารสิทธิ์. 2542 : 3)

1.1 เนื้อดินปั้นทำอิฐ(Brick Ware) เป็นเนื้อดินที่ได้จากธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่มีการดูดซึมน้ำหลังเผาที่อุณหภูมิ 1,580 องศาเซลเซียส ประมาณ 5-20 % ส่วนมากใช้ทำอิฐและกระเบื้องเนื้อดินปั้นทำวัสดุทนไฟ (Refractories) เป็นเนื้อดินที่สามารถเผาได้ถึงอุณหภูมิ 1,580 – 2,000 องศาเซลเซียส เนื้อดินมีสีต่างกัน

1.2 เนื้อดินปั้นทำฉนวนกันความร้อน (Thermal Insulator Bodies) ใช้สำหรับทำอิฐหรือวัสดุทนไฟ โดยควบคุมความพรุนตัวให้เหมาะสม

1.3 เนื้อดินปั้น Stoneware เป็นเนื้อดินปั้นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ราคาถูกมีหลายสี หลังเผาทึบแสง ส่วนผสมของเนื้อดินปั้นส่วนมากเป็น Ball Clay หรือ Plastic Clay และสามารถนำมาขึ้นรูปได้อย่างหลากหลาย

1.4 เนื้อดินปั้น Fine Stoneware ทำจากวัตถุดิบที่ผ่านการเตรียม และเลือกสรรมาอย่างดี นิยมใช้ผลิตเครื่องโต๊ะอาหาร (Table Ware) และผลิตภัณฑ์ทางศิลปะ (Art Ware)

1.5 เนื้อดินปั้น Stoneware สีขาว (White Chemical Stoneware) การสร้างส่วนผสมนิยมใช้วัตถุดิบที่มีความบริสุทธิ์สูง

1.6 เนื้อดินปั้น Stoneware ทนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกระทันหัน (Thermal Shock Resisting Stoneware) จะเป็นเนื้อดินปั้นชนิด Stone Ware ที่เพิ่มวัตถุดิบเพื่อให้เนื้อดินทนต่อแรงเค้น (Stress) ได้ดี

1.7 เนื้อดินปั้น Stoneware เพื่อใช้งานทางไฟฟ้า (Electrical Stoneware) เป็นการเพิ่มวัตถุดิบบางชนิดเพื่อให้เนื้อดินปั้นที่คุณสมบัติเหมาะสมกับการนำไปใช้งานทางไฟฟ้า

1.8 เนื้อดินปั้น Fire Clay เป็นเนื้อดินปั้นที่ได้จากการแทนที่ Kaolin Ball Clay หรือ Stoneware clay ด้วย Fire Clay ที่ได้จากธรรมชาติ

1.9 เนื้อดินปั้น Earthenware ชนิดที่มีสี (Color Earthenware) เนื้อดินที่ได้จากธรรมชาติ หลังเผามีสีต่าง ๆ กัน ส่วนมากมีสีน้ำตาล - แดง มีความพรุนตัว แต่ในบางครั้งความพรุนตัวต่ำมาก เนื้อดินประเภทนี้รวมผลิตภัณฑ์ในช่วงของ Majolica และ Terracotta ด้วยเนื้อดินปั้น Earthenware สีขาว (White Earthenware) เป็นเนื้อดินที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง และคุณสมบัติต่างกันออกไป แต่โดยทั่วไปแล้วมีความพรุนตัวหลังเผา 10-15% และเนื้อดินมีสีขาว

1.10 เนื้อดินปั้น Semi-Vitreous China เป็นเนื้อดินปั้นที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยชาวอเมริกันโดยพัฒนาจากเนื้อดินชนิด Earthenware แต่มีความพรุนตัวต่ำกว่าคือ 4-10% และมีความแข็งแรง (Strength) สูงกว่า แต่ก็มีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน Earthenware มาก นิยมใช้ทำเครื่องโต๊ะอาหาร นอกจากนี้มีเนื้อดินปั้นที่พัฒนาจากเนื้อดินปั้นชนิด Earthenware โดยชาวอเมริกันเช่นเดียวกันคือ เนื้อดินปั้นชนิด Semi - Vitreous China Porcelain ซึ่งมีการดูดซึมน้ำ 0.3 - 4 % มีความแข็งแรงสูง และมีความโปร่งแสงเล็กน้อย นิยมใช้ทำเครื่องโต๊ะอาหารเช่นเดียวกัน

1.11 เนื้อดินปั้น Vitreous China เป็นเนื้อดินปั้นสีขาวมีความทึบแสง และจะเรียกว่า American hotel China

1.12 เนื้อดินปั้น Soft Porcelain เป็นเนื้อดินปั้นสีขาว หรือสีครีม มีความโปร่งแสง ซึ่งส่วนผสมแตกต่างกันแต่จะเผาที่อุณหภูมิประมาณ Cone 7 - 10 (1,230 องศาเซลเซียส) กิดค้นขึ้นโดยชาวยุโรป

1.13 เนื้อดินปั้น Bone China สามารถจัดอยู่ในเนื้อดินปั้นชนิด Porcelain แต่มีความโปร่งแสงสูง มีสีขาวถึงสีครีม

1.14 เนื้อดินปั้น Hard Porcelain เป็นเนื้อดินปั้นมีสีขาวบริสุทธิ์เผาจนถึงจุดสูงสุด หลังเผาโปร่งแสง มีความแข็งแรงส่วนมากประกอบด้วยวัตถุดิบหลัก 3 ชนิด (Triaxial Bodies) ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้มีความบริสุทธิ์สูงกว่าขั้นรูปทำได้ยาก และเผาที่อุณหภูมิสูงคือ cone 12 – 15 (1,350 – 1,435 องศาเซลเซียส)

1.15 เนื้อดินปั้น Porcelain เพื่อใช้งานทางไฟฟ้า (Electrical Porcelain) เป็นเนื้อดินปั้น สีขาว มีความโปร่งแสง และมีความทนไฟสูง มีส่วนผสมของวัตถุดิบที่เป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิ (Flux) น้อยเนื้อดินปั้นมีคุณสมบัติทางด้านไฟฟ้าดี

1.16 เนื้อดินปั้น Porcelain ชนิดที่ทนต่อสารเคมี (Chemical Porcelain)

1.17 เนื้อดินปั้น Mullite Porcelain เป็นเนื้อดินปั้นที่พัฒนาส่วนผสมให้เกิดในเนื้อ Mullite ดินหลังเผาปริมาณมาก

1.18 เนื้อดินปั้น Porcelain อลูมินาสูง (High Alumina Porcelain) Alumina ในส่วนผสม (Mixture Porcelain) สูง

1.19 เนื้อดินปั้น Zircon Porcelain มี Zircon เป็นวัตถุดิบในส่วนผสม

1.20 เนื้อดินปั้นที่ใช้เป็นตัวยึดเกาะในการทำสิ่งขัดถู (Ceramic Bonded Abrasive)

1.21 เนื้อดินปั้น Cordierite เป็นเนื้อดินที่มีปริมาณของ Cordierite ในเนื้อดินสูง และเนื้อดินมีการหดขยายตัวต่ำเมื่อได้รับความร้อน (Low thermal expansion)

1.22 เนื้อดินปั้น Steatite มีวัตถุดิบ Steatite หรือ Tale อยู่ในส่วนผสมของเนื้อดิน

1.23 เนื้อดินปั้น Spinal มีส่วนประกอบของ Spinal อยู่ในเนื้อดินหลังเผา

1.24 เนื้อดินปั้น Forsterite จะมีส่วนประกอบ Forsterite ($2\text{MgO}\cdot\text{SiO}_2$) อยู่ในเนื้อดินปั้นหลังเผา

1.25 เนื้อดินปั้น Pyrophyllite เป็นเนื้อดินปั้นที่มี Pyrophyllite ในส่วนผสมของเนื้อของดิน

1.26 เนื้อดินปั้น Wollastonite มี Wollastonite ในส่วนผสมของเนื้อดินปั้น

1.27 เนื้อดินปั้น Lithium Aluminosilicate เป็นเนื้อดินที่ได้อัตราส่วนผสมจากการอ่านค่าวัตถุดิบ 3 ชนิด Lithium oxide (Li_2O) Alumina (Al_2O_3) และ Silica (SiO_2)

1.28 เนื้อดินปั้น Lithium Aluminosilicate เป็นเนื้อดินที่ได้อัตราส่วนผสมจากการอ่านค่าวัตถุดิบ 3 ชนิด Lithium oxide (Li_2O) Alumina (Al_2O_3) และ Silica (SiO_2)

1.29 เนื้อดินปั้นที่ได้จากการใช้วัตถุดิบชนิดเดียว หรือใช้วัตถุดิบชนิดใดชนิดหนึ่งเป็นปริมาณมาก จะเรียกชื่อเนื้อดินตามชื่อวัตถุดิบที่ใช้ได้แก่

1) High magnesia 2) High beryllia 3) Pure sintered compound

4) Retile 5) Titanates 6) Ferrites

1.30 เนื้อดินปั้น Cermets หรือ Ceramals เป็นเนื้อดินที่มีส่วนผสมของวัตถุดิบจำพวกโลหะ (Metals) และวัตถุดิบพวกอโลหะ ที่ใช้ในการผลิตเซรามิกส์โดยทั่วไป เช่น Carbides และ Nitride เป็นต้น

1.31 เนื้อดินปั้นที่สามารถดูดซึมน้ำได้ (Permeable Porous Bodies)

2. แบ่งชนิดของเนื้อดินปั้นตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ หรือประเภทของอุตสาหกรรมที่ใช้เนื้อดินปั้นนั้น ๆ ซึ่งสามารถแบ่งเนื้อดินปั้นที่ใช้อุตสาหกรรมได้เป็น 7 ประเภท ดังนี้คือ

2.1 เนื้อดินปั้นที่ใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง (Building Materials) ซึ่งเนื้อดินปั้นสำหรับอุตสาหกรรมประเภทนี้แบ่งออกได้ตามชนิดของผลิตภัณฑ์ ดังต่อไปนี้ (Singer.1963 : 1065-1088)

2.1.1 Brick ได้แก่ Common bricks, Facing bricks, Hollow bricks เป็นต้น

2.1.2 Tile ได้แก่ Roofing tile, Floor tiles, Wall tiles, Mosaic เป็นต้น

2.1.3 Sanitary ware ได้แก่ Sanitary earthenware, Vitreous china sanitary ware Fireclay Sanitary ware, Stoneware sanitary ware

2.2 เนื้อดินปั้นที่ใช้ในอุตสาหกรรมผลิต ผลิตภัณฑ์ในครัวเรือน แบ่งตามประเภทของผลิตภัณฑ์ เพื่อการใช้งาน ดังต่อไปนี้ (Singer, 1963 : 1089 - 1102)

2.2.1 Table ware ซึ่งทำจากเนื้อดินหลายประเภท ได้แก่ Stoneware earthenware, vitreous china, American hotel china, American Household china, Bone china และ Hard porcelain เป็นต้น

2.2.2 Ovenproof ware และ Heat resistant ware

2.2.3 Art ware

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบ คุณสมบัติของ Tableware bodies ชนิดต่าง ๆ

No.	ชนิดของเนื้อดินปั้น	ประเทศ	Absorb	ความแข็งแรง	ความโปร่งแสง
1	Majolica	ทั่วไป	>15	ต่ำมาก	ไม่
2	Fine Earthenware	ยุโรป- อังกฤษ	10-15	ต่ำ	ไม่
3	Semi – Vitreous China	อเมริกา	4-10	ปานกลาง-สูง	ต่ำ-ไม่
4	Semi – Vitreous Porcelain	อเมริกา	0.3-4	สูง	ต่ำ
5	Hotel China	อเมริกา	<0.3	สูงมาก	ปานกลาง
6	Household China	อเมริกา	<0.1	สูงมาก	สูง
7	Bone China	อังกฤษ	0.3-2	ปานกลาง	สูงมาก

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

No.	ชนิดของเนื้อดินปั้น	ประเทศ	Absorb	ความแข็งแรง	ความโปร่งแสง
8	Beleek China	อเมริกา - ไอร์แลนด์	0	ปานกลาง - สูง	สูง
9	Hard Porcelain	ยุโรป- สแกนดิเนเวีย	0	ปานกลาง - สูง	สูง
10	Stoneware	ยุโรป-อังกฤษ	0	ปานกลาง - สูง	ไม่

(ที่มา : Singer. 1963 : 1089)

2.3 เนื้อดินปั้นในอุตสาหกรรมผลิตอุปกรณ์ทางเคมี เพื่อใช้ห้องทดลองและผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในงานในงานอุตสาหกรรมทั่วไป เช่น หลอดด้ายอุตสาหกรรมทอผ้า ไส้กรองน้ำ (Filter) กระเบื้องปูพื้นโต๊ะในห้องทดลอง เป็นต้น ซึ่งเนื้อดินปั้นจะมีคุณสมบัติต่างกันไปตามความต้องการด้านคุณสมบัติ การผลิต และการขึ้นรูป โดยเนื้อดินปั้นที่ใช้เช่น White chemical stoneware, Acid resisting brick and tiles เป็นต้น (Singer. 1963 : 1103-1134)

2.4 เนื้อดินปั้นที่ใช้ในการผลิตอุตสาหกรรมผลิต ผลิตภัณฑ์ทางเคมีและวิศวกรรม (Singer. 1963 : 1135-1169) เนื้อดินปั้นชนิด Mullite Porcelain, Zircon Porcelain, Silicon Carbide, High Alumina, Cermet เป็นต้น ส่วนมากเป็นเนื้อดินปั้นที่มีส่วนผสมของดินดำ โดยจะใช้วัตถุดิบเป็น Oxide ในการขึ้นรูปเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติพิเศษ เพื่อใช้เป็นชิ้นส่วนของเครื่องจักรหรืองานเฉพาะอื่น ๆ เช่น งานที่ต้องมีการเสียดสีสูง ชิ้นงานต้องการความแข็งแรงสูงมีความทนทานต่ออุณหภูมิสูงมาก ๆ เป็นต้น

2.5 เนื้อดินปั้นที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมผลิต ผลิตภัณฑ์ทางไฟฟ้า (Insulator) และอุปกรณ์ประกอบในงาน Electronic ต่าง ๆ ซึ่งเป็นเนื้อดินที่ใช้ เช่น Low – Tension Porcelain, High-tension mullite Porcelain, Zircon Porcelain, Cordierite เป็นต้น

2.6 เนื้อดินปั้นที่ใช้ในอุตสาหกรรมผลิต ผลิตภัณฑ์วัสดุทนไฟ (Singer. 1963 :- 401-402) ได้แก่ Acid Refractories, Neutral Refractories, และ Basic Refractories เนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติในการทนอุณหภูมิสูงได้ดี ซึ่งสามารถแบ่งเนื้อดินปั้นตามคุณสมบัติของวัตถุดิบเป็น 3 ชนิด และนิยมนำมาใช้ทำอุปกรณ์ภายในเตา (Kiln Furniture) โดยแบ่งระดับความทนไฟออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้คือ

Low heat duty	P.C.E	19 - 28
Intermediate heat duty	P.C.E	28 – 30

High heat duty	P.C.E	30 - 33
Super heat duty	P.C.E	สูงกว่า 33

2.7 เนื้อดินปั้นที่ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ฉนวนกันความร้อน (Singer. 1963 : 245) เนื้อดินปั้นที่ทำจากวัตถุดิบเช่นเดียวกับอิฐก่อสร้าง หรืออิฐทนไฟทั่วไป แต่ Thermal Insulation Bodies จะมีรูพรุนสูง เพื่อไม่ให้ผลิตภัณฑ์จากเนื้อดินปั้นชนิดนี้นำความร้อนจากคุณสมบัติของอากาศที่เป็นตัวนำความร้อนที่เร็วกว่าของแข็ง ซึ่งเนื้อดินปั้นชนิดนี้นำมาใช้ทำอิฐฉนวน (Insulator Brick) โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่มตามการใช้งาน

Low temperature	ใช้กับอุณหภูมิสูงกว่า	400 องศาเซลเซียส
Intermediate temperature	ใช้กับอุณหภูมิสูงกว่า	900 องศาเซลเซียส
High temperature	ใช้กับอุณหภูมิสูงกว่า	1,150 องศาเซลเซียส

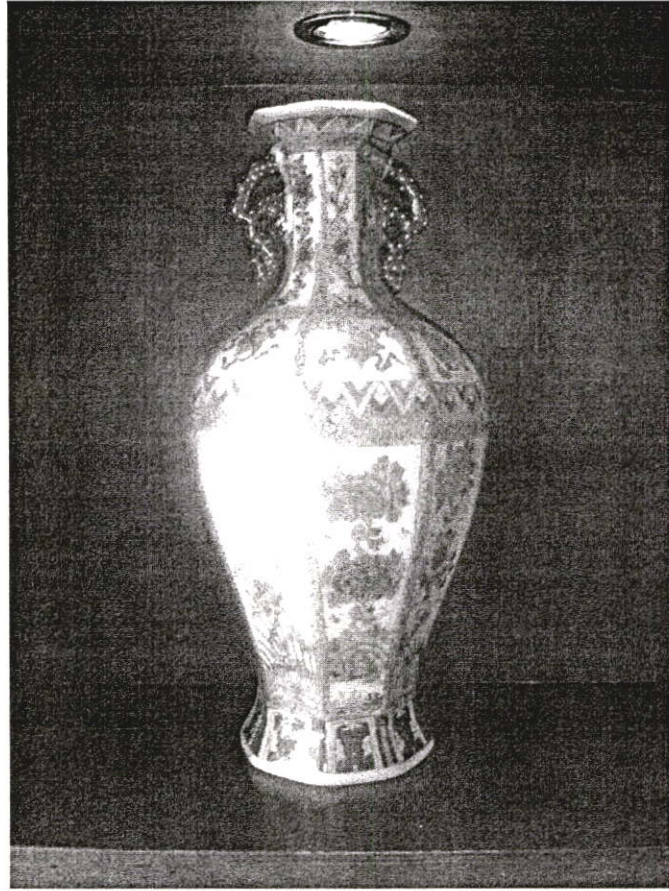
3. แบ่งชนิดของเนื้อดินปั้นตามลักษณะของเนื้อดินปั้นที่ใช้ในการขึ้นรูปแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

3.1 เนื้อดินปั้นเพื่อการหล่อแบบ (Slip Bodies)

เนื้อดินปั้นเพื่อการหล่อแบบ หรือน้ำดินประกอบด้วยดิน น้ำและวัตถุอื่น ๆ น้ำในน้ำดิน ควรมีปริมาณน้อยสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ แต่น้ำดินก็ต้องมีการไหลตัวดี การที่จะทำให้มีคุณสมบัติเช่นนี้จำเป็นต้องนำสารเคมีซึ่งมีคุณสมบัติเช่นนี้จะต้องนำสารเคมี ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยทำให้อุณหภูมิของดินมีการกระจายและลอยตัวได้ดี ใช้ลงไปช่วยน้ำดินเพราะการผสมน้ำดินกับน้ำเพียงอย่างเดียวไม่ถือว่าเป็นน้ำที่ดี โดยน้ำดินที่ดีจะต้องมีปริมาณน้ำที่พอเหมาะเนื้อดินลอยตัวได้ดีแต่ถ้าใช้น้ำมากเกินไป น้ำดินจะเหลว ซึ่งปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการเตรียมน้ำดินจะอยู่ระหว่าง 30 – 35 % โดยน้ำหนักของดินหลังเติม Sodium Silicate ประมาณ 0.35 – 15 % (ประจักษ์ ภารสิทธิ์. 2542 :10)

3.2 เนื้อดินปั้นที่อาศัยความเหนียวในการขึ้นรูป(Plastic bodies)

เนื้อดินปั้นที่มีความเหนียวจะมีน้ำในส่วนผสมประมาณ 20 % ต้องอาศัยการนวดให้ดินและน้ำเข้ากันเป็นอย่างดี ซึ่งนอกจากปริมาณน้ำที่เหมาะสมแล้ว จะช่วยทำให้เนื้อดินปั้นมีความเหนียวแล้ว ชนิดของวัตถุดิบ คุณสมบัติของวัตถุดิบ และความละเอียดของวัตถุดิบ จะมีผลต่อความเหนียวของเนื้อดินปั้น นอกจากนี้การหมักเนื้อดินปั้นที่นวดผสมน้ำแล้วทิ้งไว้จะช่วยทำให้เนื้อดินปั้นมีความเหนียวเพิ่มขึ้น ซึ่งเนื้อดินปั้นชนิดนี้จะใช้ขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน (Throwing Method) ขึ้นรูปด้วยใบมีด (Jiggering Method) ขึ้นรูปโดยใช้มือ (Hand Forming Method) การขึ้นรูปโดยการกด (Press Method) และการขึ้นรูปโดยการรีด (Extrusion) (ประจักษ์ ภารสิทธิ์. 2542 : 10)



ภาพที่ 2.4 ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาการเขียนลายสีได้เคลือบ

2.2.3 การหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น

การหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นนั้น เพื่อที่จะให้สามารถนำอัตราส่วนของเนื้อดินปั้นที่แสดงไว้ในรูปสูตรต่างๆ มาชั่งน้ำหนักเพื่อทดสอบทดลองหรือเพื่อใช้งานได้ซึ่งการหาอัตราส่วนของเนื้อดินปั้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1. ในกรณีที่อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นอยู่แล้วในรูปของสูตรร้อยละของออกไซด์หรือสูตรเอ็มไพริคัล จะต้องเปลี่ยนให้เป็นสูตรน้ำหนักของส่วนผสม โดยการคำนวณตามลำดับขั้นดังต่อไปนี้

1.1 การคำนวณจากสูตรเอ็มไพริคัล เป็นสูตรน้ำหนักของวัตถุดิบทำได้โดย

1.1.1 เลือกวัตถุดิบมาใช้ทดแทนออกไซด์โดยพิจารณาสูตรทางเคมีของวัตถุดิบว่าจะต้องมีออกไซด์ที่ต้องการในสูตรเอ็มไพริคัล

1.1.2 ทดแทนจำนวนโมเลกุลของออกไซด์ในสูตรเอ็มไพริคัล ให้พอดีด้วยจำนวนโมเลกุลของวัตถุดิบ ตามตาราง

ตารางที่ 2.2 แสดงการเปลี่ยนจำนวนโมเลกุลของออกไซด์เป็นจำนวนโมเลกุลของวัตถุดิบ

วัตถุดิบ		สูตรเคมีไพริคัล				
จำนวนโมเลกุล	ชื่อวัตถุดิบ	KNaO	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂
0.245	Mixed Feldspar	0.245	0.342	0.413	2.516	17.862
	KnaO.Al ₂ O ₃ .6SiO ₂	0.245			0.245	1.470
0.342	Dolomite	-	0.342	0.413	2.271	16.392
	CaCO ₃ M ₂ CO ₃	-	0.342	0.342	-	-
0.071	Magnesium Carbonate	-	-	0.071	2.271	16.392
	M ₂ CO ₃	-	-	0.071		
2.271	Kaolin	-	-	-	2.271	16.392
	Al ₂ O ₃ 2SiO ₂ HO ₂	-	-	-	2.271	4.542
11.850	Quartz	-	-	-	-	11.850
	SiO ₂	-	-	-	-	11.850

1.1.3 นำจำนวนโมเลกุลของวัตถุดิบจากตารางมาคำนวณให้เป็นน้ำหนักส่วนผสมของวัตถุดิบ โดยการควบคุมจำนวนโมเลกุลของวัตถุดิบนั้นด้วยน้ำหนักโมเลกุลของวัตถุดิบนั้นตามตาราง

ตารางที่ 2.3 แสดงการเปลี่ยนจำนวนโมเลกุลของวัตถุดิบเป็นน้ำหนักของวัตถุดิบ

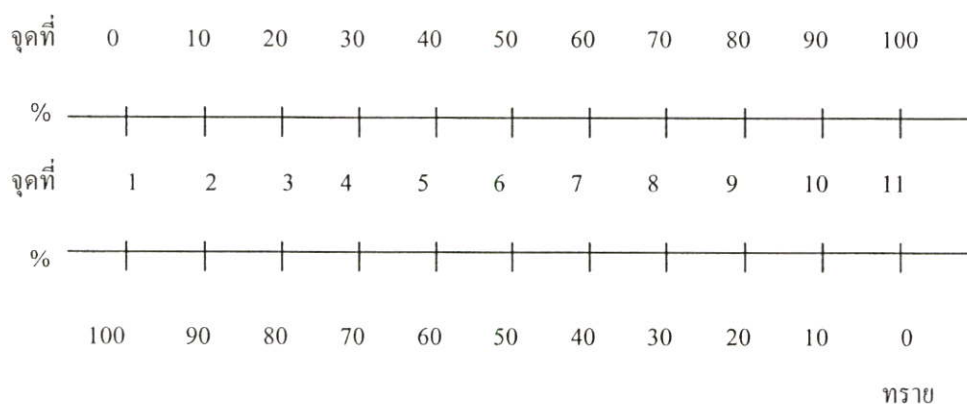
ชื่อวัตถุดิบ	จำนวนโมเลกุล	น้ำหนักโมเลกุล	น้ำหนักส่วนผสม
Mixed Feldspar	0.245	540.7	132.47
Dolomite	0.342	184.4	63.06
Magnesium	0.071	84.3	5.99
Carbonate	2.271	258.2	586.37
Kaolin	11.850	60.1	712.19
Quartz			
รวม			1,500.08

1.2 การคำนวณจากสูตรร้อยละของออกไซด์เป็นสูตรน้ำหนักของวัตถุดิบ

2. ในกรณีที่มีวัตถุดิบที่ต้องการนำมาสร้างเป็นเนื้อดินปั้นชนิดที่ต้องการ ก่อนที่จะตัดสินใจเลือกวัตถุดิบที่มี และทราบคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นชนิดที่ต้องการ ก่อนที่จะตัดสินใจเลือกวัตถุดิบหลักมาทดลองแปรค่า น้ำหนักในส่วนผสม และเลือกวัตถุดิบมาเสริม ให้เนื้อดินปั้นมีคุณสมบัติดีขึ้น

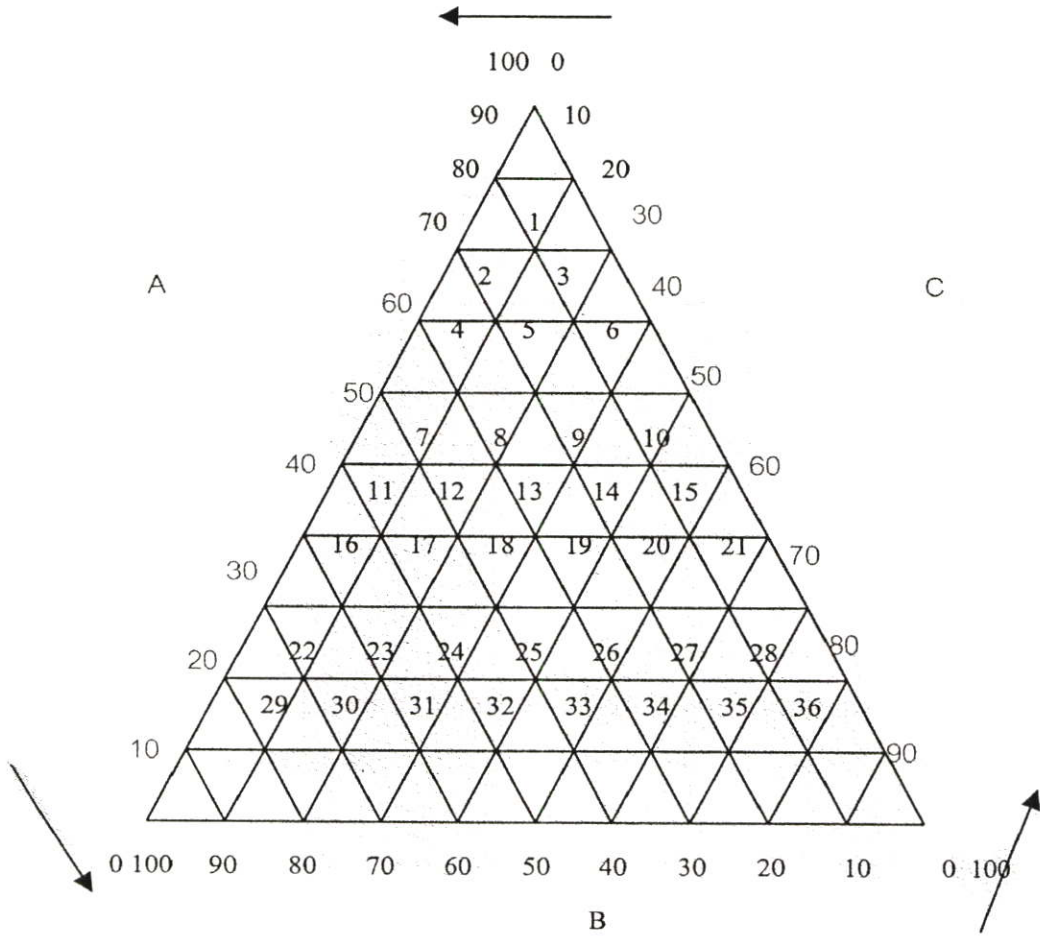
ตามความต้องการ ซึ่งการนำวัตถุดิบมาแปรค่าน้ำหนักในส่วนผสมมีหลายวิธีขึ้นอยู่กับจำนวนชนิดของวัตถุดิบหลักดังต่อไปนี้

2.1 กรณีที่มีวัตถุดิบหลักเพียงสองชนิดให้นำวัตถุดิบทั้งสองชนิดมาหาค่าน้ำหนักในส่วนผสม โดยใช้เส้นขนาน (Biaxial Blend) ช่วยในการอ่านน้ำหนัก ซึ่งส่วนผสมของน้ำหนักวัตถุดิบทั้งสองชนิดจะเท่ากับ 100 พอดี เช่น ต้องการทดลองเนื้อดินปั้นจากส่วนผสมของดินแดง และทราย จะได้อัตราส่วนของวัตถุดิบทั้งสองจำนวน 11 จุด ซึ่งอ่านได้จากเส้นขนานตามภาพประกอบ

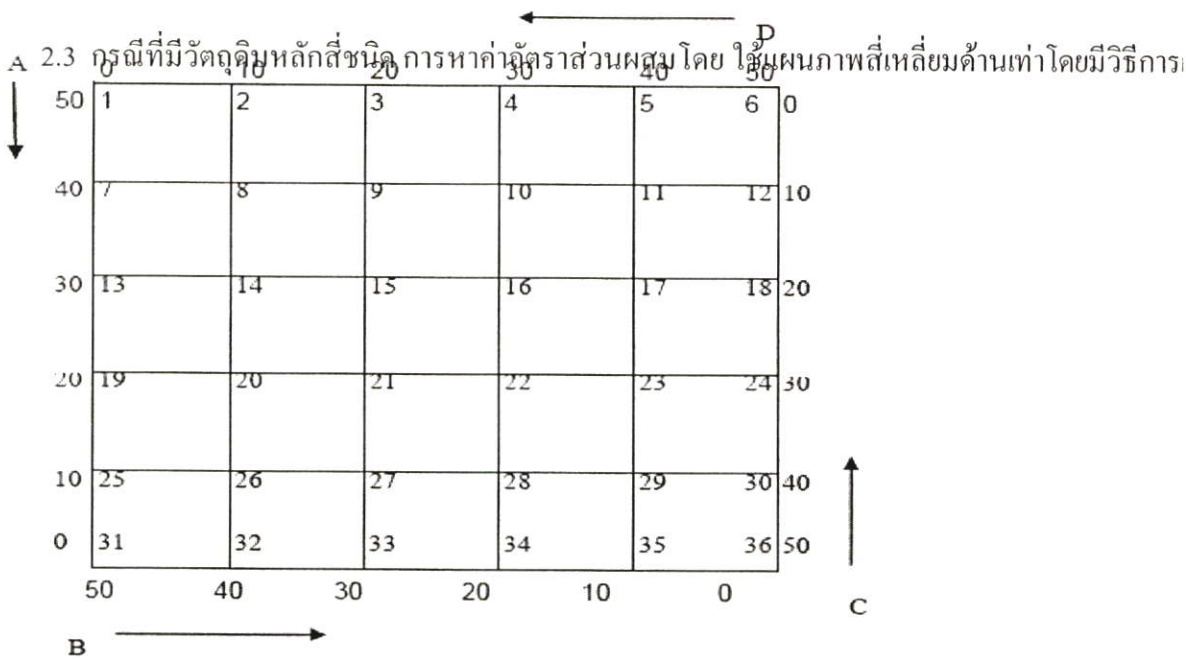


ภาพที่ 2.5 แสดงเส้นขนานที่ใช้อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ 2 ชนิด

2.2 กรณีที่วัตถุดิบหลักสามชนิดการหาอัตราส่วนผสมโดยใช้แผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่าภายในสามเหลี่ยมด้านเท่าจะมีจำนวนจุดทั้งสิ้น 36 จุด ซึ่งทั้ง 36 จุด ที่เป็นจำนวนอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่จะอ่านค่าได้ และมีส่วนผสมของวัตถุดิบทั้งสามชนิด ที่มีผลรวมของแต่ละสูตรเท่ากับ 100 โดยการอ่านค่าให้อ่านตามเส้นลูกศรไว้ที่มุมของภาพสามเหลี่ยม จากจุดที่ต้องการอ่านออกไปตามหัวลูกศร สู่เส้นด้านของสามเหลี่ยม และอ่านค่าน้ำหนักของวัตถุที่อยู่ในด้านนั้น ๆ ตามภาพประกอบ



ภาพที่ 2.6 แสดงแผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่าที่ใช้หาอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ 3 ชนิด



ภาพที่ 2.7 แสดงแผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่าที่ใช้หาอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ 4 ชนิด จำนวน 36 ชนิด

ในการทดลองครั้งนี้ใช้แผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่า ในการหาค่าอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ จำนวน 4 ชนิด คือ ดินแดงบ้านบางปู ดินขาวระนอง โซคาเฟลด์สปาร์ และควอตซ์

2.2.4 การเตรียมเนื้อดินปั้น

ในการเตรียมเนื้อดินปั้นมีขั้นตอนในการปฏิบัติงานดังนี้คือ

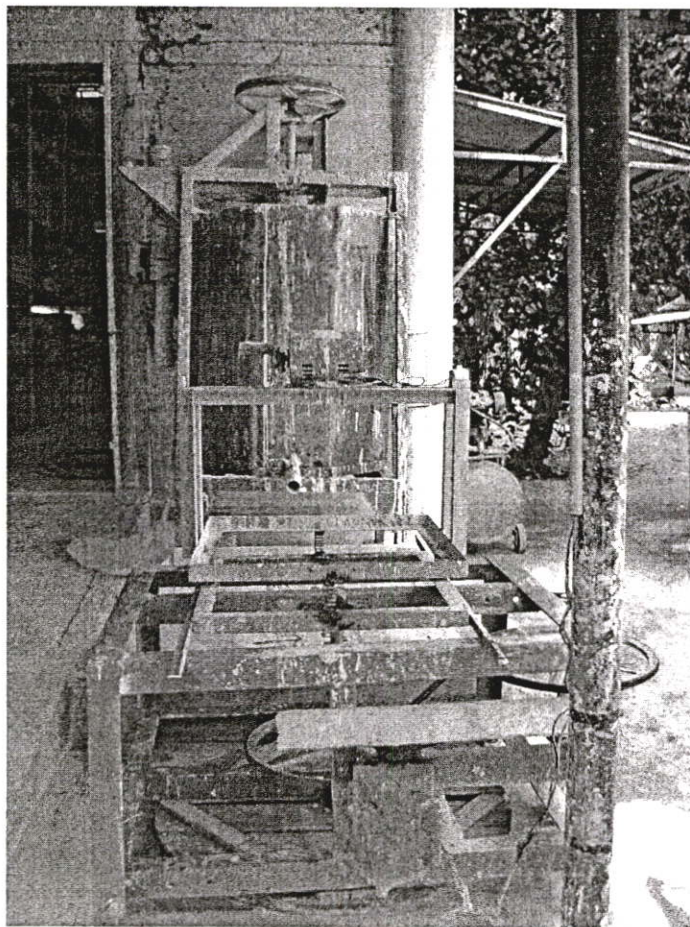
1. กำหนดหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น การคำนวณต้องพิจารณาถึงวัตถุดิบที่ใช้ว่ามีชนิดใดบ้าง และแต่ละชนิดมีคุณสมบัติเช่นไร
2. เตรียมวัตถุดิบในกรณีที่วัตถุดิบได้มาจากแหล่งโดยตรง และมีสิ่งเจือปน เช่น รากไม้ กรวด และทรายหยาบ ปริมาณมากจำเป็นต้องแยกสิ่งเจือปนเหล่านั้นออกเสียก่อน หรือหากวัตถุดิบยังไม่ได้แปรรูป เช่น ทราย หรือ Feldspar อาจจะต้องบดให้ละเอียดตามความต้องการก่อน ซึ่งวิธีการเตรียมวัตถุดิบจะแตกต่างกันโดยขึ้นอยู่กับลักษณะของวัตถุดิบที่นำมาใช้ และกระบวนการปฏิบัติของแต่ละงานที่ต้องการ
3. ชั่งอัตราส่วนผสมตามน้ำหนักที่ต้องการ โดยการชั่งต้องคำนึงถึงว่า น้ำหนักที่ได้จากการคำนวณนั้นเป็นน้ำหนักวัตถุดิบแห้ง หรือน้ำหนักวัตถุดิบที่มีความชื้น เนื่องจากตามปกติแล้ว วัตถุดิบส่วนใหญ่จะมีความชื้นอยู่มากหรือน้อยต่างกัน ดังนั้นหากน้ำหนักที่คำนวณได้ น้ำหนักแห้งจำเป็นต้องอบวัตถุดิบให้แห้งก่อนที่จะชั่ง แต่ถ้าทราบปริมาณความชื้น (%Moisture) ในวัตถุดิบก็สามารถคำนวณน้ำหนักวัตถุดิบชื้นที่สามารถชั่งได้
4. ผสมวัตถุดิบ ขั้นตอนนี้อาจใช้การบดผสม (Milling) หรือการกวนผสม (Mixing) แล้ว แต่กระบวนการปฏิบัติ ซึ่งหากเป็นการทดลองเนื้อดินปั้นชนิดพิเศษ เช่น Porcelain หรือ High Alumina นิยมใช้การบดผสม แต่ในสถานประกอบการที่ต้องเตรียม เนื้อดินปั้นเพื่อใช้งานปริมาณมาก นิยมใช้การบดผสมด้วยเครื่องบดผสมด้วยเครื่องบดขนาดใหญ่ และวัตถุดิบที่ใช้บางชนิดไม่จำเป็นต้องมีความละเอียด เช่น Feldspar จะใช้รูป Feldspar ก้อนขนาด 0.5-10 เซนติเมตร
5. ปรับคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำดิน ได้แก่ การปรับปริมาณน้ำที่ใช้ในการขึ้นรูปให้น้ำดิน มีความล่งจำเพาะความต้องการ เดิมสารช่วยกระจายลอยตัว เพื่อให้ น้ำดินมีความหนืดตามความต้องการ
6. การกรอง เป็นขั้นตอนที่มีความจำเป็น เพื่อแยกวัตถุดิบที่ยังไม่แตกตัวจากการกวนผสม หรือวัตถุดิบที่บดไม่ละเอียดได้ตามต้องการออก นอกจากนี้การกรองทำให้ทราบว่าประสิทธิภาพของการบดเป็นเช่นไร โดยพิจารณาจากปริมาณกากบนตะแกรง (% Residue) และสามารถใช้กำหนดความละเอียดของเนื้อดินปั้นที่ต้องการ โดยการกำหนดขนาดของร่
7. การแยกเหล็ก ในการทำเนื้อดินปั้นเพื่อใช้งานในสถานประกอบการส่วนใหญ่ไม่ว่าจะเป็นเครื่องสุขภัณฑ์ เครื่องโต๊ะอาหาร หรือผลิตภัณฑ์ประเภทอื่นที่ต้องการให้เนื้อดินมีความสะอาด จะผ่านน้ำดินเข้าเครื่องแยกเหล็ก (Magnetic Separator) เพื่อจำกัดเหล็กออกไซด์ออกจากเนื้อดินปั้น

8. การเตรียมเนื้อดินปั้นเพื่อใช้ขึ้นรูป

8.1 เตรียมเนื้อดินเพื่อขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ หลังจากการปรับคุณสมบัติของวัตถุดิบ ให้มีความถ่วงจำเพาะ และความหนืดให้เหมาะสม กรอง และผ่านเครื่องแยกเหล็กก่อนใช้งานควร หมักน้ำดินไว้ประมาณ 1-2 วัน เพื่อให้สารช่วยกระจายลอยตัวทำปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ น้ำดินมี คุณสมบัติที่ เหมาะสมต่อการใช้งาน และขณะหมักควรปิดฝาให้มิดชิดเพื่อป้องกันการระเหย ของน้ำ ซึ่งจะทำให้คุณสมบัติของน้ำดินเปลี่ยนแปลงและอาจมีสิ่งอื่นลงไปเจือปนจากนี้ปริมาณน้ำ ยังมีผลต่อความหนืดของน้ำดินอีกด้วยซึ่งการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมเพื่อการขึ้นรูปจะแสดงเป็น ค่าร้อยละ ซึ่งจะอยู่ในหัวข้อการทดสอบสมบัติของเนื้อดินซึ่งจะกล่าวเป็นเรื่องต่อไป



ภาพที่ 2.8 ดินที่ใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผา



ภาพที่ 2.9 เครื่องบดน้ำดินเพื่อใช้ในการหล่อแบบพิมพ์

2.2.5 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้น

$$\text{ร้อยละของน้ำที่ใช้ในการขึ้นรูป} = \frac{(\text{ปริมาณน้ำที่ใช้}) \times 100}{\text{น้ำหนักวัตถุดิบแห้ง}}$$

จากสูตรการหาร้อยของน้ำที่ใช้ในการขึ้นรูป

1. ปริมาณน้ำที่ใช้ จะได้จากการบันทึกปริมาณน้ำที่เติมลงในวัตถุดิบ จนกระทั่งได้น้ำดินที่มีคุณสมบัติเหมาะสม โดยพิจารณาความหนาแน่นของน้ำดิน ซึ่งโดยทั่วไปจะเติมน้ำดินให้ได้น้ำดินที่มีค่าความถ่วงจำเพาะ 1.65-1.70
2. น้ำหนักวัตถุดิบแห้ง ได้แก่ น้ำหนักรวมของอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น ซึ่งวัตถุดิบทุกตัวจะต้องอยู่ในสภาพที่แห้งสนิท (% Moisture 20) แต่ถ้าเป็นวัตถุดิบที่เปียกชื้นจะต้องมีการคำนวณหาน้ำหนักวัตถุดิบที่แท้จริงจากค่าร้อยละของความชื้น ซึ่งค่านี้ได้จากการทดลอง
3. ค่าที่ได้จากการคำนวณตามสูตรนี้ หมายถึง ถ้าต้องการน้ำดินที่มีคุณสมบัติเช่นเดียวกันนี้ต้องเติมน้ำปริมาณ ที่คำนวณได้ลงในวัตถุดิบ ตามสูตรส่วนผสมของเนื้อดินปั้นหนัก 100 กรัม

4. ในกรณีที่ไม่ใช้เนื้อดินปั้นเพื่อการหล่อ แต่เป็นเนื้อดินที่ต้องใช้ความเหนียว เพื่อการขึ้นรูปการคำนวณจะใช้สูตรเดียวกัน หากแต่พิจารณาความเหมาะสมของเนื้อดินปั้น โดยการกลิ้งดินให้เป็นเส้น แล้วโค้งเส้นดินพิจารณาว่า เกิดรอยร้าวที่ส่วนโค้งด้านนอกหรือไม่แต่การพิจารณาลักษณะนี้ไม่สามารถใช้เนื้อดินปั้นชนิดที่มีความเหนียวต่ำได้ ผู้ทดลองจึงต้องพิจารณาร่วมกับลักษณะที่เกิดขึ้นขณะนวดดิน เช่น หากร่วนเกินไปแสดงว่าเนื้อดินปั้นยังต้องการปริมาณน้ำเพิ่มอีก แต่ถ้าเหลวหรือติดมือแสดงว่าปริมาณน้ำมากเกินไปจะต้องเพิ่มวัตถุดิบแห้ง

5. ถ้าต้องการทราบว่าเนื้อดินปั้นสูตรนี้มีปริมาณน้ำในส่วนผสมเท่าใด หรือน้ำดินหนัก 100 กรัม จะมีวัตถุดิบแห้งเท่าใด และน้ำปริมาณเท่าใด คำนวณได้จาก

$$\text{ร้อยละของน้ำในส่วนผสม} = \frac{(\text{ร้อยละของน้ำที่ใช้ในการขึ้นรูป}) \times 100}{100 + \text{ร้อยละของน้ำที่ใช้ในการขึ้นรูป}}$$

จากสูตร เราจะทราบน้ำหนัก หรือปริมาตรของน้ำที่มีในน้ำดินหนัก 100 กรัม ส่วนน้ำหนัก วัตถุดิบแห้งที่มีในน้ำดิน 100 กรัม จะหาได้จากร้อยละของน้ำในส่วนผสม

ความถ่วงจำเพาะ

ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำดิน (Specific Gravity) หรือ ถ.พ. นี้เป็นค่าแสดงว่าน้ำดินมีความหนาแน่นมากน้อยเพียงใด ซึ่งความแตกต่างของความหนาแน่นของน้ำดินมีสาเหตุหลักเนื่องมาจาก

1. ปริมาณน้ำที่ใช้ในการขึ้นรูป ถ้าเนื้อดินปั้นสูตรเดียวกันใช้วัตถุดิบชนิดเดียวกันและน้ำหนักรวมของเนื้อดินปั้นเท่ากันการเติมปริมาณน้ำมากจะทำให้ น้ำดินมีความหนาแน่นต่ำกว่าการเติมปริมาณน้ำที่น้อยกว่า

2. ปริมาณวัตถุดิบในส่วนผสม ถ้าปริมาณน้ำเท่ากัน แต่น้ำหนักวัตถุดิบต่างกัน โดยถ้าปริมาณวัตถุดิบมาก ความหนาแน่นของน้ำดินย่อมสูงกว่า

3. คุณสมบัติของวัตถุดิบ ถึงแม้ว่าปริมาณน้ำจะเท่ากัน น้ำหนักรวมของอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นจะเท่ากัน แต่ถ้าเป็นเนื้อดินปั้นต่างชนิดกัน ก็สามารถทำให้ความหนาแน่นของน้ำดินต่างกัน ได้ ซึ่งมีผลจากคุณสมบัติด้านหนาแน่นของวัตถุดิบ แต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ความหนาแน่นของน้ำดินมีผลต่อความหนืด และคุณภาพการหล่อ โดยน้ำดินจะมีความหนืดสูงอัตราการหล่อต่ำ ถ้าน้ำดินมีความหนาแน่นสูง ซึ่งโดยทั่วไปจะปรับความหนาแน่นของน้ำดิน โดยให้มีค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ระหว่าง 1.65 – 1.70 จะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ในการทำเนื้อดินปั้นขนาดของผลิตภัณฑ์รูปร่างผลิตภัณฑ์และอัตราในการหล่อแบบ โดยความถ่วงจำเพาะอาจมีค่าถึง 1.8

การหาค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำคิน มีวิธีดังนี้คือ

1. ชั่งน้ำหนักบีกเกอร์แห้ง
2. เติมน้ำคินลงในบีกเกอร์จนได้ปริมาตรที่กำหนดไว้
3. ชั่งน้ำหนักบีกเกอร์ที่มีน้ำคิน
4. คำนวณจากสูตร

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ} = \frac{(\text{น้ำหนักบีกเกอร์ที่มีน้ำคิน}) - (\text{น้ำหนักบีกเกอร์แห้ง})}{\text{ปริมาตรน้ำคินในบีกเกอร์}}$$

ปริมาณสารช่วยกระจายลอยตัว

การทำเนื้อคินปั่นเพื่อการหล่อส่วนมาก เพื่อปรับให้น้ำคินมีความถ่วงจำเพาะเหมาะสมได้ตามที่ต้องการแล้ว จะพบว่าน้ำคินได้มีความหนืดสูงเกินไปน้ำคินข้น และการไหลตัวไม่ดี หากใช้หล่อแบบจะทำให้ยากแก่การเทน้ำคินออกจากแบบ (Drain) และผิวผลิตภัณฑ์ด้านในไม่เรียบ นอกจากนี้ น้ำคินไม่สามารถเก็บรายละเอียดของแบบได้ การปรับความหนืดของน้ำคิน อาจทำได้โดยการเติมน้ำ แต่มีผลให้ความถ่วงจำเพาะต่ำลง จึงไม่ต้องปรับความหนืดโดยวิธีนี้ แต่จะใช้สารเคมีที่มีคุณสมบัติทำให้อนุภาคในน้ำคินเกิดการกระจายลอยตัว (Deflocculation) ที่นำมาใช้ในการทำน้ำคิน คือ Sodium Silicate (Na_2SiO_2) หรือเรียกว่า Water Glass และ Sodium Carbonate (NaCO_2) หรือเรียกว่า Soda ash การหาร้อยละของปริมาณร้อยละของสารช่วยกระจายลอยตัวมี 2 วิธีดังนี้

- คำนวณจากน้ำหนักของสารช่วยกระจายลอยตัวที่ใช้ปรับให้น้ำคินมีการไหลตัวดี โดยคำนวณได้จากสูตร

$$\text{ร้อยละของสารช่วยกระจายลอยตัว} = \frac{(\text{น้ำหนักของสารช่วยกระจายลอยตัวที่ใช้}) \times 100}{\text{น้ำหนักวัตถุคิบแห้ง}}$$

คำนวณจากจำนวนหยด ของสารช่วยกระจายลอยตัวที่ใช้ปรับในน้ำคินมีการไหลตัวดีโดยคำนวณได้จากสูตร

$$\text{ร้อยละของสารช่วยกระจายลอยตัว} = \frac{(\text{จำนวนหยดที่ใช้} \times 0.07) \times 100}{\text{น้ำหนักวัตถุคิบแห้ง}}$$

สูตรนี้มีข้อกำหนด คือ

1. ความหนาแน่นของกระจายลอยตัว = 1.4 g/cc
2. สารช่วยกระจายลอยตัว 1 cc มีจำนวน 20 หยด

จากสูตร การคำนวณหาปริมาณสารช่วยกระจายลอยตัวนี้ ผู้ใช้สามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม เช่น ถ้าเป็นการทำน้ำดินปริมาณมาก สามารถใช้การชั่งน้ำหนักของสารปริมาณสารช่วยกระจายลอยตัวได้ แต่ถ้าเป็นการทดลองที่ต้องใช้ปริมาณน้ำดินที่ไม่มากนัก การชั่งน้ำหนักจะทำได้ลำบาก จึงนิยมใช้การหยดช่วยกระจายลอยตัวแทน

การไหลตัวของน้ำดิน

ลักษณะการไหลตัวของน้ำดินจะเป็นตัวบ่งชี้ว่าน้ำดินมีความหนืด (Viscosity) มากหรือน้อยเพียงใด มีความข้นเหลว (Fluidity) เป็นเช่นไร โดยน้ำดินที่มีการไหลตัวดีมีความเหลวมากจะมีความหนืดต่ำ ซึ่งความหนืดจะมีผลต่อคุณภาพการหล่อแบบดังกล่าวไว้ข้างต้น การวัดความหนืดจะต้องอาศัยเครื่องมือวัดความหนืด (Viscometer) ที่มีหน่วยเป็นพอยส์ (Poise) หรืออาจใช้การวัดอัตราการไหลตัวของน้ำดินที่มีปริมาณตามที่กำหนดว่าใช้เวลาานเท่าใด เครื่องมือที่มีลักษณะเป็นรูปกรวยจับเวลาที่น้ำดินไหลออกจากกรวยหมด มีวิธีการทดสอบ คือ

1. ตวงน้ำดินตามปริมาตรที่ต้องการ ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้น้ำดิน 100 -300cc
2. เทน้ำดินลงในโดยใช้นิ้วอุดรูด้านล่างของกรวยไว้
3. ปล่อน้ำดินให้ไหลทางรูด้านล่างของกรวยพร้อมกับเริ่มจับเวลา
4. สิ้นสุดการจับเวลาเมื่อน้ำดินขาดตอนการไหล
5. บันทึกเป็นอัตราการไหลตัวของน้ำดินว่า น้ำดินมีปริมาตรเท่าใด ใช้เวลานานเท่าใด (cc./s)

อัตราการหล่อ

การทดสอบน้ำดินเพื่อหาอัตราการหล่อ Cast rate หรือ Cast of rate นี้เป็นการทดสอบเพื่อให้ทราบว่าน้ำดินที่มีคุณภาพด้านความหนาแน่นเหมาะสม และมีการไหลตัวดีแล้วนั้นมีสมบัติเกี่ยวกับการใช้ขึ้นรูปกับแบบพิมพ์เป็นเช่นไร ซึ่งอัตราการหล่อจะบอกให้รู้ว่าในเวลาที่กำหนดอนุภาคของวัสดุจะจับตัวที่ผิวแบบได้ ความหนาเท่าใด โดยระยะเวลาและความหนาแน่นนี้จะช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานทราบเป็นเบื้องต้นว่าจะใช้เวลาในการปฏิบัติงานเท่าใด หรือหากเป็นการทดลองผลของอัตราการหล่อแบบที่ทดลองจะได้เป็นตัวตัดสินใจว่าเนื้อดินปั้นสูตรใดเหมาะสมกับการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบมากกว่ากันหรืออาจเป็นข้อมูลเพื่อช่วยให้ผู้ใช้ตัดสินใจเลือกเนื้อดินปั้นสูตรหรือชนิดที่เหมาะสมกับการใช้งานของตนเอง

วิธีการทดสอบการหาอัตราการหล่อแบบ

1. เทน้ำดินที่ต้องการทดสอบลงในพิมพ์ทดสอบให้เต็ม
2. เริ่มจับเวลา
3. เมื่อถึงเวลาที่ต้องการทดสอบจึงเทน้ำดินออกจากพิมพ์ และคว่ำแบบพิมพ์ไว้
4. เมื่อดินที่เกาะแบบพิมพ์หมดให้ใช้มีดวัดความหนาของชั้นดิน
5. บันทึกค่าอัตราการหล่อเป็นนาที ต่อความหนาที่วัดได้จากวิธีทดสอบอัตราการหล่อแบบ

5.1 น้ำดินที่นำมาทดสอบ ต้องปรับความหนาแน่น และการไหลตัวให้ได้ตามความต้องการก่อน และถ้าเป็นการทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลข้อมูล น้ำดินจะต้องมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากัน จึงสามารถเปรียบเทียบอัตราการหล่อที่เวลาเดียวกันได้

5.2 แบบพิมพ์ทดสอบอัตราการหล่อควรเป็นแบบพิมพ์ที่แห้งสนิทในกรณีที่ต้องการเปรียบเทียบผล แบบพิมพ์ต้องมีขนาดรูปร่าง รูปทรง และอุณหภูมิเท่ากัน

5.3 การตัดชั้นดินเพื่อวัดความหนาควรตัดเป็นรัศมีจากจุดศูนย์กลางขึ้นมาเป็นปากแบบพิมพ์ ให้ชั้นดินเป็นรูปสามเหลี่ยม และวัดความหนาบริเวณกลางชั้นดินนั้น โดยตั้งไม้บรรทัดให้ตั้งฉากกับชั้นดินบริเวณที่ทำการวัด

การทดสอบดังกล่าวข้างต้น นอกจากจะได้ค่าอัตราการหล่อแบบแล้ว ยังสามารถทดสอบคุณสมบัติอื่นได้อีกนั้น 8 คือ

- หารเวลาที่ใช้ในการแข็งตัว ซึ่งเป็นค่าที่บอกว่าหลังจากที่เทน้ำดินออกจากแบบแล้ว ต้องใช้เวลานานเท่าใด ชั้นดิน หรือผลิตภัณฑ์ที่ได้จะสามารถแกะออกจากแบบ หรือตัดเพื่อวัดค่าอัตราการหล่อได้

- หาปริมาณน้ำดินอยู่ในชั้น หรือผลิตภัณฑ์ เป็นค่าที่บอกว่าในชั้นดินเมื่อสามารถแกะออกจากแบบหรือตัดเพื่อวัดค่าอัตราการหล่อได้แล้วนั้น มีความชื้นอยู่ในชั้นดินร้อยละเท่าใด ซึ่งค่านี้จะเป็นตัวบ่งชี้การใช้เวลาเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์แห้ง

การหดตัว

การหดตัวหรือ Shrinkage เป็นคุณสมบัติที่นำมาใช้ประกอบการพิจารณาว่าจะต้องทำดินแบบขนาดเท่าใด รูปร่าง รูปทรงเป็นเช่นไร และสามารถคาดเดาได้ว่าเนื้อดินปั้นสูตรนี้มีความละเอียดมากน้อยเพียงใด และมีความแข็งแรงเมื่อแห้งมากหรือน้อย โดยเนื้อดินปั้นที่มีการหดตัวมากมีโอกาที่จะเกิดการบิดเบี้ยวสูง วัสดุดิบมีความละเอียดมาก และเมื่อแห้งมีแนวโน้มว่าจะมีความแข็งแรงสูง ซึ่งการหาค่าหดตัวของเนื้อดินปั้นสามารถหาได้ทั้งการหดตัวในเชิงเส้น (Linear Shrinkage) และการหดตัวเชิงปริมาตร (Volume Shrinkage) โดยทำการทดสอบหาค่า 3 ระยะ คือ

1. การหดตัวเมื่อแห้ง (Drying Shrinkage) เป็นการหาลักษณะของการหดตัวตั้งแต่ เนื้อดินปั้นเริ่มขึ้นรูป หรือหลังจากเทลงในแบบพิมพ์ จนกระทั่งเนื้อดินปั้นแห้งสนิท ซึ่งการหาลักษณะของการหดตัวเชิงเส้นเมื่อแห้ง (Drying Linear Shrinkage) คำนวณได้จากสูตร

$$\% \text{ D.L.S.} = \frac{(\text{ความยาวเมื่อขึ้นรูป} - \text{ความยาวเมื่อแห้ง}) \times 100}{\text{ความยาวเมื่อขึ้นรูป}}$$

2. การหดตัวหลังเผา (Firing Shrinkage) เป็นการหาลักษณะของการหดตัวตั้งแต่ เนื้อดินปั้นแห้งสนิทจนถึงหลังเผาที่อุณหภูมิที่กำหนด ซึ่งการหาลักษณะของการหดตัวเชิงเส้นหลังเผา (Firing Linear Shrinkage) คำนวณได้จากสูตร

$$\% \text{ F.L.S.} = \frac{(\text{ความยาวเมื่อแห้ง} - \text{ความยาวหลังเผา}) \times 100}{\text{ความยาวเมื่อแห้ง}}$$

3. การหดตัวรวม (Total Shrinkage) เป็นการหาร้อยละของการหดตัวตั้งแต่เนื้อดินปั้นเริ่มขึ้นรูปถึงหลังเผาตามอุณหภูมิที่กำหนด ซึ่งการหาร้อยละของการหดตัวเชิงเส้นรวม (Total Linear Shrinkage) คำนวณได้จากสูตร

$$\% \text{ T.L.S.} = \frac{(\text{ความยาวเมื่อขึ้นรูป} - \text{ความยาวหลังเผา}) \times 100}{\text{ความยาวเมื่อขึ้นรูป}}$$

$$\text{หรือ } \% \text{ T.L.S.} = (\% \text{ D.L.S.}) + (\% \text{ F.L.S.})$$

ส่วนการทดสอบเพื่อหาค่าการหดตัวเชิงปริมาตรจะต้องวัดปริมาตรของเนื้อดินปั้นที่ขึ้นรูปเป็นรูปเต๋า โดยวัดปริมาตรเมื่อแห้ง และปริมาตรหลังเผาแล้วนำมาแทนค่า เพื่อคำนวณในลักษณะเดียวกับการหาร้อยละการหดตัวเชิงเส้น นอกจากนี้ยังสามารถหาร้อยละของการหดตัวเชิงปริมาตรจากร้อยละของการหดตัวเชิงเส้นที่มีอยู่ได้ โดยคำนวณจากสูตร

$$\% \text{ V.S.} = \frac{1 - (1 - \% \text{ L.S.})^2 \times 100}{100}$$

ค่าที่คำนวณได้ข้างต้น (ร้อยละของการหดตัวเชิงปริมาตร) จะมีค่ามากกว่าร้อยละของการหดตัวเชิงเส้น ประมาณ 3 เท่า ($\% \text{ V.S.} = 3\% \text{ L.S.}$)

ความแข็งแรง

การหาค่าความแข็งแรง (Strength) เป็นการหาค่าความสามารถในการต้านทานแรงที่มากระทำจนกระทั่งเนื้อดินปั้นเปลี่ยนรูปทรง หรือแตกหัก ซึ่งการทดสอบความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์แบ่งเป็นหลายชนิด ตามลักษณะของแรงที่มากระทำเช่น ความแข็งแรงต่อแรงดึง (Tensile Strength) ความแข็งแรงต่อแรงกระแทก (Impact Strength) ความแข็งแรงต่อแรงอัด (Bending Strength) โดยการทดสอบเป็นค่าโมดูลัสของการแตกหัก (Modulus of Rupture หรือ MOR หรือ M of R) โดยมีวิธีการทดสอบ ดังนี้

1. นำแท่งทดสอบไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง
2. หลังอบแห้งทดสอบ ทิ้งไว้ให้เย็น และนำเข้าเครื่องดูความชื้น (Decicator) นาน 24 ชั่วโมง
3. นำแท่งทดสอบมาหาแรงสูงสุด ที่ทำให้แท่งทดสอบหัก โดยใช้เครื่องทดสอบ
4. นำค่าที่ได้มาคำนวณตามสูตร

4.1 กรณีแท่งทดสอบเป็นทรงกระบอก ใช้สูตร

$$MOR = \frac{BWL}{\pi D^2}$$

4.2 กรณีแท่งทดสอบเป็นแท่งสี่เหลี่ยม ใช้สูตร

$$MOR = \frac{BWL}{2bd^2}$$

โดย W = แรงกดที่ทำให้แท่งทดสอบหัก

L = ความกว้างของบารอง

b = ความกว้างของแท่งทดสอบบริเวณที่หัก

d = ความหนาของแท่งทดสอบบริเวณที่หัก

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งทดสอบบริเวณที่หัก

การทดสอบหาค่าความแข็งแรงนี้มีหน่วยที่ได้เป็น ปอนด์ต่อตารางฟุต (lb/ft^2) หรือนิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2) หรือกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (kg/cm^2) ตามหน่วยที่เราได้วัด แต่มีของควรถามถึงในการทดสอบเพื่อหาค่าความแข็งแรง คือ แท่งทดสอบจะต้องแห้งสนิทไม่มีความชื้นและไม่มีความชื้นในเนื้อดิน ซึ่งจะมีผลทำให้การทดสอบที่ได้คลาดเคลื่อน ดังนั้นการทดสอบเพื่อหาค่าความแข็งแรงจึงนิยมทำ โดยใช้แท่งทดสอบจำนวนหลายแท่ง และหาค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงเพื่อให้ได้ผลที่ใกล้เคียงความจริงมากที่สุด ซึ่งการทดสอบความแข็งแรงจะเป็นตัวควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยค่าความแข็งแรงเพื่อจะเป็นตัวบ่งชี้ทางอ้อมถึงคุณสมบัติด้านความเหนียวของเนื้อดินปั้นเพราะเนื้อดินปั้นที่มีความเหนียวสูง จะมีความแข็งแรงเมื่อแห้งสูงด้วย นอกจากนี้ความแข็งแรงหลังเผาจะเป็นตัวบ่งชี้ว่าผลิตภัณฑ์ผ่านการเผาที่อุณหภูมิถูกต้องหรือไม่

การดูดซึมน้ำหลังเผา (Water Absorption)

การทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำหลังเผาเป็นการวัดปริมาณรูพรุนเปิดที่ผิวของผลิตภัณฑ์ โดยการหาปริมาณน้ำที่เข้าไปแทนที่รูพรุนเปิด ซึ่งค่าการดูดซึมน้ำหลังเผาจะทำให้เราทราบว่าเนื้อดินมีจุดสุกตัวเป็นอย่างไร ดังเช่น หากเนื้อดินยังมีการดูดซึมน้ำสูง แสดงว่า เราสามารถเผาเนื้อดินดังกล่าวที่อุณหภูมิสูงขึ้นได้อีก และค่าการดูดซึมน้ำหลังเผาเป็นข้อมูลหนึ่งที่จะทำให้เราทราบว่าผลิตภัณฑ์นั้นเป็นเนื้อดินปั้นชนิดใด

การทดสอบหาการดูดซึมน้ำหลังเผา

1. อบชิ้นทดลองที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง
2. หลังอบ ปล่อยให้ชิ้นทดลองเป็นตัวอย่างน้ำหนักก่อนต้ม

3. ต้มขึ้นทดลองในน้ำกลั่นนาน 4 ชั่วโมง และแช่ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง
4. เช็ดผิวขึ้นทดลองด้วยผ้าแห้ง และชั่งน้ำหนักหลังต้ม
5. คำนวณตามสูตร

$$\text{ร้อยละของการดูดซึมน้ำหลังเผา} = \frac{(\text{น้ำหนักหลังต้ม} - \text{น้ำหนักก่อนต้ม}) \times 100}{\text{น้ำหนักก่อนต้ม}}$$

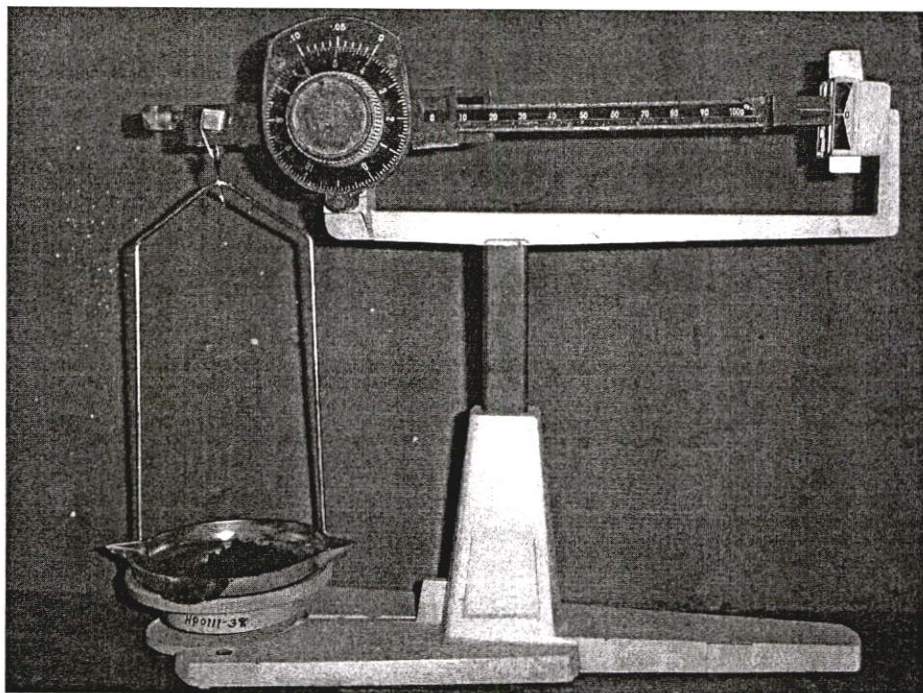
ระยะทนไฟ (Sagging)

ค่าระยะทนไฟจากการทดสอบ (Sagging) จะเป็นตัวบ่งชี้ความสามารถของผลิตภัณฑ์หรือเนื้อดินปั้น ที่จะเกิดการบิดเบี้ยวโค้งงอ (Warping) โดยการหาค่าระยะการจมตัวของแท่งทดสอบที่วางบนบารอง และวัดระยะการจมตัว หรือช่วงท้องช่วงที่เกิดหลังการเผาในอุณหภูมิการเผาเคลื่อนค่าที่ได้หน่วยเป็นเซนติเมตร

สีและความเหมาะสม

การพิจารณาสีหลังเผา จะเป็นข้อมูลช่วยให้สามารถตัดสินใจเลือกเนื้อดินปั้น ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์

ในการทดลองสมบัติทางกายภาพ เมื่อแห้งและหลังเผาดังต่อไปนี้ คือ อัตราการหล่อ การหดตัวก่อนเผา การหดตัวหลังเผา การหดตัวรวม การดูดซึมน้ำ ความทนไฟ และสีหลังการเผา



ภาพที่ 2.10 เครื่องชั่งในงานการผลิตเครื่องปั้นดินเผา

2.2.6 เตาและการเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

เตาเผา นับว่าเป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นและสำคัญอย่างยิ่ง ในการทำอุตสาหกรรมต่าง ๆ หลายประเภท โดยเฉพาะเครื่องปั้นดินเผา อาจจะกล่าวได้ว่าเป็นหัวใจของงาน ซึ่งความสำเร็จทั้งหลายจะขึ้นอยู่กับเตาเป็นสำคัญ

การทำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาในระยะแรกนั้นอาศัยใช้วิธีการผึ่งแดด (Sun Dried) มาก่อน ครั้นต่อมาเมื่อมนุษย์ได้พบว่า ดินที่ถูกความร้อนโดยการเผาทำให้มีลักษณะแข็งแรงและคงทนดีกว่า จึงได้นำเอาความคิดดังกล่าว นำเอาผลิตภัณฑ์ไปเผาไฟ ในสมัยแรก ๆ โดยเอาผลิตภัณฑ์ทรงบนพื้นดินแล้วใช้เศษหญ้า กิ่งไม้ ใบไม้ มาสุบบนผลิตภัณฑ์ก่อนข้างดีขึ้น กลายเป็นที่รู้จักแพร่หลายทั้งไปในสมัยคริสตกาล

ความรู้เกี่ยวกับการเผาผลิตภัณฑ์ได้วิวัฒนาการไปตามลำดับจนกระทั่งมนุษย์เรามีความสามารถรู้จักควบคุมความร้อนได้เป็นครั้งแรก ด้วยการขุดหลุม ขุดอุโมงค์ และทำให้สามารถเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาจำนวนมากในอุณหภูมิต่ำดีกว่าแต่ก่อนและได้แก้ไขดัดแปลงมาตามลำดับ

ครั้งต่อมาเมื่อมนุษย์เราได้เจริญขึ้นมีความรู้ความเข้าใจมากขึ้น รู้จักทำอิฐ และสามารถผลิตอิฐชนิดที่ทนความร้อนได้ในอุณหภูมิสูงที่มีคุณภาพดีตามลำดับ จึงได้มีการออกแบบสร้างเตาเผาขึ้น (Kiln Design) ตลอดจนหาวิธีการใช้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ ตามความเหมาะสม และมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ปัจจุบันอาจกล่าวได้ว่า ความรู้เกี่ยวกับเตาเผาได้ประสบความสำเร็จและสามารถเผาได้ในอุณหภูมิสูง และสามารถควบคุมการเผาให้เป็นไปตามประสงค์ในการเผาผลิตภัณฑ์ ตลอดจนการสร้างเตาเผาชนิดที่เผาผลิตภัณฑ์ได้ตลอดเวลาที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรม

เตาเผาที่ใช้ในการเผาผลิตภัณฑ์โดยทั่วไปนั้น มีอยู่หลายแบบหลายชนิด อาจจำแนกแบ่งตามเชื้อเพลิงที่ใช้เผาก็ได้ แบ่งตามหน้าที่การใช้งาน แบ่งตามรูปร่างลักษณะของเตา หรือแบ่งตามทางลมร้อนขึ้น หรือลมร้อนลง แต่ทั้งนี้ย่อมขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ และผู้ออกแบบและความเหมาะสมเป็นหลักสำคัญ

ชนิดของเตา

การแบ่งตามหน้าที่การใช้งาน ซึ่งมักจะจำแนกออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. เตาเผาชนิดเผาครั้งคราว (Periodic Kiln) อาจเป็นเตาเผาชนิดไหนก็ได้ แต่การเผาเป็นครั้งคราวไม่ติดต่อกัน โดยรอผลิตภัณฑ์เต็มเตาจึงจะเผา และปล่อยระยะเวลาให้เตาเย็นเสียก่อน จึงจะเผาใหม่ จึงจะมีการบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตาใหม่ เป็นเตาที่เหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมภายในครอบครัว งานปั้นคว่ำวิจิตร งานทดลองต่าง ๆ

2. เตาเผาชนิดกึ่งถาวร (Semi Continuous Kiln) เป็นเตาเผาชนิดก่อนข้างจะเผาติดต่อกันไปเมื่อเผาเสร็จแล้วก็พร้อมที่จะเผาต่อไปอีก โดยไม่ต้องรอให้เตาเย็น เป็นการประหยัดเชื้อเพลิงไปในตัว แต่ข้อสำคัญต้องผลิตงานป้อนให้ทันและเพียงพอ จึงจะสมดุลกับเตาเผาชนิดนี้

3. เตาเผาชนิดถาวร (Continuos Kiln) เป็นเตาเผาชนิดเผาติดต่อกันตลอดเวลา 24 ชั่วโมง ไม่มีเวลาหยุดเลย ทำการเผาติดต่อกันไป เป็นเตาเหมาะสำหรับ กำทำอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ได้แก่ เตาอุโมงค์ (Tunnel Kiln) เป็นเตาที่มีระบบการควบคุมอย่างดีลงทุนสูง และเทคนิคมาก

แบ่งตามลักษณะทางเดินลมร้อน ซึ่งหมายถึง ความร้อน ภายในเตาที่ถูบังคับให้เป็นไปตามทิศทางความต้องการ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ชนิด กล่าวคือ

1. เตาเผาชนิดทางเดินลมร้อนเดินตรงหรือเอียงขึ้นเล็กน้อย (Horizontal Kiln) เตาชนิดนี้ นิยมสร้างกันมากในสมัยแรก ๆ เป็นเตาที่มีรูปร่างลักษณะยาว โดยให้ความร้อนจากปากเตาวิ่งผ่าน ภาชนะ ที่เรียงกันภายในเตาออกไปต่อ ผลผลิตกันส่วนใหญ่ของเตาชนิดนี้ ได้แก่ โอง ไห อ่าง ขนาดใหญ่ และเผาได้จำนวนมาก

2. เตาเผาชนิดทางเดินลมร้อนลง (Down Draft Kiln) เป็นเตาที่สร้างขึ้นให้ความร้อนไหล หมุนเวียนภายในเตา แล้วไหลออกสู่ปล่อง ทำให้เพิ่มความร้อนภายในเตาสูงขึ้น การลงทุนสร้าง เตาชนิดนี้นับว่า ค่อนข้างสูงและเทคนิคมาก การใช้อิฐทนไฟก็จะเลือกพิจารณาให้เหมาะสมเตาชนิดนี้ เป็นที่นิยมมาก สำหรับทำผลิตภัณฑ์ชนิดที่เตาอุณหภูมิสูง

3. เตาเผาชนิดทางเดินลมร้อนขึ้น (Up Draft Kiln) เป็นเตาที่สร้างขึ้นให้ความร้อนไหลขึ้น ผ่านผลิตภัณฑ์สู่ปล่องโดยตรง การสร้างง่าย และสะดวก ราคาไม่สูงแพงมากนักสิ่งสำคัญที่ควรทำ ให้ความร้อนสม่ำเสมอ คือ การเรียงตะกรับไว้หลายชั้นนับว่าสำคัญ ซึ่งจะช่วยให้ความร้อนไม่ไหล เร็วจนเกินไป จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์สุก ความร้อนสม่ำเสมอไปทั่วเตา

แบ่งตามรูปร่างลักษณะของเตา หมายถึง เตาที่มีรูปร่างต่าง ๆ เช่น เตากลม เตาเหลี่ยม เตา แผลงป่อง เตาจีน ในสมัยโบราณของไทย เตาที่เผาผลิตภัณฑ์มีชื่อ เรียกว่า เตาเรียง เตาเวียงกาหลง เป็นต้น ในสมัยแรก ๆ ใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง ต่อมาภายหลังใช้น้ำมัน ไม้แก๊ส ไฟฟ้า ถ่านหินแกลบ โดยดัดแปลงให้เหมาะสมกับเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ ทำให้ในปัจจุบัน มีเตาใช้งานชนิดที่มีคุณภาพดีและ ประสิทธิภาพดีขึ้นตามลำดับ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 134 – 144)

ในการนำเสนอ จะนำเสนอ เฉพาะเตาเผาผลิตภัณฑ์ เครื่องปั้นดินเผาที่แบ่งตามชนิดของ เชื้อเพลิง 2 ชนิด คือ เตาไฟฟ้า และเตาแก๊ส

4. เตาเผาไฟฟ้า เป็นเตาที่มีผู้ให้ความสนใจ และนิยมใช้กันมากในปัจจุบัน โดยเฉพาะ สถานศึกษาและโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาขนาดเล็ก เนื่องจากมีความสะดวกสบาย ในการใช้งาน เพราะควบคุมการเผาได้ง่ายและมีความปลอดภัยสูง เตาได้ตั้งแต่อุณหภูมิต่ำไป จนกระทั่งอุณหภูมิสูง และสามารถเร่งอุณหภูมิให้เพิ่มขึ้นช้า – เร็ว ได้ตามความต้องการ ไม่มีเปลวไฟ เพราะใช้ขดลวดต้านทานในการเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าให้เป็นความร้อน ไม่มีควัน ทำให้เผาได้อย่าง สะอาดที่สุด แต่สามารถเผาได้ในเฉพาะบรรยากาศออกซิเดชันเท่านั้น

5. เตาแก๊ส เป็นเตาที่นิยมใช้ใน โรงงานอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาเพราะมีความสะดวก ต่อการใช้งานประหยัดเชื้อเพลิง ปลอดภัย เตาได้ในอุณหภูมิสูง และเป็นเตาที่ค่อนข้างสะอาด เตาแก๊สใช้กันอยู่ทั่วไป 2 ชนิด คือ ชนิดทางเดินลมร้อนขึ้น และชนิดทางเดินลมร้อนลงซึ่งเตาแก๊ส

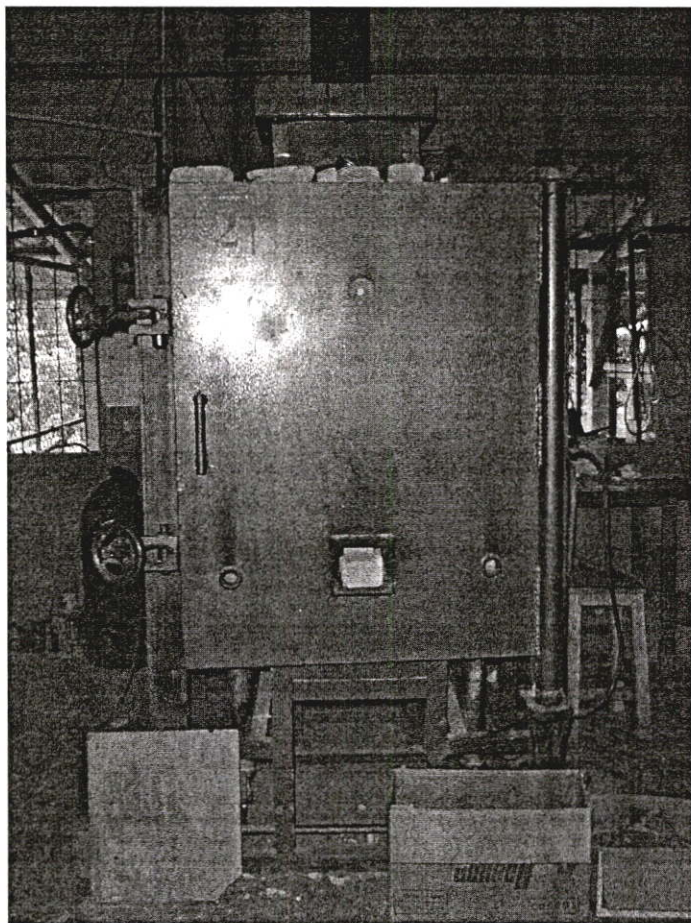
ชนิดทางเดินลมร้อนขึ้นจะสามารถเผาได้อุณหภูมิต่ำกว่าเตาแก๊สชนิดทางเดินลมร้อนลง แต่เตาแก๊สทั้ง 2 ชนิด สามารถเผาได้ทั้งบรรยากาศแบบออกซิเดชัน และแบบรีดักชัน

บรรยากาศในการเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา (Kiln Atmosphere) (ทวี พรหมพฤษย์. 2525 : 1 – 2)

การเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผานั้น มีบรรยากาศการเผาอยู่ 2 แบบ คือ แบบรีดักชัน และแบบออกซิเดชัน ซึ่งการเผาโดยใช้บรรยากาศเป็นแบบใดนั้น ขึ้นอยู่กับประเภทของเตาเผาและเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผา รวมถึงลักษณะวิธีการเผา ซึ่งการเผาแต่ละแบบจะมีลักษณะที่แตกต่างกันดังต่อไปนี้

1. การเผาแบบออกซิเดชัน เป็นการเผาที่มีการเผาสันดาปสมบูรณ์การเผาไหม้หมดจด ไม่มีกลุ่มควัน และเขม่าอยู่ในห้องเผาไหม้ของเตา (Fire Box) เพราะออกซิเจน (Oxygen) และเชื้อเพลิงที่ใช้มีความเหมาะสมกันดี เตาเผาที่สามารถเผาบรรยากาศออกซิเดชันได้ดีที่สุด คือเตาไฟฟ้า

2. การเผาแบบรีดักชัน เป็นการเผาไหม้ที่มีการสันดาปไม่สมบูรณ์ โดยมีออกซิเจนที่ใช้ในการเผาน้อยกว่าปกติ ทำให้การเผาไหม้ไม่หมดจด ซึ่งจะมีผลต่อการให้สีของสารบางตัว เช่น การเผา คอปเปอร์ออกไซด์ (Copper Oxide) ถ้าเผาในบรรยากาศแบบรีดักชันจะให้สีแดง ส่วนเหล็กออกไซด์ ถ้าเผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชันจะให้สีน้ำตาล หากเผาในบรรยากาศแบบรีดักชันจะให้สีเขียว เป็นต้น ดังนั้นบรรยากาศในการเผาจึงมีผลต่อสีของเนื้อดิน และน้ำเคลือบได้ การเผาบรรยากาศแบบรีดักชัน จะกระทำได้โดยใช้เตาเผาชนิดที่ใช้ น้ำมัน แก๊ส และฟืนเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้



ภาพที่ 2.11 เตาเผาในงานเครื่องปั้นดินเผา

2.2.7 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการหล่อทิมพ์ (Slip Casting)

น้ำเนื้อดินปั้นทุกชนิดที่ใช้สำหรับขึ้นรูปโดยวิธีเทแบบมีคุณสมบัติไหลตัวได้ดี มีปริมาณเปอร์เซ็นต์ของแข็งสูง กระจายลอยตัวปกติแล้วใช้น้ำ โดยมีสารเคมีเป็นตัวช่วยทำให้เกิดการกระจายลอยตัวได้ดี การเทแบบเป็นวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยการเทน้ำเนื้อดินปั้นลงไปในแบบ ซึ่งเป็นรูปร่างของผลิตภัณฑ์ตามต้องการ ความหนาของผลิตภัณฑ์จะค่อยๆ ก่อตัวขึ้น เมื่อแบบที่ใช้เริ่มดูดของเหลวเข้าสู่เนื้อแบบเนื้อผลิตภัณฑ์เริ่มด้วยความเหนียวเกาะกัน และเริ่มแข็งขึ้นเรื่อยๆ หลังจากปล่อยให้แห้งและออกจากแบบ อบให้แห้งสนิทแล้วจึงนำไปเผาเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จ

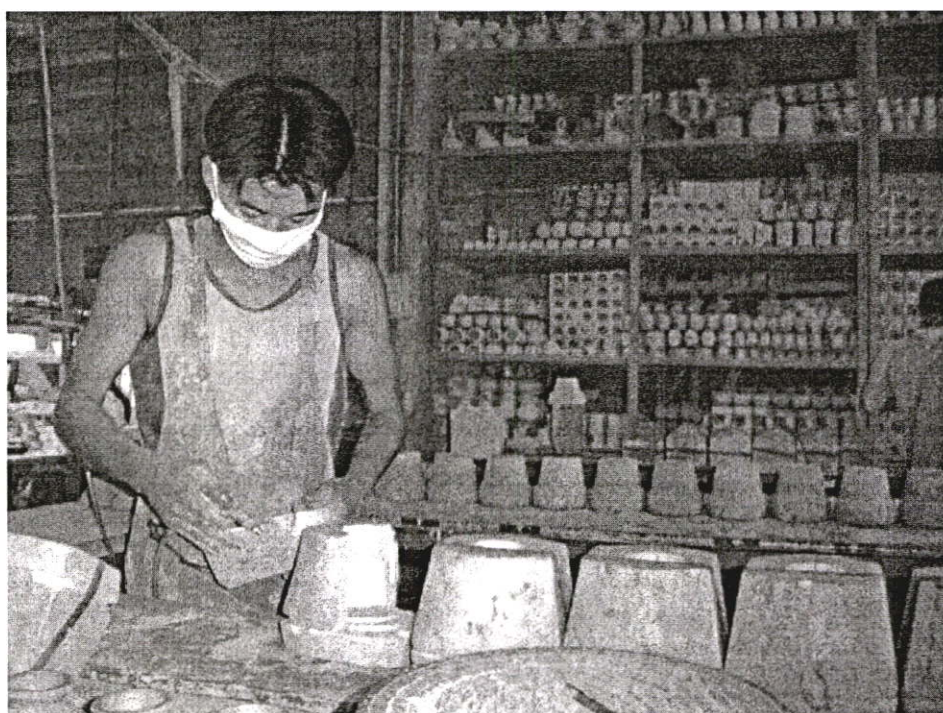
การหล่อเป็นรูปภาชนะต่าง ๆ ด้วยวิธีนี้ต้องมีแบบ ทำด้วยปูนปลาสเตอร์เพราะมีคุณสมบัติดูดซึมน้ำดี และเนื้อดินปั้นที่จะใช้ต้องเป็นน้ำดินชั้น ๆ มีน้ำอยู่ประมาณไม่เกินร้อยละ 40 น้ำดินในช่วงนี้ต้องมีความเหลวพอดี ไม่เหลวหรือข้นจนเกินไป เนื้อดินปั้นควรลอยตัวอยู่กับน้ำ ไม่จมนอนกันเร็วเกินไป ก่อนที่จะหล่อเป็นภาชนะต่าง ๆ ต้องผูกแบบปูนปลาสเตอร์ให้แน่นแล้วเทน้ำดินลงไปในแบบให้เต็ม แบบก็จะดูดน้ำในเนื้อดินปั้น ซึมเข้าไปในแบบ เนื้อดินปั้นจะเกาะติดกับเนื้อแบบน้ำในเนื้อดินปั้นในแบบจะขุ่นน้อยลงไป ต้องคอยเติมน้ำเนื้อดินปั้นให้เต็มแบบเสมอ เราจะ

สังเกตเห็นว่าเนื้อดินปั้นที่เกาะติดอยู่กับแบบ ถ้ามีความหนาพอ ตามความต้องการสมส่วนกับภาชนะที่จะทำ แล้วเทน้ำเนื้อดินปั้นออกจากแบบให้หมด การหล่อแบบวิธีนี้ใช้เวลาประมาณ 5 – 15 นาที เมื่อเทน้ำดินออกหมดทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที เนื้อดินปั้นจะเกาะติดกับแบบปูนปลาสเตอร์จะแห้งหลุดตัวออกจากแบบเป็นรูปภาชนะตามต้องการ (อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา : 28 – 29)

การหล่อสลิปที่นิยมทำกันมี 2 วิธี คือ

1. การหล่อสลิปแบบกลวง (Drian Casting) หมายถึงการหล่อเมื่อได้ความหนาพอสมควรของผลิตภัณฑ์ก็เทน้ำสลิปออกจากพิมพ์ เทคนิคในการเทสลิปต้องค่อย ๆ เทและคว่ำไว้จนหมด สลิปในแบบ มิฉะนั้นจะทำให้ผิวภายในขรุขระ พิมพ์ที่ใช้อาจเป็นพิมพ์ชิ้นเดียว หรือหลาย ๆ ชิ้นก็ได้

2. การหล่อสลิปแบบตัน (Solid Casting) หมายถึง การหล่อสลิปลงในพิมพ์ให้เป็นแท่งตัน ข้อแตกต่างกันคือ จะต้องทำแบบพิมพ์ไม่เหมือนกับแบบกลวง พิมพ์แบบนี้จำกัดความหนาของผลิตภัณฑ์ นิยมใช้ในการหล่อจานแปล เครื่องสุขภัณฑ์ต่าง ๆ (ทวิ พรหมพฤษย์. 2532 : 43)



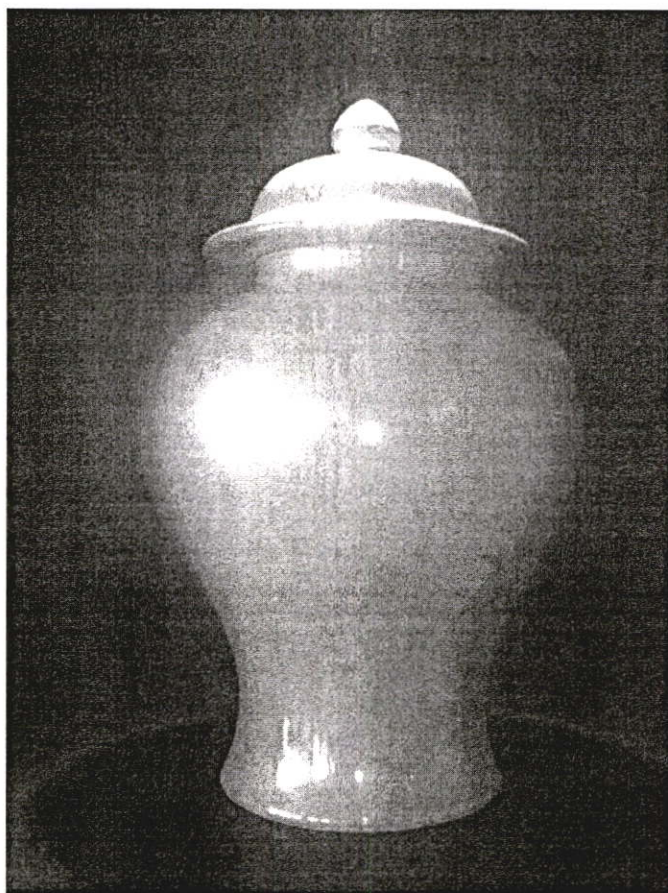
ภาพที่ 2.12 การแกะผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาออกจากพิมพ์

แบบปูนปลาสเตอร์ ในการทำแบบปูนปลาสเตอร์นั้นใช้น้ำผสมลงไปแบบปูนปลาสเตอร์ประมาณร้อยละ 50 – 55 โดยน้ำหนักซึ่งใช้ขึ้นรูปแบบหล่อพิมพ์

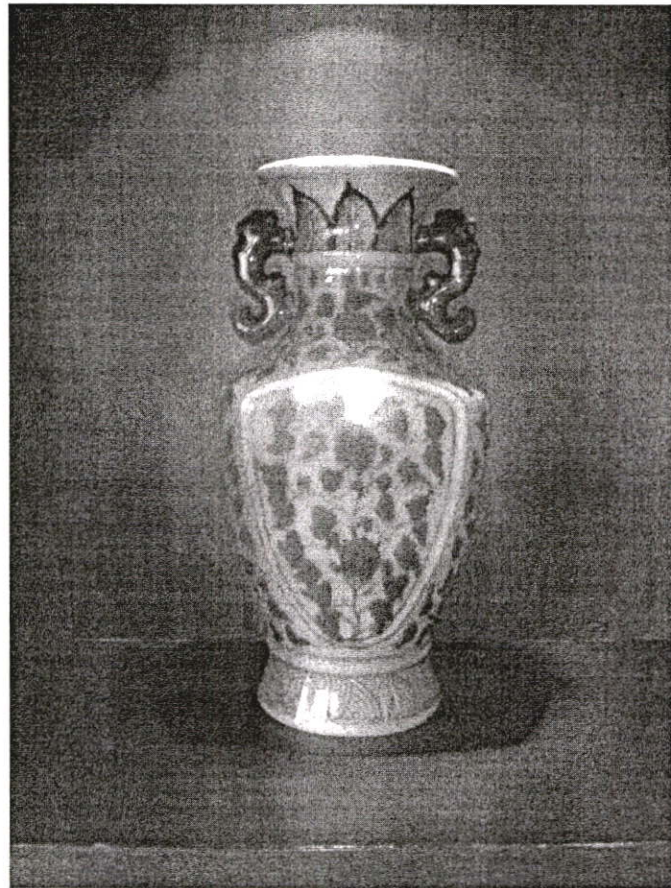
- การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยใบมีด (Jiggering) การขึ้นรูปด้วยวิธีนี้ต้องมีแบบเหมือนกัน แต่ต้องทำพิมพ์ และแบบบนเป็นหมุน การขึ้นรูปด้วยวิธีนี้นิยมใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ประเภท ถ้วยกาแฟ จาน ชาม เป็นต้น

- การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีอิสระ (Free Hand) หรือการปั้นด้วยมือเป็นการให้มีรูปเหมือนของจริง หรือเป็นการปั้นภาชนะเครื่องใช้ต่าง ๆ ด้วยมือ เป็นการปั้นที่ใช้ในการทำ แม่แบบ เพื่อไปทำแบบปูนปลาสเตอร์ โดยใช้ไม้เป็นเครื่องมือสำหรับตีให้เป็นรูปร่างกลม หรือแบน

- การขึ้นรูปด้วยพิมพ์อัด การขึ้นรูปด้วยวิธีนี้ต้องมีแบบซึ่งนิยมทำเป็นแบบขึ้นเดียว และมีความหนาไม่มาก การขึ้นรูปด้วยวิธีนี้นิยมทำพวกกระเบื้อง อิฐ กระเบื้องมุงหลังคา อิฐโชว์ เป็นต้น



ภาพที่ 2.13 ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่ใช้วิธีการหล่อพิมพ์



ภาพที่ 2.14 ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผารูปทรงแบบต่าง ๆ ที่ได้จากการหล่อแบบพิมพ์

2.2.8 เนื้อดินปั้นสโตนแวร์

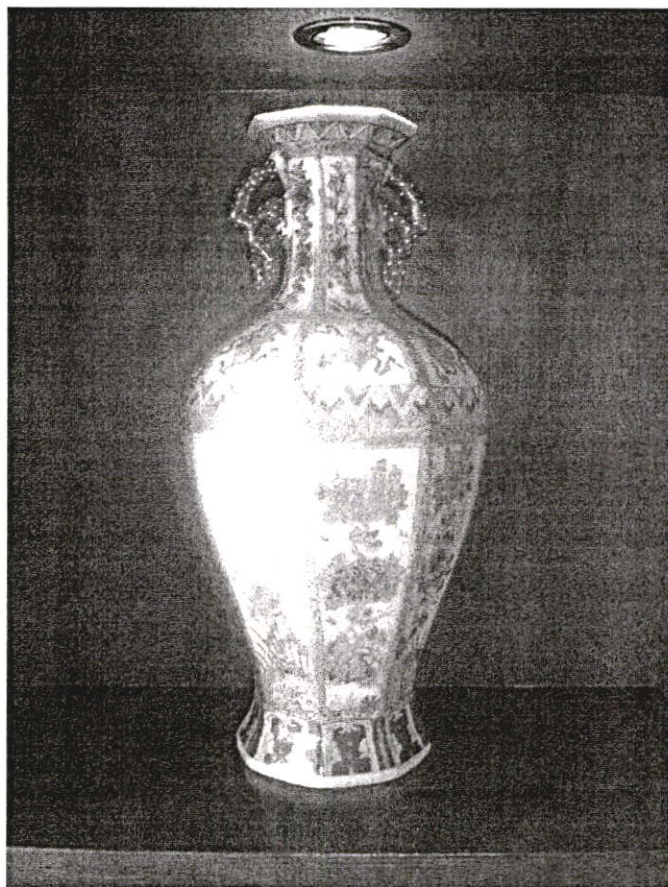
เนื้อดินปั้นสโตนแวร์ มีลักษณะคล้ายเอิทเทนแวร์ แต่เผาในอุณหภูมิสูงไม่ต่ำกว่า 1,200 องศาเซลเซียส วัตถุประสงค์ที่ใช้ต้องมีความทนไฟสูง และมีความเหนียว เนื้อดินปั้นอาจเตรียมได้จากดินเหนียวที่ขุดมาจากธรรมชาติ แล้วนำไปปั้นโดยตรง โดยไม่ต้องผสมวัตถุดิบอื่น ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากดินธรรมชาตินี้ได้แก่ ผลิตภัณฑ์โอ่งราชบุรี เนื้อดินอีกชนิดหนึ่งเตรียมโดยใช้ดินผสมกับวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ เช่น หินฟันม้า และควอตซ์ นำมาผสมในอัตราส่วนที่เหมาะสมผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อดินปั้นที่เตรียมขึ้นใหม่นี้ ได้แก่ ภาชนะใส่อาหาร จาน ชาม ถ้วยกาแฟ และเครื่องประดับ เป็นต้น เนื้อดินปั้นสโตนแวร์ เมื่อผ่านการเผาในอุณหภูมิแล้วเนื้อดินปั้นที่ได้จะมีสีต่างกัน ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมเนื้อดินปั้นมีความเหนียวสูงขณะยังไม่ผ่านการเผาจะแข็งแรง ไม่เปราะแตกหักง่าย เพราะใช้ส่วนผสมสูง

จากเอกสารตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเนื้อดินสโตนแวร์ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จึงพอสรุปได้ว่า เนื้อดินปั้นสโตนแวร์มีลักษณะดังต่อไปนี้

1. เป็นเนื้อดินปั้นที่ได้จากธรรมชาติ หรืออาจได้จากการเตรียมขึ้นมาใหม่
2. สามารถทนความร้อนได้สูง อุณหภูมิตั้งแต่ 1,200 องศาเซลเซียสขึ้นไป

3. การหัดตัวก่อนเผาอยู่ระหว่างร้อยละ 5 ถึง 10 และการหัดตัวหลักการเผาระหว่างร้อยละ 8-18
4. การดูดซึมน้ำอยู่ระหว่าง ร้อยละ 5-8
5. เนื้อผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาถึงจุดสุดท้ายจะมีเนื้อแน่น แข็งแกร่ง ทึบแสง น้ำไม่สามารถดูดซึมผ่านได้ เมื่อเคาะจะมีเสียงดังกังวาน

สีของเนื้อผลิตภัณฑ์จะไม่ขาว แต่จะมีสีแตกต่างกันออกไป ซึ่งขึ้นอยู่กับแร่ธาตุที่ผสมอยู่ในเนื้อดิน และบรรยากาศในการเผาผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 2.15 ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผารูปทรงแบบต่าง ๆ ที่ได้จากการหล่อแบบพิมพ์ (2)

2.2.9 การควบคุมน้ำดินและการควบคุมคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเทแบบ

การจะทำให้ได้น้ำดิน และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเทแบบที่มีคุณภาพและมีคุณสมบัติดีสม่ำเสมอ มีหลายสิ่งหลายอย่างที่จะต้องพิจารณา คือ

1. อัตราส่วนผสมระหว่างวัตถุดิบที่มีความเหนียว เช่นดินกับวัตถุที่ไม่มีความเหนียว เช่นหินฟันม้า หินเขี้ยวหนุมาน อัตราส่วนนี้มีความสำคัญ คือทำให้เราทราบคุณสมบัติของน้ำดิน

แต่อย่างไรก็ดี คุณสมบัติผลิตภัณฑ์หลังจากตากแห้ง และหลังจากเผาแล้วจะเป็นตัวควบคุมอัตราส่วนนื้ออยู่ ซึ่งจะไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงนัก อัตราส่วนนื้ออยู่ระหว่าง 0.83-1.10

2. ชนิดและปริมาณดินขาวที่ใช้ก็มีความสำคัญ การใช้ดินขาวที่มีเม็ดหยาบ ผนึ่งของผลิตภัณฑ์ในขณะเทแบบจะมีรูพรุนมากและมีขนาดใหญ่ จึงทำให้การดูดซึมเป็นไปได้ดี ซึ่งเป็นผลทำให้การเทแบบเป็นไปได้อย่างรวดเร็วแต่มีข้อเสียคือ ผลิตภัณฑ์ขณะถอดออกจากแบบไม่ค่อยแข็งแรง และมีโอกาสเสียรูปร่างได้ง่าย สำหรับดินขาวที่มีเม็ดละเอียดก็จะให้ผลตรงข้ามกับที่กล่าวมาแล้ว

3. บอลล์เคลย์ที่ใช้ในการขึ้นรูปโดยวิธีหล่อแบบ สมบัติต่างๆ มักจะไม่สม่ำเสมอ เป็นต้นว่า ขนาดของเม็ดดิน ปริมาณของอินทรีย์สาร ปริมาณเกลือแร่ที่ละลายน้ำได้

4. อัตราส่วนระหว่างดินขาวกับบอลล์เคลย์ที่ใช้ก็มีความสำคัญ การใช้บอลล์เคลย์มาก อัตราส่วนเร็วในการหล่อแบบจะช้า ในทางตรงกันข้าม การใช้ดินขาวมากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหล่อแบบไม่แข็งแรงและเสียรูปร่างได้ง่าย และยังทำให้น้ำดินมีการไหลตัวไม่ค่อยดี

5. ขนาดของวัตถุดิบและการกระจายตัวของมันก็มีความสำคัญมากเช่นกัน โดยบังเอิญที่ระบบการเรียงตัวของอนุภาคของวัตถุไม่มีความเหนียว ดินขาว และบอลล์เคลย์ มีการเรียงตัวอัดกันแน่นพอสมควร จึงเป็นผลดีต่อการขึ้นรูปโดยวิธีหล่อแบบ

2.3 หลักการออกแบบเครื่องปั้นดินเผา

2.3.1 การออกแบบเครื่องปั้นดินเผา

เครื่องปั้นดินเผามีความสัมพันธ์กับมนุษย์มานาน ในชีวิตประจำวัน ดังนั้นการออกแบบรูปทรงเครื่องปั้นดินเผา จึงยึดหลักหน้าที่ใช้สอย (Function) ทำให้รูปทรงภาชนะบางชนิดในอดีตและปัจจุบันไม่เปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนแปลงน้อยมาก เช่น รูปทรงของภาชนะใส่อาหาร การออกแบบได้พัฒนามาโดยมีสภาพของสังคมมนุษย์เป็นสาเหตุสำคัญ คือ

1. ประชากรเพิ่มขึ้น สังคมขยายของเขต กว้างขึ้นความต้องการผลผลิตเครื่องปั้นดินเผามีมาก ตามไปด้วย

2. ความกว้างหน้าด้านเทคโนโลยีและวัสดุสามารถตอบการออกแบบและวิธีการผลิตได้มาก

3. การออกแบบในปัจจุบัน สนองความต้องการของสังคมส่วนใหญ่มากกว่าศาสนาหรือสังคมชั้นสูง

4. ประชากรส่วนใหญ่ นิยมการออกแบบที่มีลักษณะเรียบง่าย สะดวกประหยัด และชอบเปลี่ยนแปลงรูปทรงของการออกแบบนั้น ๆ เสมอ

2.3.2 ประเภทของการออกแบบเครื่องปั้นดินเผา

การออกแบบเครื่องปั้นดินเผาแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

2.3.2.1 การออกแบบโครงสร้าง หมายถึง การออกแบบรูปทรง (Form) เครื่องปั้นดินเผา เพื่อประโยชน์ใช้สอย (Function) ที่ดีมีความสวยงามสะดวกในการใช้งาน การเก็บรักษา การทำความสะอาดและต้องคำนึงถึงวิธีการผลิตด้วยว่าเป็นแบบหัตถกรรม หัตถอุตสาหกรรม หรือ งานศิลปะ

นอกจากนี้การออกแบบโครงสร้างเครื่องปั้นดินเผา ยังต้องคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอย ซึ่งมี 2 ลักษณะคือ

1. ประโยชน์ใช้สอยหลักคือหน้าที่หรือประโยชน์ของเครื่องปั้นดินเผาโดยตรง เช่น ถ้วยกาแฟ สำหรับใส่น้ำ กาแฟที่มีความร้อน ต้องมีหูจับ กาน้ำชา ต้องมีพวย กาสำหรับเทน้ำ และมีหูจับเพาะใส่น้ำร้อน

2. ประโยชน์ใช้สอยรองคือ เป็นหน้าที่หรือประโยชน์ที่เพิ่มความสะดวกแก่ผู้ใช้ เช่น การเก็บรักษา การทำความสะอาด ซึ่งอาจมีผลต่อการออกแบบรูปทรงเครื่องปั้นดินเผา เช่น การออกแบบให้วางเก็บซ้อนกันได้ อย่างเป็นระเบียบประหยัดพื้นที่ในการเก็บรักษาหรือไม่มีชอกมุม ปากกว้าง สะดวกในการทำความสะอาด

2.3.2.2 การออกแบบตกแต่ง หมายถึง การออกแบบลวดลายและสี ในการตกแต่งเครื่องปั้นดินเผา ให้สวยงาม เหมาะสมกับรูปทรงและหน้าที่ใช้สอย

การออกแบบรูปทรงเครื่องปั้นดินเผา มีแนวโน้มการออกแบบ 2 ประเภทคือ

1. รูปทรงที่จำลองมาจากธรรมชาติ ได้แก่

- (1) พืช เช่น ส่วนของลำต้น กิ่งก้าน ใบ ดอก ผล ฝัก เถา ฯลฯ
- (2) สัตว์ เช่น สัตว์บก สัตว์น้ำ สัตว์ปีก แมลงต่าง ๆ สัตว์เลื้อยคลาน สัตว์ใน

เทพนิยาย

- (3) มนุษย์ เช่น เด็ก วัยรุ่น ผู้ใหญ่ คนชรา หญิงและชาย

2. รูปทรงที่มนุษย์สร้างขึ้น ได้แก่

- (1) รูปทรงจากสิ่งที่มีมนุษย์ประดิษฐ์ขึ้น เช่น กระบุง ตะกร้า รถยนต์ บ้าน เรือ ฯลฯ
- (2) รูปทรงเรขาคณิต เช่น สี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม วงกลม วงรี รูปกรวย รูปอิสระ

2.3.3 ส่วนประกอบของการออกแบบเครื่องปั้นดินเผา (Element of Design)

ส่วนประกอบของการออกแบบเครื่องปั้นดินเผา เป็นการนำส่วนประกอบของศิลปะมาใช้เป็นหลักในการออกแบบเครื่องปั้นดินเผาทั้งการออกแบบโครงสร้างและการออกแบบตกแต่ง มีดังนี้

2.3.3.1 เส้น (Line) เส้นสามารถสร้างความรู้สึกได้ต่าง ๆ กัน เช่น

1. เส้นตรงแนวนอน (Horizontal Line) ให้ความรู้สึกสงบนิ่งเหมือนเส้นขอบฟ้า หรือขอบทะเลที่สงบ

2. เส้นตรงแนวตั้ง (Vertical Line) ให้ความรู้สึกสูงสง่า เจริญงอกงาม เหมือนเส้นแนวตั้งของอาคาร ต้นไม้
 3. เส้นตรงแนวเฉียง (Digital Line) ให้ความรู้สึกเคลื่อนไหวเอนเอียง
 4. เส้นหัก (Angular Line) เป็นการประกอบกันของเส้นเฉียงทำให้เกิดความรู้สึกเคลื่อนไหวรุนแรง ตื่นเต้น
 5. เส้นโค้ง (Curve Line) ให้ความรู้สึกนุ่มนวล
 6. เส้นคด (Graceful Line) ให้ความรู้สึกเคลื่อนไหวอย่างนุ่มนวล
- นอกจากนี้การนำเส้นมาประกอบเข้าด้วยกันยังทำให้เกิดรูปร่าง รูปทรงน้ำหนักอ่อน-แก่ และความรู้สึกต่าง ๆ ได้อีกมากมาย

2.3.3.2 รูปทรง (Form) รูปทรงที่ใช้ในการออกแบบเครื่องปั้นดินเผา สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ใช้สอย และความงามได้หลายลักษณะดังนี้

1. รูปทรงสี่เหลี่ยม (Square) เช่น รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมด้านขนาน รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า แนวตั้ง และแนวนอน
2. สามเหลี่ยม (Triangle) เช่น สามเหลี่ยมหน้าจั่ว สามเหลี่ยมมุมฉาก สามเหลี่ยมด้านไม่เท่า
3. รูปทรงกลม (Circle)
4. รูปทรงไข่ (Oval) มีลักษณะคล้ายวงรีแต่จะมีด้านหนึ่งมนและแหลมอีกด้านหนึ่งป้าน
5. รูปทรงรี (Ellipse) มีลักษณะมนยาว ขนาดของวงรีจะแตกต่างกันมีทรงค้ำยและห่อมต่าง ๆ กัน ซึ่งอาจจะอยู่ในแนวตั้งหรือแนวนอน
6. รูปทรงอิสระ (Free Form) มีรูปทรงที่ไม่สามารถบอกได้ว่าเป็นรูปทรงอะไร

2.3.3.3 สัดส่วน (Proportion) สัดส่วนของเครื่องปั้นดินเผามีความสำคัญยิ่งต่อโครงสร้างด้านประโยชน์ใช้สอย และความงามการออกแบบสัดส่วน เครื่องปั้นดินเผาแบ่งได้ 2 ลักษณะคือ

1. การออกแบบสัดส่วนอย่างมีระบบ (Academic Proportion) เป็นการออกแบบสัดส่วนตามหลักการทางเรขาคณิต เช่น สัดส่วนทองของสี่เหลี่ยมผืนผ้าของกรีก (Golden Mean Rectangle)
2. การออกแบบสัดส่วนที่เน้นประโยชน์ใช้สอย (Function Proportion) เป็นการออกแบบสัดส่วนเครื่องปั้นดินเผาที่เน้นประโยชน์ใช้สอยเป็นหลักก่อน เมื่อได้สัดส่วนที่ต้องการแล้วจึงออกแบบตกแต่งให้สวยงาม การออกแบบรูปทรงและสัดส่วนคล้อยกับการใช้งาน การเก็บรักษา และการทำความสะอาด

2.3.3.4 ลักษณะผิว (Texture) เป็นสิ่งที่มองเห็นด้วยตาหรือสัมผัสได้ด้วยการจับต้อง ซึ่งมีลักษณะต่าง ๆ กัน เช่น หยาบ พรุณ ขรุขระ เงา มัน ด้าน ลักษณะผิวมีความสำคัญมากในการ

ออกแบบ ในด้านการออกแบบให้สัมพันธ์กับประเภทของงาน เช่น งานศิลปะ งานหัตถกรรม หรือ อุตสาหกรรม และช่วยให้งานน่าสนใจมากขึ้นในงานเครื่องปั้นดินเผา วัสดุคือลักษณะของดิน และน้ำเคลือบชนิดต่าง ๆ ก็สามารถทำให้เกิดลักษณะผิวที่สวยงามต่างกัน

2.3.3.5 น้ำหนักและสี (Value and Color) เป็นความแก่-อ่อนของสีที่มองเห็นในงานเครื่องปั้นดินเผา น้ำหนักความแก่อ่อนของสี สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งจากเนื้อดินชนิดต่าง ๆ คุณสมบัติของเคลือบ สีใต้เคลือบ สีบนเคลือบ สีในเคลือบ เทคนิคในการตกแต่งเครื่องปั้นดินเผา เช่น เทคนิคลายหินอ่อน เทคนิคลายขนนก เทคนิคลายसान ฯลฯ

2.3.4 หลักการออกแบบ (Principle Of Design)

การออกแบบงานเครื่องปั้นดินเผา เป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง ไม่ว่าจะเป็นงานหัตถกรรม หัตถอุตสาหกรรม อุตสาหกรรม หรืองานศิลปะ การออกแบบงานเครื่องปั้นดินเผา แต่ละประเภทมีการออกแบบที่ดีจะทำให้งานบรรลุตามจุดประสงค์ได้ จึงควรคำนึงถึงหลักการ 3 ประการ คือ

1. ประโยชน์ใช้สอย (Function)
2. วัสดุและกรรมวิธีผลิต (Materials and Processes)
3. ลักษณะภายนอก (Appearance)

หลักการทั้ง 3 นี้มีความสำคัญต่างกันขึ้นอยู่กับงานเครื่องปั้นดินเผาว่าต้องการใช้สอยเป็นหลัก เช่น ถ้วย งาน หรือต้องการใช้ตกแต่ง ใช้เป็นของขวัญ ของที่ระลึก ก็จะเห็นลักษณะภายนอกเป็นหลัก แต่อย่างไรก็ตามวัสดุและกรรมวิธีการผลิต จำเป็นต้องคำนึงควบคู่ไปด้วยเสมอ

การออกแบบงานเครื่องปั้นดินเผาเป็นการผสมผสานกันของความรู้ด้านเครื่องปั้นดินเผา และความคิดสร้างสรรค์ โดยนำเอาส่วนประกอบของศิลปะมาใช้ในการออกแบบตามหลักการออกแบบ

หลักการออกแบบที่นำมาใช้ในการออกแบบเครื่องปั้นดินเผา มีดังนี้

2.3.4.1 ความเป็นเอกภาพ (Unity) หมายถึง ความกลมกลืนเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน ในการออกแบบ รูปทรงและส่วนประกอบต่าง ๆ ของงานเครื่องปั้นดินเผาที่สวยงาม สอดคล้องกับการใช้งาน เช่น รูปทรงของแจกัน หูจับ

2.3.4.2 ความสมดุล (Balance) หมายถึง ความเท่ากันของรูปทรงทั้งซ้ายและขวา ความสมดุลแบ่งออกได้ 2 ลักษณะ คือ

1. ความสมดุล ซ้ายขวาเหมือนกัน (Symmetrical Balance) เป็นความสมดุลที่ลักษณะด้านซ้ายและขวา เหมือนกันทุกอย่าง โดยมีจุดศูนย์กลางของวัตถุ
2. ความสมดุลซ้ายขวาไม่เหมือนกัน (Asymmetrical Balance) เป็นลักษณะสมดุลตามความรู้สึก ซึ่งรูปทรงทางซ้ายและขวาจะไม่เหมือนกันอาจต่างกันบ้างเล็กน้อยหรือสมดุล โดยมีจุดศูนย์กลางถ่วงเป็นหลัก แม้จะมีน้ำหนักของมวลที่ยื่นออกไปจากจุดศูนย์กลางแต่เมื่อวางตั้งไว้หรือใช้งานก็ยังรักษาสมดุลไม่ล้มเอียง เช่น เขยือก กาน้ำ

2.3.4.3 การเน้นจุดเด่นและจุดรอง (Emphasize and Subordinate) คือการออกแบบให้มีส่วนที่เด่นเป็นจุดสนใจอย่างใดอย่างหนึ่ง ส่วนอื่น ๆ ไม่จำเป็นต้องทำให้เด่นแข่งกัน การเน้นจุดเด่นในงานเครื่องปั้นดินเผา สามารถทำได้หลายวิธี เช่น ตกแต่งด้วยการปั้นดอกไม้ ใบไม้ ตกแต่งด้วยลวดลาย ลักษณะผิว หรือออกแบบรูปทรงที่แปลกใหม่

2.3.4.4 จังหวะ (Rhythm) คือ การออกแบบโดยจัดระยะของเส้น ช่องว่างลักษณะผิว และรูปทรงของโครงสร้างและส่วนตกแต่ง ก็จะสรีระของเส้นรูปทรงเหมือนกัน

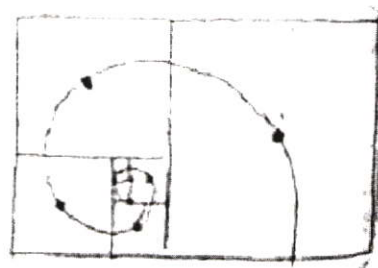
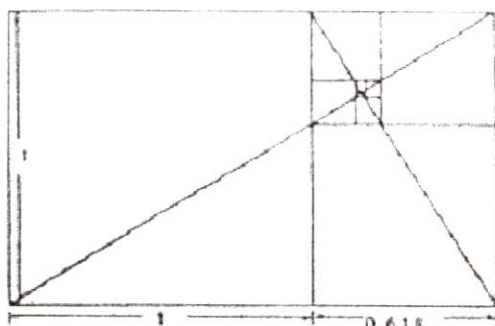
2.3.4.5 ความกลมกลืน (Harmony) คือ ความกลมกลืนของรูปทรงทั้งหมดของงานเครื่องปั้นดินเผา ทั้งรูปทรงของ โครงสร้างและส่วนตกแต่ง ก็จะมีลักษณะของเส้นรูปทรงเดียวกัน

2.3.4.6 ความขัดแย้ง (Contrast) เป็นการออกแบบให้งานมีความสะดุดตา ไม่เรียบเกินไป การสร้างความขัดแย้งมักทำในส่วนประกอบหรือส่วนตกแต่ง

2.3.4.7 สัดส่วน (Proportion) คือ การออกแบบสัดส่วนของรูปทรงทั้งความกว้าง ความสูงให้มีส่วนโค้งงอ ได้จังหวะสวยงาม และสอดคล้องกับประโยชน์ใช้สอย

2.3.4.8. ความชัดเจนในการออกแบบ (Clarity of Design) คือ การออกแบบที่ต้องคำนึงถึงความชัดเจน ของรูปทรงที่สามารถบ่งบอกได้ว่าเป็นรูปทรงใด เช่น รูปทรงรี รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส เป็นต้น

การออกแบบสัดส่วนอย่างเป็นระเบียบ



สัดส่วนในลักษณะสี่เหลี่ยมจัตุรัสวน (The Whirling Square) เปรียบเทียบกับความงามของรูปทรงธรรมชาติ

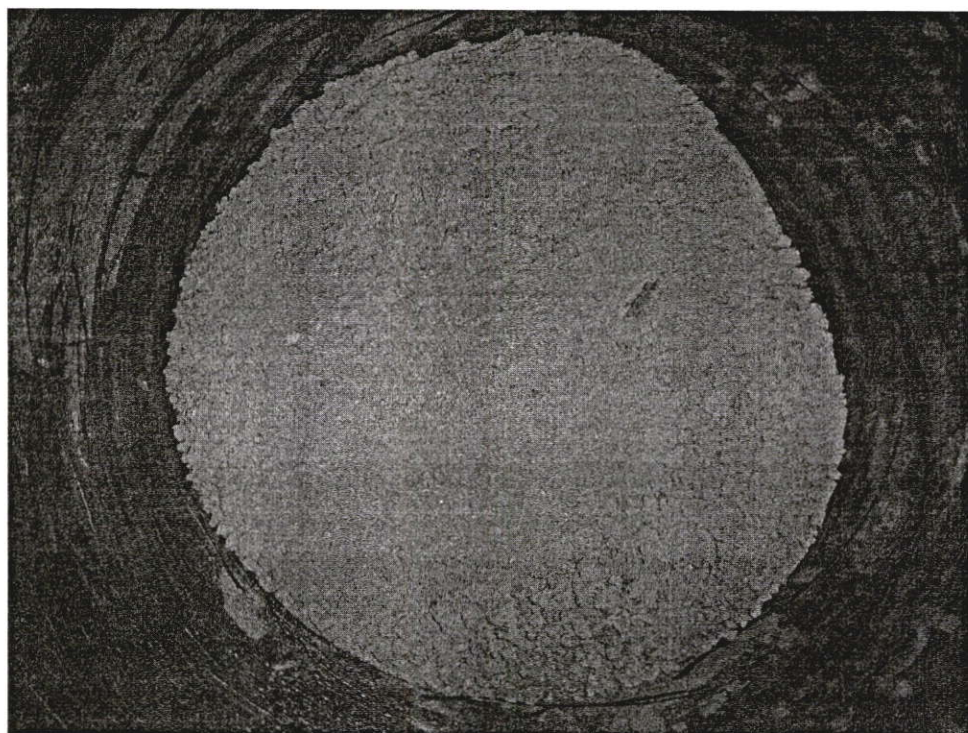
MgO	14.43%	Na ₂ O	0.16%
K ₂ O	14.43%	CaO	0.06%
H ₂ O	1.10%	Loss	8.51%

สมบัติทางฟิสิกส์ของดินแดงบางปู

มลทินที่สูญเสียบนหลังเผา :	900 °C	ร้อยละ	11.33
	1,000 °C	ร้อยละ	12.14
	1,100 °C	ร้อยละ	12.57
ปริมาณกากค้ำตะแกรง :	100 เมช	ร้อยละ	6.28
	200 เมช	ร้อยละ	4.12
	325 เมช	ร้อยละ	3.65
ปริมาณน้ำในส่วนผสมเพื่อการขึ้นรูป		ร้อยละ	96.43
ความถ่วงจำเพาะ			1.41
ปริมาณสารช่วยในการกระจายลอยตัว		ร้อยละ	0.89
การไหลตัว			ดี
อัตราการหด (เซนติเมตร) :	5 นาที =		0.15
	10 นาที =		0.20
	20 นาที =		0.40



ภาพที่ 2.16 ดินแดงบ้านบางปู ที่ยังไม่ผ่านการบด



ภาพที่ 2.17 ดินแดงบ้านบางปูที่ผ่านการอบคหยาบ

2.4.2 ดินขาวระนอง ดินขาวล้าง 325 มีปริมาณของเหล็กและไทเทเนียมต่ำ ระดับสีครีม เหลืองเมื่อเคลือบมีความทนไฟประมาณ 1,500 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 2.4 ผลวิเคราะห์ทางเคมีและทางแร่ของดินขาวระนอง ข้อมูลจาก บ.เคลย์มินฯ

ผลวิเคราะห์ทางเคมี	ดินก่อนเผา %	หลังเผา%	ส่วนประกอบทางแร่
ซิลิกา (SiO ₂)	48.0	54.5	เกาลินไนท์ 73%
ไทเทเนียม (TiO ₂)	0.1	0.1	โพแทสไมกา 18%
อลูมินา (Al ₂ O ₃)	36.3	41.3	โซคาไมกา 1%
เหล็ก (Fe ₂ O ₃)	1.4	1.2	ควอทซ์ 5%
แคลเซียม (CaO)	0.1	0.1	อินทรีย์วัตถุ - %
แมกนีเซียม (MgO)	0.2	0.2	
โพแทสเซียม (K ₂ O)	2.1	2.1	
โซเดียม (Na ₂ O)	0.1	0.1	ส่วนประกอบทางแร่นี้ได้จากการวัด
น้ำหนักที่สูญหาย (LOI) ภายหลังที่เผา 950 °ซ.	12.0		ด้วยเครื่องเอกซเรย์ (X-Ray Diffraction) และการคำนวณจากผล วิเคราะห์เคมี

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

ผลวิเคราะห์ทางเคมี	ดินก่อนเผา %	หลังเผา%	ส่วนประกอบทางแร่			
น้ำหนักที่สูญหาย (LOI) ภายหลังที่เผา 950 °ซ.	12.0					
ค่าความเหนียว (MOR)	= 10 กิโลกรัมแรง/ตารางเซนติเมตร					
สีภายหลังเผา	= ขาว					
ความละเอียด กากล้างตะแกรง 120 เมช น้อยกว่า 0.2%						
การกระจายของขนาด (Particle Size Distribution)						
ที่ขนาด(E.SD)	20	10	5	2	1	0.5 ไมโครเมตร
มีส่วนที่ละเอียดกว่าอยู่	95	75	49	30	24	21% โดยน้ำหนัก

นอกจากการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของดินขาวแล้ว ควรจะทราบข้อมูลสมบัติทางกายภาพของดินขาวด้วย เพื่อการนำไปใช้ได้อย่างถูกต้อง

สมบัติทางกายภาพของดินขาว (Physical Properties of kaolin)

การศึกษาถึงสมบัติทางกายภาพของดินขาว ทำให้เราสามารถนำดินขาวไปใช้ประโยชน์ได้สมบัติทางกายภาพของดินขาวที่ควรศึกษาก่อนนำไปใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ มีดังนี้ คือ

1. ขนาดของอนุภาค (Particle Size) สมบัตินี้มีความสำคัญมากอันหนึ่ง เพราะว่ามันเกี่ยวข้องกับสมบัติทางด้านความเหนียว (Plasticity) ความแข็งแรงเมื่อแห้ง (Dry Strength) ความสามารถแลกเปลี่ยนอนุภาคและการหดตัวเมื่อแห้ง(Drying Shrinkage) ดินเม็ดละเอียดจะให้ความเหนียวและการหดตัวเมื่อแห้ง มากกว่าเม็ดหยาบที่มีเม็ดหยาบจะมีความเหนียวน้อย (Low Plasticity) ดินขาวมีเม็ดหยาบและความเหนียวน้อย

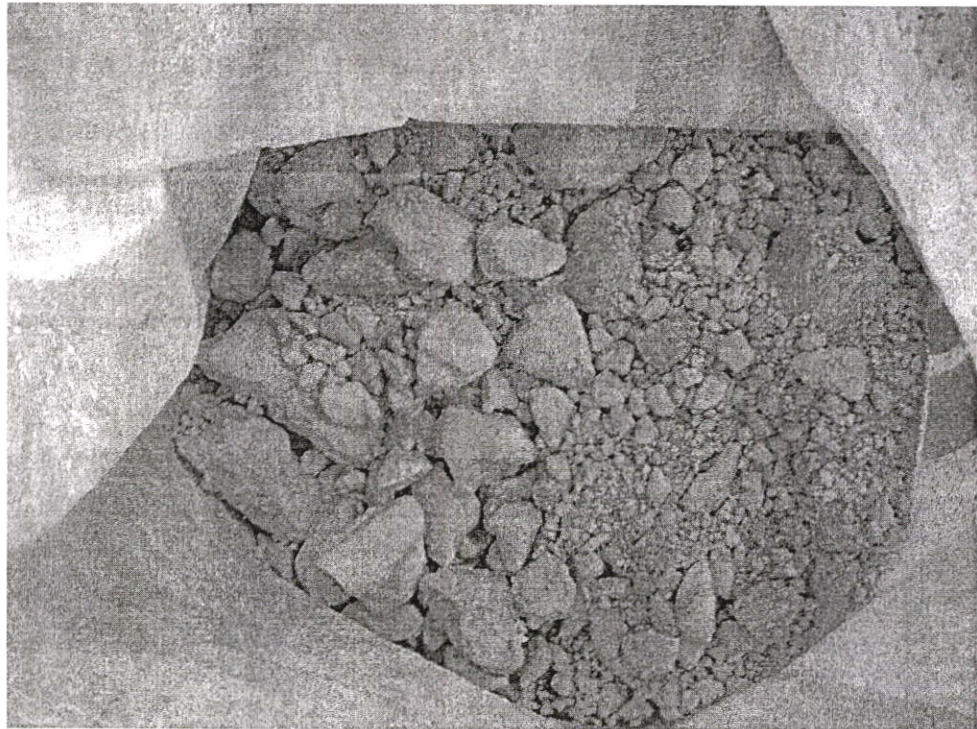
2. รูปร่างของอนุภาค (Particle Shape) รูปร่างของแร่กาแลนไนท์ทั่วไป จะเป็นแผ่นหกเหลี่ยม (Hexagonal Plates) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 0.05 – 10.0 ไมครอน โดยเฉลี่ยขนาดอยู่อยู่ระหว่าง 0.5 ไมครอน

3. ความสามารถในการแลกเปลี่ยนอนุภาค (Base Exchange Capacity) ปกติดินขาวที่บริสุทธิ์จะไม่มีแลกเปลี่ยนอนุภาค หรือดูดซับอนุภาคและโมเลกุลอื่น ๆ แต่ถ้าไม่บริสุทธิ์จะเกิดการแลกเปลี่ยนอนุภาค หรือดูดซับเอาผลึกของแร่ที่มีขนาดเล็กไว้ที่ผิวผลึกกาแลนไนท์บริสุทธิ์มีโครงสร้างผลึกที่แข็งแรง แร่ธาตุและอินทรีย์สารแทรกเข้าไปในโครงสร้างผลึกไม่ได้จึงคงความบริสุทธิ์ได้ดี

4. สมบัติเมื่อแห้ง (Drying Properties) ดินขาวที่บริสุทธิ์จะมีการหดตัวเมื่อแห้ง (Drying Shrinkage) ไม่สูงนัก ดินขาวที่มีเม็ดละเอียด (Fine Grained) จะมีค่าการหดตัวมากกว่าดินเม็ดหยาบ

5. ความแข็งแรงเมื่อแห้ง (Green Strength) ดินขาวมีความแข็งแรงน้อยเปราะแตกได้ง่ายเมื่อแห้ง เพราะมีความเหนียวน้อย

6. สมบัติหลังจากเผา (Firing Properties) ดินขาวที่มีคุณภาพดี เผาแล้วควรจะได้สีขาว แต่ ถ้าเป็นสีครีมหรือสีน้ำตาลอ่อน แสดงว่ามีแร่ธาตุเจือปนอยู่สูง ดินขาวที่มีการหดตัวเกิน 20 % หลัง การเผา ไม่ควรใช้ดินขาวนั้นใน



ภาพที่ 2.18 ดินขาวระนองที่ใช้ผลิตเครื่องปั้นดินเผา

2.4.3 โซดาเฟลด์สปาร์ Feldspar

เป็นสารประกอบอะลูมิโนซิลิเกตของอัลคาไลต์ และอัลคาไลต์เอิร์ท โดยเฉพาะสารประกอบ ของ Na, K, Ca พบมากและใช้มากในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ สารประกอบบริสุทธิ์ของ Na, K, Ca หาได้ยาก ในแร่หินฟีนมาจะมีทั้ง Na, K, Ca ซึ่งจะมีอัตราส่วนแตกต่างกันไป เนื่องจากว่า สารประกอบ ทั้งสามตัวนี้มีการละลายซึ่งกันและกันในขณะที่เป็นของแข็ง

หินฟีนมาใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อเป็นตัวเริ่มก่อให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดเนื้อแก้ว ในผลิตภัณฑ์ ดังนั้นหินฟีนมาจึงเป็นตัวส่งเสริมให้มีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นแก้ว และช่วยส่งเสริม ให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติโปร่งแสงดีขึ้น หินฟีนมาเป็นแหล่งให้อัลคาไลต์และอะลูมินาแก่เคลือบ และแก้ว ข้อดีที่ทำให้อุตสาหกรรมเซรามิกส์นำมาใช้ก็คือ หินฟีนมามีราคาถูก และเป็นสารประกอบอัล คาไลต์ที่ไม่ละลายน้ำเป็นแร่ที่สำคัญมากในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ โดยสมบัติสำคัญที่ Feldspar มีผล ต่อเนื้อดินปั้นคือ

1. เป็นตัวช่วยเสริมให้เกิดการเป็นเนื้อแก้วขึ้นระหว่างเผาผลิตภัณฑ์
2. ช่วยลดจุดสุกตัวให้กับผลิตภัณฑ์ ทำให้เราสามารถเผาที่อุณหภูมิต่ำลงได้ ทั้งน้ำเคลือบและเนื้อดินปั้น
3. ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความโปร่งแสงได้ดี

Feldspar เป็นกลุ่มแร่ที่มีส่วนประกอบเป็น Alumino Silicate ของ Potassium, Sodium และ Calcium ที่มีปะปนอยู่ในปริมาณที่ต่างกัน แต่สามารถจำแนกออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ (ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาภาคเหนือ. 1995 : 16-19 ; กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 1996 : 7)

1. Alkali Feldspar มีส่วนประกอบแปรผันระหว่าง $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ และ $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$

ในทางเซรามิกส์ จะมีชื่อเรียก Feldspar ต่างกันตามปริมาณของส่วนประกอบซึ่งได้แก่

1.1 Potash Feldspar หรือ Orthoclase ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2, KAlSi_3O_8$) มีจุดหลอมประมาณ $1,200 - 1,250^\circ C$

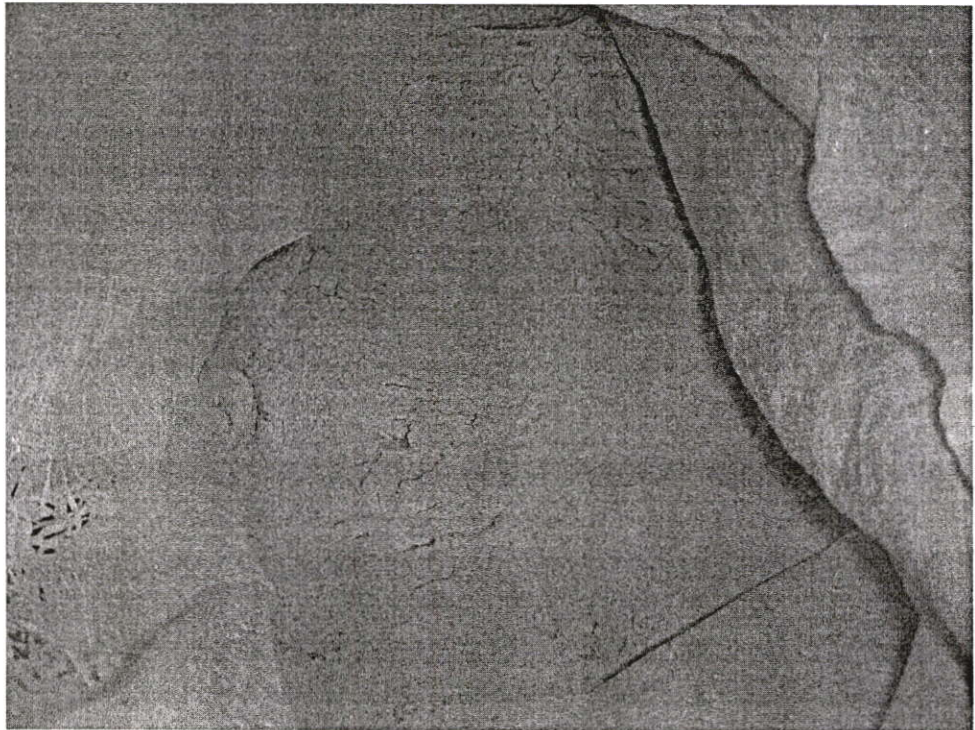
1.2 Soda Feldspar Albite ($Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2, NaAlSi_3O_8$) มีจุดหลอมต่ำกว่าและมีความหนืดต่ำกว่า Potash Feldspar ก็มีจุดหลอมตั้งแต่ $1,100^\circ C$ โดยมากจะใช้ผสมในน้ำเคลือบและในเนื้อดินปั้นที่ต้องการความโปร่งแสง

1.3 Lime Feldspar หรือ Anorthite ($CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2, CaAl_2Si_2O_8$) หรือ Calcium Feldspar จะมีโครงสร้างคล้ายกับ Potash Feldspar และ Soda Feldspar แต่ไม่ค่อยพบมากนักส่วนมากจะเกิดบริเวณที่หินแปรสัมผัสกับหินปูน หรือไม่ก็เป็นผลผลิตจากการเผาเนื้อผลิตภัณฑ์

1.4 Lithium Feldspar หรือ Fetalite ($Li_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 8SiO_2$)

แหล่งแร่โซเดียมเฟลด์สปาร์

ภาคเหนือแหล่งที่สำคัญคือ ต.น้ำค้าง จ.ตาก ซึ่งมีการผลิตมากกว่าแหล่งอื่น ภาคกลางมีที่บ้านโป่ง กระจุกแบน จ.ราชบุรี นอกจากนี้มีที่ อ.บ่อพลอย จ.กาญจนบุรี ภาคใต้แหล่งผลิตที่สำคัญคือ อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช โซเดียมเฟลด์สปาร์นิยมนำมาใช้ผสมทำกระเบื้องปูพื้นเครื่องสุขภัณฑ์ และอุตสาหกรรมแก้ว ราคาถูกกว่าโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์



ภาพที่ 2.19 โซดาเฟลด์สปาร์ที่ใช้ผลิตเครื่องปั้นดินเผา

2.4.4 กวอซต์ (Quartz)

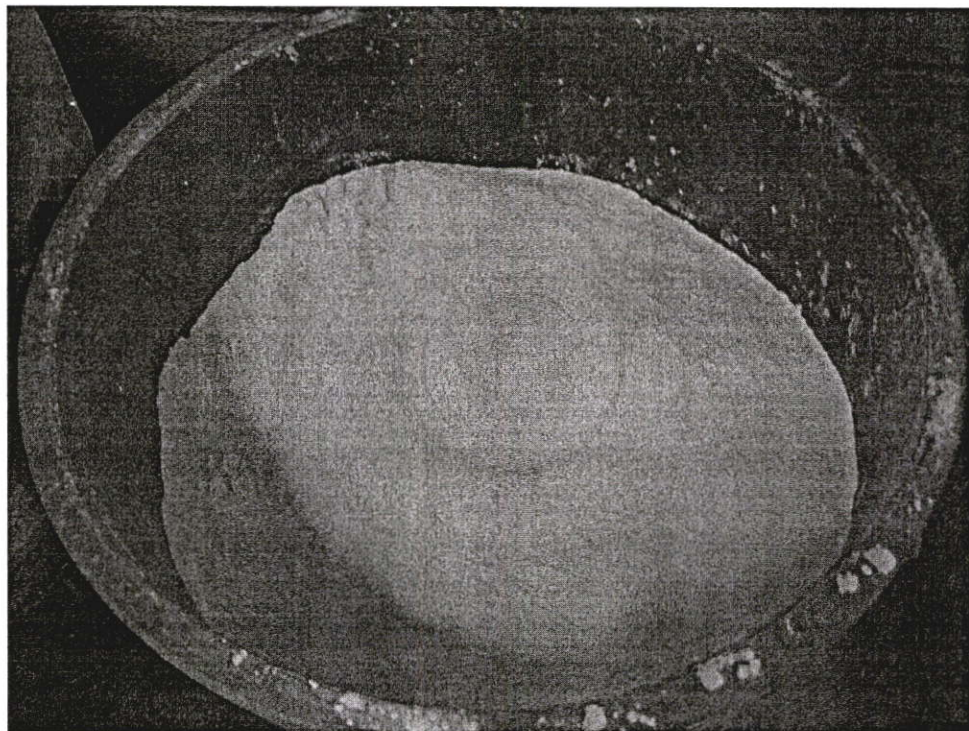
ในเนื้อดินปั้นผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่พบเห็นเป็นประจำ หินเขียวหนุมานเปรียบเสมือนโครงกระดูกส่วนดินทำหน้าที่เป็นเนื้อและส่วนอื่นๆ หินเขียวหนุมานช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์แข็งแรง ไม่โค้งงอ และช่วยทำให้การหดตัวทั้งก่อนเผาและหลังเผาน้อยลง ในเนื้อดินปั้นด้วยซามชั้นดีจะมีหินเขียวหนุมานผสมอยู่ 10 ถึง 30%

หินเขียวหนุมานพบมากที่สุดบนผิวโลก คุณสมบัติหลายอย่างของแร่นี้มีผู้ศึกษาเอาไว้ดังนี้

ความถ่วงจำเพาะ	2.651
จุดหลอมตัว	1,728 องศาเซลเซียส
ความแข็ง	1,820
ส.ป.ส. การขยายตัว	7.4 x 10
ดัชนีหักเหของแสง	1.544
โครงสร้างของผลึก	Hexagonal
Dielectric constant	4.5

โครงสร้างอะตอมของหินเขียวหนุมานเป็นร่างแหสามมิติ เกิดจากอะตอมออกซิเจนทั้งสี่ของ tetrahedron หลายๆรูปเชื่อม โยงกันอย่างต่อเนื่อง การเชื่อม โยงกันเช่นนี้ทำให้ผลึกแข็งแรง

หินเขียวหนุมาน เป็นสารประกอบ Silica ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ มีความแข็งแกร่ง และความถ่วงจำเพาะสูง คือมีค่าความแข็ง 7 และมีความถ่วงจำเพาะ 2.65 มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างที่จะคงที่อยู่ภายในช่วงอุณหภูมิและความดันช่วงหนึ่งเท่านั้น และนอกจากนี้แต่ละชนิดยังมี 2 รูป



ภาพที่ 2.20 กวอซ์ต์ที่ใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผา

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วรรณภา ต. แสงจันทร์ การวิจัยและพัฒนาเนื้อดินหล่อและเคลือบสำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่
ของเครื่องปั้นดินเผา จังหวัดราชบุรี กรุงเทพฯ : ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก, (2544)

การวิจัยและพัฒนาเนื้อดินหล่อและเคลือบสำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่ของเครื่องปั้นดินเผา
จังหวัดราชบุรี เป็นส่วนหนึ่งของโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา จังหวัดราชบุรี

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเนื้อดินหล่อจากดินขาวด้านทับตะโก และดินเหนียวแหล่ง
สมถะ ซึ่งเป็นวัตถุดิบของจังหวัดราชบุรี โดยมีส่วนประกอบดังนี้ คือ ดินขาวด้านทับตะโก 80
ส่วนโดยน้ำหนัก, ดินเหนียวแหล่งสมถะ 20 ส่วนโดยน้ำหนัก, น้ำ 40 ส่วนโดยน้ำหนัก และ
โซเดียมซิลิเกต 0.22 ส่วน โดยน้ำหนัก สามารถทำเป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ ๆ เช่น ของประดับ
ตกแต่ง ของใช้ ของที่ระลึก ฯลฯ โดยวิธีการหล่อแบบ และได้พัฒนาเคลือบชนิดโกล์มซิงค์ ซึ่งมี
ส่วนประกอบดังนี้คือ แร่ฟันม้า ร้อยละ 11.1, หินปูน ร้อยละ 18.5, ซิงค์ออกไซด์ ร้อยละ 9.0,
ดินขาว ร้อยละ 4.8 และ ควออร์ตซ์ ร้อยละ 26.6 ใช้กับผลิตภัณฑ์ดังกล่าว เผาที่อุณหภูมิ 1180
องศาเซลเซียส ได้เคลือบใส มันวาว หลอมตัวดี และได้พัฒนาเป็นเคลือบสีต่าง ๆ

พิมพ์วัลคู่ วัฒนภาส การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาจังหวัดราชบุรี กรุงเทพฯ :
ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก, 2545

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการปฏิบัติงานร่วมกันระหว่างกรมวิทยาศาสตร์บริการกับสมาคมเครื่องเคลือบดินเผาราชบุรี โดยการสนับสนุนของสำนักงานกองทุนการวิจัยผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาจังหวัดราชบุรีเป็นโองและกระถางขนาดใหญ่ ทำขึ้นจากวัตถุดิบในท้องถิ่น และกรรมวิธีการผลิตแบบดั้งเดิม ประสบปัญหาที่มีการสูญเสียในการผลิต ต้องการปรับปรุงคุณภาพและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ

การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น การวิจัยและพัฒนาของโครงการนำไปสู่การแก้ปัญหาได้แก่การปรับปรุงวิธีการเตรียมเนื้อดิน โดยบดด้วย Roller Crusher กัดขนาดด้วยตะแกรง 16 เมช ทำให้ลดค่าหน้าที่เกิดจากเนื้อดิน เช่น การแตกร้าว รั่วซึม ลงไปอย่างเห็นได้ชัด ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีขึ้นได้พัฒนาเทคโนโลยีการทำเนื้อดินหล่อและเนื้อดินปั้นที่มีความละเอียด สำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุดอาหาร ของประดับตกแต่ง และของที่ระลึกได้ทำการวิจัยและพัฒนาเคลือบมาตรฐานที่มีสีสันทากหลาย สามารถใช้กับเนื้อดินราชบุรีได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีมูลค่าเพิ่ม การพัฒนารูปแบบและการตกแต่งผลิตภัณฑ์ด้วยเอนโกบ และเคลือบหลากสีสร้างมิติใหม่ให้กับผลิตภัณฑ์สมาชิกของสมาคมเครื่องเคลือบดินเผาราชบุรี 40 โรงงาน ได้รับการถ่ายทอดความรู้โดยการสัมมนาและฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ

วีระยุทธ ลอประยูร การศึกษาผลของวัตถุดิบและส่วนผสมต่ออัตราการขึ้นรูปโดยวิธี Slip Casting ในอุตสาหกรรมเซรามิก นครราชสีมา : สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2546

เป็นการศึกษาถึงผลของวัตถุดิบและส่วนผสมต่ออัตราการขึ้นรูปเซรามิกโดยกระบวนการ slip casting ตัวแปรในกระบวนการดังกล่าว เช่น ลักษณะเฉพาะของวัตถุดิบ คุณสมบัติการไหล และสารเติมแต่ง ความโปร่งของเนื้อโครงสร้าง และอัตราการหล่อจะได้รับการประเมินและศึกษาหาความสัมพันธ์ รวมถึงตัวแปรที่เกี่ยวกับแบบพลาสติก ผลการทดลองคาดว่าจะนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมและปรับปรุงกระบวนการ slip casting ในอุตสาหกรรมเซรามิกของประเทศไทย ทั้งขนาดเล็กและขนาดกลางรวมถึงอุตสาหกรรมท้องถิ่น คือ เซรามิกด้านเครื่องปั้น

เพียรพิณ ขยับ การพัฒนาหาอัตราส่วนผสมสำหรับการผลิตเครื่องเคลือบเซลาดอนให้ใกล้เคียงกับเครื่องเคลือบเซลาดอนบ้านเกาะน้อย อำเภอศรีสำชนาลัย จังหวัดสุโขทัย พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2547

การวิจัยครั้งนี้ เพื่อศึกษาหาอัตราส่วนผสมสำหรับการผลิตเครื่องเคลือบเซลาดอนให้ใกล้เคียงกับเครื่องเคลือบเซลาดอนบ้านเกาะน้อย อำเภอศรีสำชนาลัย จังหวัดสุโขทัย จากการศึกษาลักษณะของเครื่องเคลือบเซลาดอนบ้านเกาะน้อย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่เศษชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบเซลาดอนบ้านเกาะน้อย จำนวน 5 ชิ้น จากกรมศิลปากร และนำมาเผาที่อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส บรรยายาศรีดักชันพบว่าลักษณะของเนื้อดินปั้นและเคลือบเซลาดอนบ้านเกาะน้อยดั้งเดิม มีสีของเนื้อดินปั้นสีเทาขาว ตรงกับค่าเทียบสี Black Group 202 D และเคลือบมีความมันแวววาว มีไหลตัว มีความโปร่งใส มีการราน และสีเขียวเข้ม ค่าเทียบสี ได้แก่ Greyed-Green Group 191A

จากการศึกษาหาอัตราส่วนผสมเนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติทางกายภาพก่อนเผาและหลังเผา ในบรรยากาศรีดักชัน ที่เหมาะสมกับการสร้างผลิตภัณฑ์ ที่ใช้ดินเหนียวเขาสีล้วน ดินเหนียวบ้านเกาะน้อย และทรายแม่น้ำเป็นวัตถุดิบ โดยสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงจากตารางสามเหลี่ยม จำนวน 36 ตัวอย่าง พบว่าก่อนเผาทุกส่วนผสมมีความหดตัวอยู่ระหว่างร้อยละ 1.10-5.50 และความแข็งแรงอยู่ระหว่าง 1.75-5.65 Kg/cm² ภายหลังการทดลองเผาที่อุณหภูมิ 1,230 1,250 และ 1,280 องศาเซลเซียส จากการทดลองประกอบกับการประเมินผลของผู้เชี่ยวชาญ พบว่าที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส มีส่วนผสมที่เหมาะสมกับการผลิตภัณฑ์ คือดินเหนียวเขาสีล้วนร้อยละ 60 ดินเหนียวบ้านเกาะน้อยร้อยละ 10 และทรายแม่น้ำร้อยละ 30 มีความแข็งแรง 105.55 Kg/cm² ความหดตัวร้อยละ 10 และความดูดซึมน้ำร้อยละ 0.76 มีสี Black Group 202 D หลังจากนั้นนำส่วนผสมดังกล่าวมาทดลองเคลือบจากสูตรเคลือบ 9 ตัวอย่าง พบว่าสูตรเคลือบที่ใกล้เคียง คือ โซดาเฟลด์สปาร์ร้อยละ 54.50 หินปูนร้อยละ 17.44 โคลโลไมท์ร้อยละ 1.5 และแมงกานีสไดออกไซด์ร้อยละ 1.0 ทั้งนี้พบว่าส่วนผสมเนื้อดินปั้นและเคลือบดังกล่าวสามารถผลิตเครื่องเคลือบเซลาดอนได้จริง

นายมณฑล วชิรโกเมน นางอมรรัตน์ วชิรโกเมน การพัฒนาดินเหนียวบ้านม่วง ตำบลลาดพัฒนา อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคามเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อน้ำดิน

ผลการศึกษาพบว่า

1. คุณสมบัติทางกายภาพของดินเหนียวบ้านม่วงก่อนการเผามีการหดตัวร้อยละ 5.19 มีความแข็งแรง 54.76 Kg/cm² และหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,250 °C มีการหดตัวร้อยละ 10.98 มีความแข็งแรง 92.45 Kg/cm² มีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 16.84 สีของเนื้อดินปั้นเป็นสีแดงเข้ม
2. คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำดินที่ใช้เป็นอัตราส่วนผสมเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นจากเกณฑ์มาตรฐานไม่เกินร้อยละ 40 ทุกสูตรอยู่ระหว่างร้อยละ 28.75 เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ค่าความถ่วงจำเพาะของเนื้อดินปั้นจากเกณฑ์มาตรฐานอยู่ระหว่าง 1.60-1.80 ทุกสูตรอยู่ระหว่าง 1.65 - 1.66 เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ปริมาณสารช่วยกระจายลอยตัวตัวที่ใช้ในเนื้อดินปั้นจากเกณฑ์มาตรฐานไม่เกินร้อยละ 5 ทุกสูตรอยู่ระหว่างร้อยละ 1.68-3.82 เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน การไหลตัวของเนื้อดินปั้นทุกสูตรใช้เวลาอยู่ระหว่าง 0.32 - 0.58 นาที ผลการหล่อน้ำดิน พบว่า สูตรที่ 47, 55, 56, 57 และ 66 สามารถนำไปขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อน้ำดินอยู่ระหว่าง ร้อยละ 35 - 64 สูตรที่ 64, 65, 73, 74, 75 และ 78 สามารถนำไปขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อน้ำดินอยู่ระหว่าง ร้อยละ 76 -92 และพบว่าสูตรที่ 79 สามารถนำไปขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อน้ำดินอยู่ระหว่างร้อยละ 99
3. นำเนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม ไปใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการหล่อน้ำดิน พบว่า สูตรที่ 79 มีความเหมาะสมที่สุด ซึ่งมีส่วนผสมของดินเหนียวบ้านม่วงร้อยละ 45 ดินขาวระนองร้อยละ 15 หินฟันม้าร้อยละ 35 และหินเขียวหนุมานร้อยละ 5 ปริมาณน้ำที่ใช้ร้อยละ 28.57 ค่าความถ่วงจำเพาะ 1.65 ใช้สารช่วยกระจายลอยตัวร้อยละ 1.68 อัตราการหล่อน้ำดินเวลา 20 นาทีได้

ความหนา 1.56 มิลลิเมตร เมื่อนำมาหล่อลงในแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ เนื้อดินมีการทรงตัวได้ดี ไม่ติดผนังแบบพิมพ์ แห้งตัวแล้วไม่เกิดการแตกร้าว และสามารถถอดออกจากแบบพิมพ์ได้ง่าย สามารถหล่อผลิตภัณฑ์ได้ร้อยละ 99 คุณสมบัติทางกายภาพก่อนการเผาร้อยละ 3.0 ความแข็งแรง 26.89 Kg/cm² และหลังการเผากการหดตัวร้อยละ 12.50 การดูดซึมน้ำร้อยละ 1.34 ค่าความแข็งแรง 291.78 Kg/cm² สีเนื้อดินเป็นสีแดง เมื่อนำไปทดสอบกับน้ำยาเคลือบเฟลด์สปาร์เคลือบสามารถยึดเกาะกับเนื้อผลิตภัณฑ์ได้ดี

นายนิวัตร พัฒนะ นายจุมพล พงศ์ศักดิ์ศรี นางสาวเพ็ชรพิน ขยับ และนางรัชฎาภรณ์ เกษมศักดิ์ สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก, 2544

เรื่อง การศึกษาและพัฒนาสมบัติของดินบ้านดงดินทอง เพื่อทำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา ประเภทสโตนแวร์คุณภาพดี มีจุดประสงค์ เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของดินจากแหล่งดิน บ้านดงดินทอง อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก เพื่อทดลองหาอัตราส่วนผสมระหว่าง ดินบ้านดงดินทอง กับดินขาวลำปาง โดยศึกษาสมบัติทางกายภาพก่อนและหลังเผาที่อุณหภูมิ 800 900 1,000 และ 1,200 องศาเซลเซียส และเพื่อทดลองขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาจากเนื้อดินปั้นที่มีอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด โดยดำเนินการวิจัย 3 ขั้นตอนตามจุดประสงค์ ผลปรากฏว่าดินบ้านดงดินทองมีค่าความแข็งต่ำมากภายหลังการเผาทุกอุณหภูมิ ไม่สามารถทำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาได้ทุกประเภท และเมื่อผสมดินขาวลำปางในอัตราส่วนร้อยละ 5-60 จำนวน 12 ตัวอย่าง เผาในอุณหภูมิที่กำหนด แล้ววิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับ ความหดตัว ความดูดซึมน้ำ ความแข็งแรง ความทนไฟ และสี พบว่าส่วนผสมที่มีดินบ้านดงดินทอง ร้อยละ 60 และดินขาวลำปางร้อยละ 40 มีความเหมาะสมเป็นเครื่องปั้นดินเผาประเภทสโตนแวร์คุณภาพดีเมื่อเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส จึงได้เลือกมาทำการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ปรากฏว่ามีความเหมาะสมในการขึ้นรูปด้วยใบมีด และขึ้นเป็นหมุน ในระดับมาก นอกจากนี้ยังพบว่าในส่วนผสมดังกล่าวเมื่อเผาอุณหภูมิอื่นๆ ที่ต่ำกว่า 1,200 องศาเซลเซียส จะได้ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทเอิทเทนแวร์ ที่มีคุณภาพดี

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช ผู้วิจัยมีการดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็นขั้นตอน ดังนี้

ดังนั้น ในการศึกษาเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของงานวิจัย จึงได้กำหนดขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 ขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา
- 3.4 การดำเนินการรวบรวมข้อมูล
- 3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร หมายถึง กลุ่มเป้าหมายที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา บ้านบางปู จำนวน 200 คนต่อวัน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง หมายถึง กลุ่มเป้าหมายที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา บ้านบางปู จำนวน 60 คน (อ้างใน นิรัช สุคสังข์. 2548 : 49)

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 วัตถุประสงค์และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1.1 วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการทดลอง

ดินแดงบ้านบางปู	จังหวัดนครศรีธรรมราช
ดินขาวระนอง	จังหวัดระนอง
โซดาเฟลด์สปาร์	ทางการค้าทั่วไป
ควอตซ์	ทางการค้าทั่วไป

3.2.2.2 อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ตะแกรงกรองเบอร์ 80

หม้ออบ

เครื่องชั่ง

บีเกอร์ 100 CC

แบบพิมพ์สำหรับหล่อผลิตภัณฑ์ ในที่นี้ใช้แบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์
 เครื่องมือตกแต่งผลิตภัณฑ์
 เต้าเผา อุปกรณ์การเผาเตาที่ใช้ คือ เต้าแก๊ส
 ถังใส่น้ำดินและอุปกรณ์อื่น ๆ

3.2.2 แบบประเมินความพึงพอใจ

แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา จำนวน 3 ตอน

ตอนที่ 1 ข้อมูลสถานะภาพของผู้ตอบแบบประเมิน

ตอนที่ 2 แบบประเมินความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

เกณฑ์ในการวิเคราะห์พิจารณาประเมินจากช่วงของค่าเฉลี่ยเลขคณิต ดังนี้

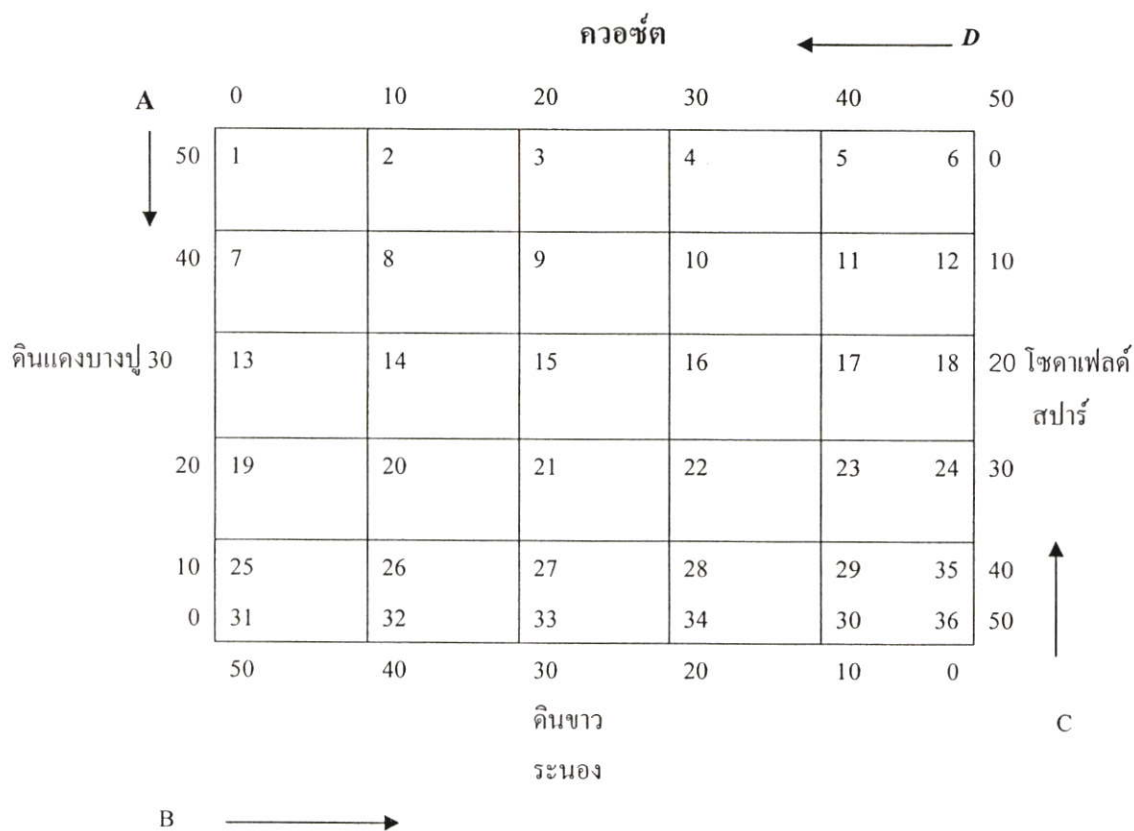
4.50 - 5.00	หมายถึง	มากที่สุด
3.50 - 4.49	หมายถึง	มาก
2.50 - 3.49	หมายถึง	ปานกลาง
1.50 - 2.49	หมายถึง	น้อย
1.00 - 1.49	หมายถึง	น้อยที่สุด

3.3 ขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

3.3.1 การทดลองเพื่อหาอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดเพื่อใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

อัตราส่วนผสมที่ใช้ในการวิจัยได้อ่านค่าวัตถุดิบ 4 ชนิด คือ ดินแดงบ้านบางปู ดินขาวระนอง โซดาเฟลด์สปาร์ และควอตซ์ จากตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่า โดยสุ่มตัวอย่าง อย่างมีระบบให้วัตถุดิบในแต่ละด้านเท่ากัน มีค่าแตกต่างกันจุดละ 10 จาก 0 ถึง 50 ได้จำนวน 36 อัตราส่วนผสม แสดงตามภาพประกอบ และตาราง และกำหนดอัตราส่วนผสมที่ใช้ในการทดลองจำนวน 8 อัตราส่วนผสม คือ อัตราส่วนผสมที่ 8-11 และอัตราส่วนผสมที่ 14-17

ตารางที่ 3.1 แสดงแผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่าและจุดต่างที่อยู่บนแผ่นภาพ



ตารางที่ 3.2 แสดงอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่อ่านค่าได้จากแผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่า

อัตราส่วนผสม	ดินแดงบ้านบางปู	ดินขาวระนอง	โซดาเฟลด์สปาร์	กวอซ์ต
1	50	50	-	-
2	50	40	-	10
3	50	30	-	20
4	50	20	-	30
5	50	10	-	40
6	50	-	-	50
7	40	50	10	-
8	40	40	10	10
9	40	30	10	20
10	40	20	10	30
11	40	10	10	40
12	30	-	10	50
13	30	50	20	-

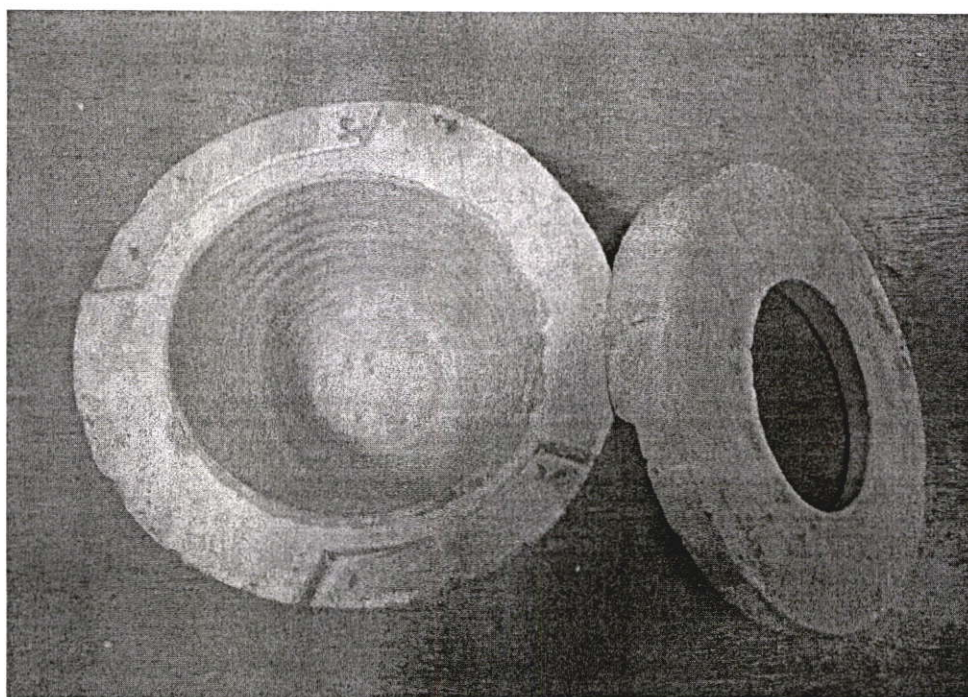
ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

อัตราส่วนผสม	ดินแดงบ้านบางปู	ดินขาวระนอง	โซดาเฟลด์สปาร์	ควอซต์
14	30	40	20	10
15	30	30	20	20
16	30	20	20	30
17	30	10	20	40
18	30	-	20	50
19	20	50	30	-
20	20	40	30	10
21	20	30	30	20
22	20	20	30	30
23	20	10	30	40
24	20	-	30	50
25	10	50	40	-
26	10	40	40	10
27	10	30	40	20
28	10	20	40	30
29	10	10	40	40
30	10	-	40	50
31	-	50	50	-
32	-	40	50	10
33	-	30	50	20
34	-	20	50	30
35	-	10	50	40
36	-	-	50	50

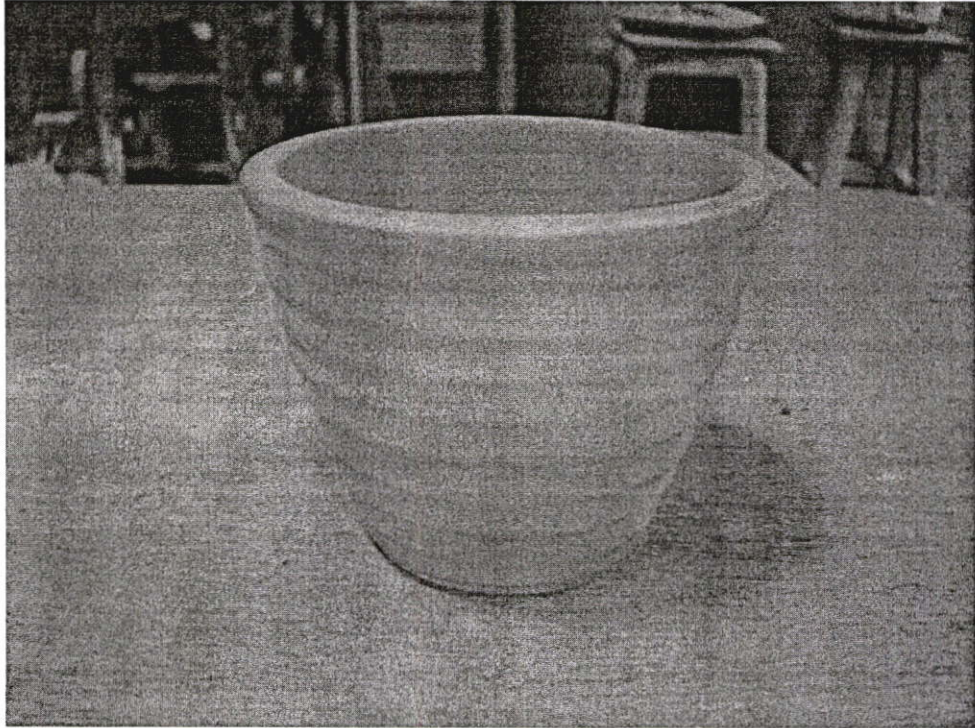
จากตารางแสดงอัตราส่วนผสมที่นำมาทดลอง 8 อัตราส่วนผสม คือ อัตราส่วนผสมที่ 8-11 และอัตราส่วนผสมที่ 14-17 อัตราส่วนผสมที่ 7-10 และ 18-36 ไม่ได้ทำการทดลอง

การทดลองขั้นที่ 1

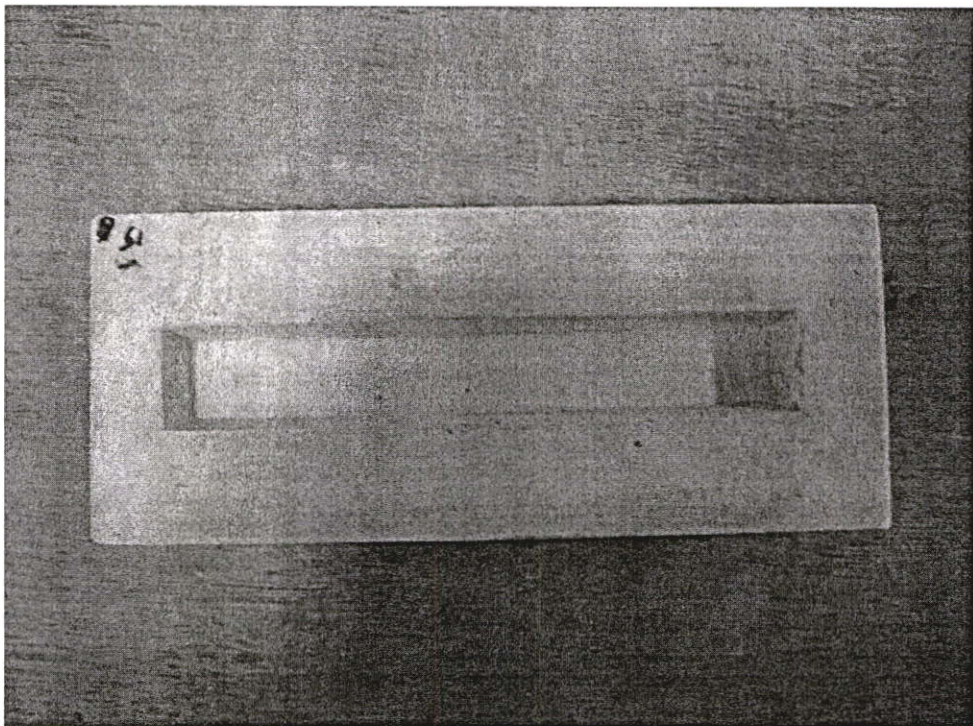
1. กำหนดอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นจากแผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่าโดยสุ่มอย่างมีระบบ ซึ่งจะได้อัตราส่วนผสมทั้งหมด 36 อัตราส่วน แต่ในการทดลองครั้งนี้นำมาทดลอง 8 อัตราส่วนผสม คือ อัตราส่วนผสมที่ 8-11 และ 14-17
2. เตรียมวัตถุดิบโดยนำดินแดงบ้านบางปู มาบดด้วยโกร่ง แล้วกรองด้วยตะแกรงเบอร์ 80
3. ชั่งวัตถุดิบตามอัตราส่วนผสมทั้ง 4 ชนิด คือ ดินแดงบ้านบางปู ดินขาวระนอง โซดา เฟลด์สปาร์ และควอตซ์ สูตรละ 1,000 กรัม
4. นำวัตถุดิบที่ชั่งมาบดเปียกด้วยหม้อบดนาน 1 ชั่วโมง
5. ทดสอบหาร้อยละของน้ำในวัตถุดิบแต่ละสูตร
6. ปริมาณความถ่วงจำเพาะให้ได้ 1.65 ปรับการไหลตัว โดยการเติมโซเดียมซิลิเกต
7. ทดสอบคุณสมบัติการหล่อแบบพิมพ์ที่ 5 มิลลิเมตร แล้วจับเวลาบันทึกผล
8. ตกแต่งด้วยหล่อทดสอบ
9. น้ำด้วยหล่อทดสอบเผาที่อุณหภูมิตั้งแต่ 800 องศาเซลเซียส เตาแก๊ส
10. พิจารณาคุณสมบัติของอัตราส่วนผสมเทียบกับเกณฑ์พิจารณาเนื้อดินปั้นที่ใช้หล่อ
11. เลือกอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดไปใช้ในการทดลองตอนที่ 2 ซึ่ง ได้แก่
 - 11.1 การหกดัว
 - 11.2 การหกดัวรวม
 - 11.3 สีหลังการเผา
 - 11.4 การดูดซึมน้ำ



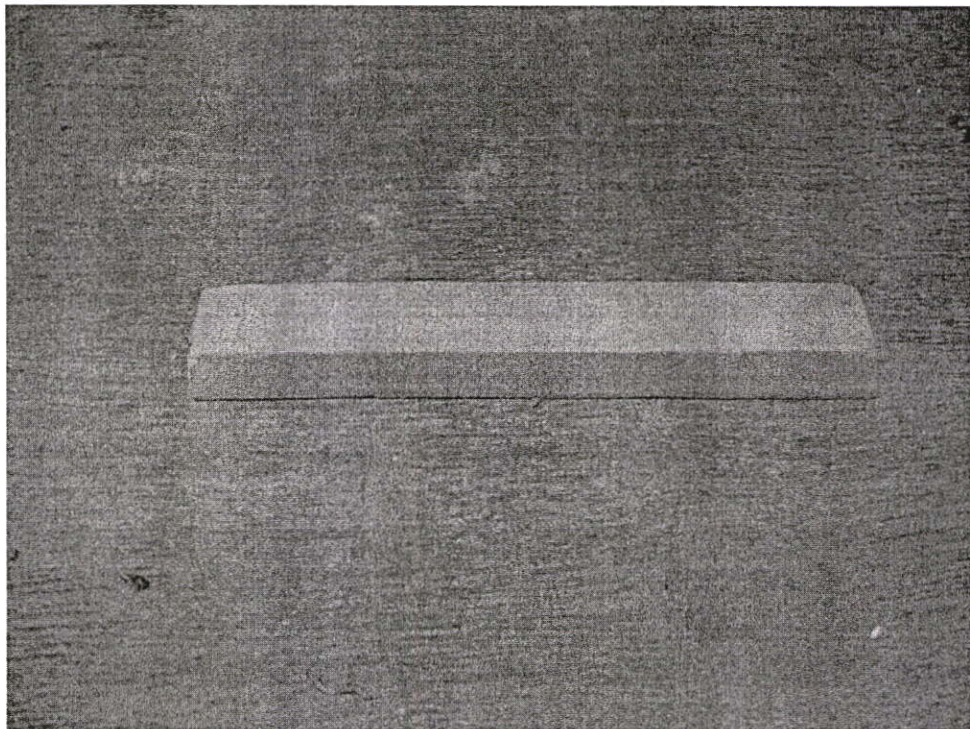
ภาพที่ 3.1 แสดงพิมพ์ที่ใช้ในการหล่อด้วยทดลอง



ภาพที่ 3.2 ถ้วยทดลองที่ผ่านการหล่อ



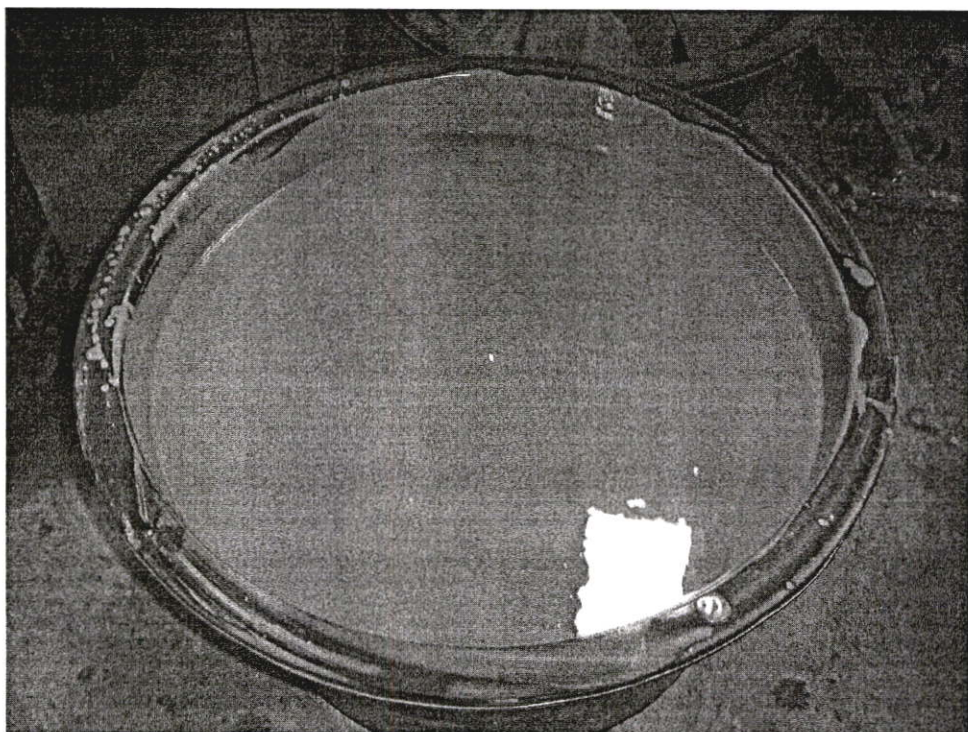
ภาพที่ 3.3 แบบพิมพ์ที่ใช้ในการหล่อแท่งทดสอบ



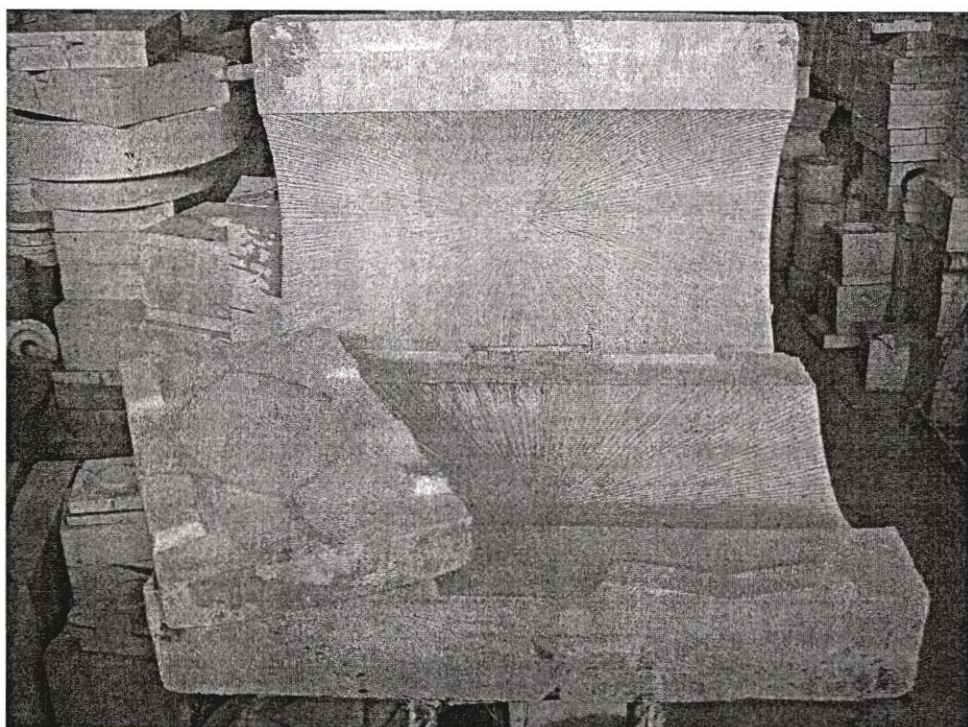
ภาพที่ 3.4 แท่งทดสอบที่ผ่านการหล่อ

การทดลองขั้นที่ 2

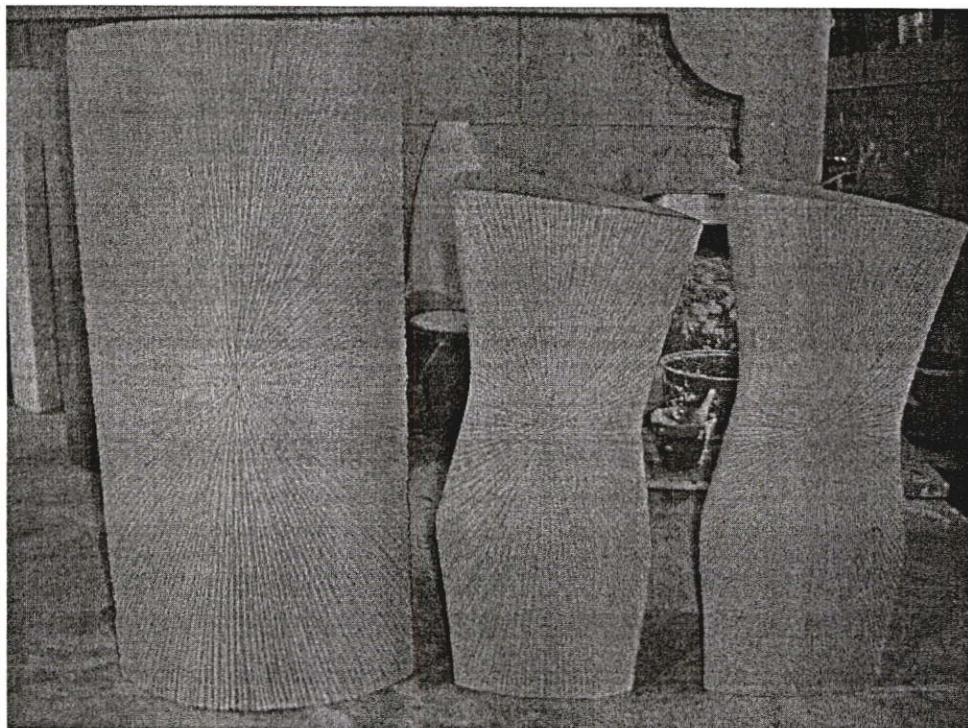
1. ชั่งอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุด ที่ได้จากการทดลองขั้นที่ 1 จำนวน 30 กิโลกรัม
2. บดเปียกด้วยหม้อบดนาน 3 ชั่วโมง
3. นำน้ำดินมาปรับการไหลตัวโดยใช้ไซเคียมซิลิเกต ปรับความถ่วงเพาะให้ได้ 1.65
4. หล่อผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง ที่ได้ทำแบบพิมพ์ไว้เรียบร้อยแล้ว
5. ตกแต่งผลิตภัณฑ์ (แฉก้น)
6. นำผลิตภัณฑ์มาชุบเคลือบ และตกแต่งอีกครั้ง
7. เผาอุณหภูมิตั้งแต่ 800 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชั่น
8. เครื่องปั้นดินเผาสำเร็จรูป (แฉก้น)



ภาพที่ 3.5 น้ำดินที่ใช้ในการหล่อแบบพิมพ์



ภาพที่ 3.6 แบบพิมพ์แฉกที่ใช้ในการหล่อ



ภาพที่ 3.7 ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหล่อแบบพิมพ์

3.3.2 ผู้ทรงคุณวุฒิในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

ผู้ทรงคุณวุฒิ ในการให้คำปรึกษา และคำแนะนำเกี่ยวกับแบบประเมินผลความพึงพอใจ ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา จำนวน 2 คน ประกอบด้วย

นางสาวสุชาดา ไทยแท้ นักวิชาการ สาขา วิจัย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

นายภฤกษ์ เรืองธรรม นักวิชาการ สาขา วิจัย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

ผู้ทรงคุณวุฒิ ในสาขา เซรามิกส์ เพื่อวิเคราะห์ ประเมินผลคุณสมบัติทางกายภาพของ ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา จำนวน 6 คน ประกอบด้วย

ผศ.ดร.ประคฤชฤดี สารสิทธิ์ ภาควิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครศรีธรรมราช

ผศ.ดร.สมบูรณ์ สารสิทธิ์ ภาควิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครศรีธรรมราช

ผศ.ฉัตรชัย แก้วดี ภาควิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ และผู้จัดการโรงงาน เมืองฉกร์ นครศรีธรรมราช

นายอุปการ จีระพันธ์ หัวหน้า โครงการเทคโนโลยี สถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

นายบุญวิทย์ รัตนทิพย์ภรณ์	นักวิชาการ โครงการเทคโนโลยี สถาบันส่งเสริม การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
นายสรชัย จิโนพล	พนักงานบริษัท เมืองลิกอร์ นครศรีธรรมราช แผนก Slip Casting

3.4 การดำเนินการรวบรวมข้อมูล

ในการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับดังนี้

3.4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนการหาความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์เครื่องปั้น

ดินเผา

ผู้วิจัยได้นำ ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่ทำการพัฒนาทำการทดสอบปรับปรุงแก้ไขให้เกิดความสมบูรณ์ โดยให้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 60 คน ทำการประเมินผลความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาโดยใช้แบบสอบถาม



ภาพที่ 3.8 ทางแยกบ้านบางปู



ภาพที่ 3.9 ร้านค้าต่างๆ ที่จำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละด้านในการทดสอบสมบัติทางกายภาพของ เครื่องปั้นดินเผา

3.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบประเมินความคิดเห็น และความต้องการต่อผลิตภัณฑ์ เครื่องปั้นดินเผาของกลุ่มตัวอย่าง และข้อเสนอแนะ

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั่นดินเผาประเภทหล่อ จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดเพื่อใช้ขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบพิมพ์ แสดงผลการทดลองตอนที่ 1.1

ตารางที่ 4.1 การทดสอบสมบัติการหล่อด้วยทดสอบของดินแดงบ้านบางปู

อัตราส่วนผสมที่	ร้อยละของน้ำที่ใช้ขึ้นรูป	ร้อยละของสารช่วยกระจายลอยตัว	เวลาการหล่อที่ 5 (มม.)/(นาที)	สีหลังการเผา	รูปทรงของถ้วยทดสอบ
8	33.33	1.40	17	แดง	ไม่บิดเบี้ยว
9	30.00	1.40	19	แดง	ไม่บิดเบี้ยว
10	30.00	1.40	20	แดง	ไม่บิดเบี้ยว
11	26.66	1.51	15	แดง	ไม่บิดเบี้ยว
14	30.00	1.51	8	แดง	ไม่บิดเบี้ยว
15	30.00	1.28	7	แดง	ไม่บิดเบี้ยว
16	30.00	1.40	8	แดง	ไม่บิดเบี้ยว
17	30.00	0.11	5	แดง	ไม่บิดเบี้ยว

การทดลองตอนที่ 1.1

เมื่อทดสอบสมบัติการหล่อด้วยทดสอบจากอัตราส่วนผสมระหว่าง ดินแดงบ้านบางปู ดินขาวระนอง โซดาเฟลด์สปาร์ และควอทซ์ พบว่า

- เมื่อพิจารณาเวลาการหล่อที่ 5 มิลลิเมตร พบว่าอัตราส่วนผสมที่ใช้เวลาในการหล่อด้วยทดสอบสูงสุดคือ อัตราส่วนผสมที่ 10 ใช้เวลา 20 นาที
- เมื่อพิจารณาเวลาการหล่อที่ 5 มิลลิเมตร พบว่าอัตราส่วนผสมที่ใช้เวลาในการหล่อด้วยทดสอบต่ำสุดคือ อัตราส่วนผสมที่ 17 ใช้เวลา 5 นาที
- เมื่อพิจารณาสมบัติการหล่อด้วยทดสอบ พบว่าอัตราส่วนผสมที่หล่อและแกะออกจากพิมพ์ยากคือ อัตราส่วนผสมที่ 16 และ 17
- เมื่อพิจารณาสีหลังเผาด้วยทดสอบ พบว่าทุกอัตราส่วนผสมมีสีแดง

การทดลองตอนที่ 1.2

ตารางที่ 4.2 แสดงสมบัติของอัตราส่วนผสม 8-11 และ 14-17 ที่ทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเครื่องปั้นดินเผา

อัตราส่วนผสมที่	ร้อยละวัตถุดิบ				เปอร์เซ็นต์การหดตัว			เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ
	ดินแดงบ้านบางปู	ดินขาวระนอง	โซดาเฟลด์สปาร์	ควอตซ์	ก่อนเผา	หลังเผา	รวม	
8	40	40	10	10	6	9	15	8.65
9	40	30	10	20	5	9	14	7.85
10	40	20	10	30	5	7	12	7.59
11	40	10	10	40	5	8	13	9.68
14	30	40	20	10	5	9	14	10.88
15	30	30	20	10	4	10	14	11.98
16	30	20	20	30	4	10	14	11.55
17	30	10	20	40	3	8	11	12.59

จากการทดลองตอนที่ 1.2

เมื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเครื่องปั้นดินเผาจากอัตราส่วนผสมที่ 8-11 และ 14-17

- เมื่อพิจารณาอัตราการหล่อที่ 10 นาที พบว่า อัตราส่วนผสมที่มีอัตราการหล่อสูงสุดคืออัตราส่วนผสมที่ 10 และอัตราส่วนผสมที่มีอัตราการหล่อต่ำสุดคือ อัตราส่วนผสมที่ 17
- เมื่อพิจารณาการหดตัวก่อนเผา พบว่าอัตราส่วนผสมที่มีการหดตัวก่อนเผาสูงสุดคืออัตราส่วนผสมที่ 8 รองลงมาคือ อัตราส่วนผสมที่ 15 และอัตราส่วนผสมที่มีการหดตัวก่อนเผาต่ำสุดคืออัตราส่วนผสมที่ 17
- เมื่อพิจารณาการหดตัวหลังเผา พบว่าอัตราส่วนผสมที่มีการหดตัวหลังเผาสูงสุดคืออัตราส่วนผสมที่ 14 รองลงมาคือ อัตราส่วนผสมที่ 15 และอัตราส่วนผสมที่มีการหดตัวหลังเผาต่ำสุดคืออัตราส่วนผสมที่ 16
- เมื่อพิจารณาการหดตัวรวม พบว่าอัตราส่วนผสมที่มีการหดตัวรวมสูงสุดคืออัตราส่วนผสมที่ 8 และอัตราส่วนผสมที่มีการหดรวมต่ำสุดคือ อัตราส่วนผสมที่ 17
- เมื่อพิจารณาการดูดซึมน้ำหลังเผา พบว่าอัตราส่วนผสมที่มีการดูดซึมน้ำสูงสุดคือ อัตราส่วนผสมที่ 17 และอัตราส่วนผสมที่มีการดูดซึมน้ำต่ำสุดคือ อัตราส่วนผสมที่ 10
- อัตราส่วนผสมที่เลือกใช้ในการทำน้ำดินเพื่อใช้หล่อผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง คือ อัตราส่วนผสมที่ 10 ประกอบด้วย ดินแดงบ้านบางปู 40 เปอร์เซ็นต์ ดินขาวระนอง 20 เปอร์เซ็นต์ โซดาเฟลด์สปาร์ 10 เปอร์เซ็นต์ และควอตซ์ 30 เปอร์เซ็นต์

การทดลองตอนที่ 1.3 ประเมินผลจากผู้ทรงคุณวุฒิโดยใช้แบบประเมินผลความพึงพอใจ ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ของผลิตภัณฑ์เครื่องปั่นดินเผา

ตารางที่ 4.3 แสดงระดับการศึกษาของผู้ทรงคุณวุฒิ

การศึกษาระดับ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ปริญญาตรี	1	16.67
ปริญญาโท	3	50.00
ปริญญาเอก	2	33.33
รวม	6	100.00

จากตารางที่ 4.3 พบว่าผู้ทรงคุณวุฒิที่ตอบแบบประเมิน การศึกษาอยู่ในระดับ ปริญญาตรี จำนวน 1 ท่าน คิดเป็นร้อยละ 16.67 ระดับปริญญาโท จำนวน 3 ท่าน คิดเป็นร้อยละ 50.00 และระดับปริญญาเอก จำนวน 2 ท่าน คิดเป็นร้อยละ 33.33

ตารางที่ 4.4 แสดงระดับประสบการณ์การสอน/การทำงานของผู้ทรงคุณวุฒิ

ประสบการณ์สอน /การทำงาน (ปี)	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1-5	1	16.67
6-10	1	16.67
11-15	4	66.66
รวม	6	100.00

จากตารางที่ 4.4 พบว่าผู้ทรงคุณวุฒิที่ตอบแบบประเมิน มีประสบการณ์การสอน/การทำงาน 1-5 ปี จำนวน 1 ท่าน คิดเป็นร้อยละ 16.67 ประสบการณ์การสอน/การทำงาน 6-10 ปี จำนวน 1 ท่าน คิดเป็นร้อยละ 16.67 และประสบการณ์การสอน/การทำงาน 11-15 ปี จำนวน 4 ท่าน คิดเป็นร้อยละ 66.66

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความเหมาะสมสัมพัทธ์ทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

ความคิดเห็น	\bar{X}	S.D	ความเหมาะสม
1. เวลาการหล่อที่ 5 มม.ของเครื่องปั้นดินเผา	4.50	0.55	มากที่สุด
2. น้ำที่ใช้ในการขึ้นรูปของเครื่องปั้นดินเผา	4.33	0.52	มาก
3. การหัดตัวก่อนเผาของเครื่องปั้นดินเผา	4.33	0.52	มาก
4. การหัดตัวหลังเผาของเครื่องปั้นดินเผา	4.17	0.75	มาก
5. การหัดตัวรวมของเครื่องปั้นดินเผา	4.00	0.63	มาก
6. สีหลังเผาของเครื่องปั้นดินเผา	4.17	0.75	มาก
7. การดูดซึมน้ำของเครื่องปั้นดินเผา	4.00	0.63	มาก
8. ความทนไฟของเครื่องปั้นดินเผา	3.83	0.75	มาก
เฉลี่ยรวม	4.17	0.64	มาก

จากตารางที่ 4.5 พบว่าผู้ทรงคุณวุฒิได้ประเมินผล และสรุประดับความเหมาะสมดังนี้ ระดับมากที่สุด ดังนี้ คือ เวลาการหล่อที่ 5 มม. ($\bar{X} = 4.50$, S.D = 0.55) ระดับความเหมาะสมมากพบว่าน้ำที่ใช้ในการขึ้นรูป ($\bar{X} = 4.33$, S.D = 0.52) การหัดตัวก่อนเผา ($\bar{X} = 4.33$, S.D = 0.52) การหัดตัวหลังเผา ($\bar{X} = 4.17$, S.D = 0.75) สีหลังเผา ($\bar{X} = 4.17$, S.D = 0.75) การหัดตัวรวม ($\bar{X} = 4.00$, S.D = 0.63) การดูดซึมน้ำ ($\bar{X} = 4.00$, S.D = 0.63) และความทนไฟ ($\bar{X} = 3.83$, S.D = 0.75)

ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

หล่อแบบพิมพ์ควรใช้แบบพิมพ์หลายรูปแบบ เพื่อจะได้ดูการยึดเกาะของเนื้อดินที่มีต่อแบบพิมพ์ในรูปแบบต่างๆ และยังส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ ในส่วนของข้อต่อต่างๆ ของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา จะมีความเหมาะสมต่อการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบพิมพ์ที่มีความซับซ้อนมากหรือไม่

หากต้องการนำอัตราส่วนผสมไปใช้ควรได้มีการทดลองก่อนทุกครั้ง

หากนำสูตรผสมมาใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์หล่อแบบพิมพ์ควรมีการปรับความถ่วงจำเพาะ และปรับการไหลตัวของน้ำดินให้เหมาะสม

การเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาควรใช้อุณหภูมิที่กำหนดหรือสูงกว่า

ตอนที่ 2 แบบสอบถาม ความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

ตารางที่ 4.6 ลักษณะทั่วไปของผู้แบบสอบถาม

ลักษณะทั่วไปของผู้แบบสอบถาม	จำนวน (คน)	ร้อยละ
นักท่องเที่ยว	20	33.33
ผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์	20	33.33
ผู้ผลิต	20	33.34
รวม	60	100.00

จากตารางที่ 4.6 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นนักท่องเที่ยว จำนวน 2 ท่าน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์ จำนวน 20 ท่าน คิดเป็นร้อยละ 33.33 และผู้ผลิต จำนวน 20 ท่าน คิดเป็นร้อยละ 33.34

ตารางที่ 4.7 ความพอใจของผู้ตอบแบบสอบถามที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช

ความคิดเห็น	\bar{X}	S.D	ความพอใจ
1. เครื่องปั้นดินเผาที่ใช้วัสดุท้องถิ่น ได้คุ้มค่า	4.16	0.66	มาก
2. เครื่องปั้นดินเผาแสดงถึงลักษณะเฉพาะท้องถิ่นของ จังหวัดนครศรีธรรมราช ได้ชัดเจน	4.21	0.58	มาก
3. เครื่องปั้นดินเผามีความสวยงาม โดยรวม	4.08	0.53	มาก
4. เครื่องปั้นดินเผามีประโยชน์ในการใช้สอย	4.10	0.57	มาก
5. เครื่องปั้นดินเผาแสดงถึงศิลปะท้องถิ่น	3.88	0.69	มาก
6. เครื่องปั้นดินเผาสามารถประยุกต์เข้ากับยุคสมัยปัจจุบัน	3.95	0.83	มาก
7. เครื่องปั้นดินเผาทำให้เกิดความรู้สึกรักภูมิใจเมื่อได้รับเป็นของฝาก	3.80	0.70	มาก
8. เครื่องปั้นดินเผาสามารถนำไปใช้งานได้จริง	4.00	0.55	มาก
9. เครื่องปั้นดินเผาง่ายต่อการผลิตในเชิงพาณิชย์	3.73	0.63	มาก
10. เครื่องปั้นดินเผาสามารถนำไปขายในระบบธุรกิจได้	3.73	0.73	มาก
เฉลี่ยรวม	3.96	0.65	มาก

จากตารางที่ 4.7 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามได้สรุประดับความพอใจอยู่ในระดับมาก คือ เครื่องปั้นดินเผาแสดงถึงลักษณะเฉพาะท้องถิ่นของจังหวัดนครศรีธรรมราชได้ชัดเจน ($\bar{X}=4.21$,

S.D = 0.58) เครื่องปั้นดินเผาที่ใช้วัสดุท้องถิ่นได้คุ้มค่า ($\bar{X}=4.16$, S.D = 0.66) เครื่องปั้นดินเผาที่มีประโยชน์ในการใช้สอย ($\bar{X}=4.10$, S.D = 0.57) เครื่องปั้นดินเผาที่มีความสวยงามโดยรวม ($\bar{X}=4.08$, S.D = 0.53) เครื่องปั้นดินเผาสามารถนำไปใช้งานได้จริง ($\bar{X}=4.00$, S.D = 0.55) เครื่องปั้นดินเผาสามารถประยุกต์เข้ากับยุคสมัยปัจจุบัน ($\bar{X}=3.95$, S.D = 0.83) เครื่องปั้นดินเผาแสดงถึงศิลปะท้องถิ่น ($\bar{X}=3.88$, S.D = 0.69) เครื่องปั้นดินเผาทำให้เกิดความรู้สึกรักภูมิใจเมื่อได้รับเป็นของฝาก ($\bar{X}=3.80$, S.D = 0.70) เครื่องปั้นดินเผาช่วยต่อการผลิตในเชิงพาณิชย์ ($\bar{X}=3.73$, S.D = 0.63) และเครื่องปั้นดินเผาสามารถนำไปขายในระบบธุรกิจได้ ($\bar{X}=3.73$, S.D = 0.73)

ข้อเสนอแนะ เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช

เครื่องปั้นดินเผาที่ได้มีความหลากหลายมากขึ้น ซึ่งเป็นผลจากการผลิต ซึ่งถ้าลูกค้าสั่งผลิตภัณฑ์ เครื่องปั้นดินเผาครั้งละปริมาณมากๆ และมีลักษณะรูปแบบที่เหมือนกันมันจะง่ายต่อการผลิต ไม่ยุ่งยาก ผลิตภัณฑ์ของเดิมจะใช้ความชำนาญเฉพาะตัวบุคคลส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่มีความหลากหลาย และมีอุปสรรคต่อการผลิตซึ่งถ้าบุคคลนั้นๆ ไม่ได้ทำการผลิต หากบุคคลอื่นๆ มาทดแทน ถ้าหาก

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา ประเภทหล่อ จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการสรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะออกเป็น 2 ตอนดังนี้

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช
2. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยขึ้นรูปด้วยการหล่อแบบพิมพ์
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อซึ่งได้รับการพัฒนาแล้ว จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช

5.2 สมมติฐานของการวิจัย

1. ดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช สามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา ประเภทหล่อแบบพิมพ์ ได้
2. ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่ได้จากการหล่อแบบพิมพ์ จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช จะมีสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา
3. ความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่พัฒนาขึ้น จากดินแดงบ้านบางปู อยู่ในเกณฑ์มาก

5.3 ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

5.3.1 ประชากร หมายถึง กลุ่มเป้าหมายที่มาเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาบ้านบางปู จำนวน 200 คนต่อวัน

5.3.2 กลุ่มตัวอย่าง หมายถึง กลุ่มเป้าหมายที่มาเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาบ้านบางปู จำนวน 60 คน (อ้างใน นิรัช สดุดสังข์. 2548 : 49)

5.5.3 ตัวแปรที่ศึกษา

5.3.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้น ได้แก่ เวลาการหล่อ น้ำที่ใช้ในการขึ้นรูป การหดตัวก่อนเผา การหดตัวหลังเผา การหดตัวรวม สีหลังเผา การดูดซึมน้ำ และความทนไฟ

5.3.1.2 ความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่พัฒนาขึ้น จากดินแดงบ้านบางปู

การดำเนินการทดลอง ตอนที่ 1

ตอนที่ 1.1 เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดเพื่อใช้ขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบพิมพ์

1. กำหนดอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นจากแผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่าโดยสุ่มอย่างมีระบบ ซึ่งจะได้อัตราส่วนผสมทั้งหมด 36 อัตราส่วน แต่ในการทดลองครั้งนี้นำมาทดลอง 8 อัตราส่วนผสม คือ อัตราส่วนผสมที่ 8-11 และอัตราส่วนผสมที่ 14-17

2. เตรียมวัตถุดิบ โดยนำดินแดงบ้านบางปูมาบดด้วยโกร่งแล้วกรองด้วยตะแกรงเบอร์ 80

3. ชั่งวัตถุดิบตามอัตราส่วนผสมทั้ง 4 ชนิด คือ ดินแดงบ้านบางปู ดินขาว ระนอง โซดาเฟลด์สปาร์ และควอตซ์ สูตรละ 1,000 กรัม

4. นำวัตถุดิบที่ชั่งมาบดเปียกด้วยหม้อบดนาน 1 ชั่วโมง

5. ทดสอบหาร้อยละของน้ำในวัตถุดิบแต่ละสูตร

6. ปริมาณความถ่วงจำเพาะให้ได้ 1.65 ปรับการไหลตัว โดยการเติมโซเดียมซิลิเกต

7. ทดสอบสมบัติการหล่อแบบพิมพ์ที่ 5 มิลลิเมตร แล้วจับเวลาบันทึกผล

8. ตกแต่งด้วยหล่อทดสอบ

9. นำด้วยหล่อทดสอบเผาที่อุณหภูมิตั้งแต่ 800 องศาเซลเซียส ขึ้นไป เตาแก๊ส

10. พิจารณาสสมบัติของอัตราส่วนผสมเทียบกับเกณฑ์พิจารณาเนื้อดินปั้นสโตนแวร์

11. มาทดสอบสมบัติทางกายภาพได้แก่

11.1 การหดตัวก่อนเผา

11.2 การหดตัวหลังเผา

11.3 การหดตัวรวม

11.4 การดูดซึมน้ำ

11.5 สีหลังเผา

ตอนที่ 1.2 หล่อผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่ได้สร้างแบบพิมพ์หล่อไว้เรียบร้อยแล้ว

1. ชั่งอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดที่ได้จากการทดลองตอนที่ 1 จำนวน 30 กิโลกรัม

2. บดเปียกด้วยหม้อบดนาน 3 ชั่วโมง

3. นำน้ำดินมาปรับการไหลตัวโดยใช้โซเดียมซิลิเกต ปรับความถ่วงจำเพาะให้

ได้ 1.65

4. หล่อผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง ที่ได้ทำแบบพิมพ์ไว้เรียบร้อยแล้ว

5. ตกแต่งผลิตภัณฑ์ (แจกัน)
6. นำผลิตภัณฑ์มาชุบเคลือบ และตกแต่งอีกครั้ง
7. เผาอุณหภูมิตั้งแต่ 800 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชั่น
8. เครื่องปั้นดินเผาสำเร็จรูป (แจกัน)

5.4 สรุปผลการทดลอง

5.4.1 เมื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์จากอัตราส่วนผสมที่ 8-11 และ 14-17

1. เมื่อพิจารณาสีหลังเผาด้วยทดสอบ พบว่าทุกอัตราส่วนผสมมีสีแดง
2. เมื่อพิจารณาอัตราการหล่อที่ 10 นาที พบว่า อัตราส่วนผสมที่มีอัตราการหล่อสูงสุดคือ อัตราส่วนผสมที่ 10 และอัตราส่วนผสมที่มีอัตราการหล่อต่ำสุดคือ อัตราส่วนผสมที่ 17
3. เมื่อพิจารณาการหดตัวก่อนเผา พบว่าอัตราส่วนผสมที่มีการหดตัวก่อนเผาสูงสุดคืออัตราส่วนผสมที่ 8 รองลงมาคือ อัตราส่วนผสมที่ 15 และอัตราส่วนผสมที่มีการหดตัวก่อนเผาต่ำสุดคือ อัตราส่วนผสมที่ 17
4. เมื่อพิจารณาการหดตัวหลังเผา พบว่าอัตราส่วนผสมที่มีการหดตัวหลังเผาสูงสุดคืออัตราส่วนผสมที่ 14 รองลงมาคือ อัตราส่วนผสมที่ 15 และอัตราส่วนผสมที่มีการหดตัวหลังเผาต่ำสุดคือ อัตราส่วนผสมที่ 16
5. เมื่อพิจารณาการหดตัวรวม พบว่าอัตราส่วนผสมที่มีการหดตัวรวมสูงสุดคืออัตราส่วนผสมที่ 8 และอัตราส่วนผสมที่มีการหดตัวรวมต่ำสุดคือ อัตราส่วนผสมที่ 17
6. เมื่อพิจารณาการดูดซึมน้ำหลังเผา พบว่าอัตราส่วนผสมที่มีการดูดซึมน้ำสูงสุดคืออัตราส่วนผสมที่ 17 และอัตราส่วนผสมที่มีการดูดซึมน้ำต่ำสุดคือ อัตราส่วนผสมที่ 10
7. เมื่อพิจารณาสมบัติการหล่อด้วยทดสอบ พบว่าอัตราส่วนผสมที่หล่อและแกะออกจากพิมพ์ยากคือ อัตราส่วนผสมที่ 16 และ 17
8. อัตราส่วนผสมที่เลือกใช้ในการทำน้ำดินเพื่อใช้หล่อผลิตภัณฑ์คือ อัตราส่วนผสมที่ 10 ประกอบด้วย ดินแดงบ้านบางปู 40 เปอร์เซ็นต์ ดินขาวระนอง 20 เปอร์เซ็นต์ โซดาเฟลด์สปาร์ 10 เปอร์เซ็นต์ และควอตซ์ 30 เปอร์เซ็นต์

5.4.2 ประเมินผลจากผู้ทรงคุณวุฒิ โดยใช้แบบประเมินผลความเหมาะสมต่อคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

5.4.2.1 สถานะภาพทั่วไปของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผู้ทรงคุณวุฒิที่ตอบแบบประเมินผล พบว่าการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี จำนวน 2 ท่าน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ระดับปริญญาโท จำนวน 2 ท่าน คิดเป็นร้อยละ 33.33 และระดับปริญญาเอก จำนวน 2 ท่าน คิดเป็นร้อยละ 33.33

ผู้ทรงคุณวุฒิที่ตอบแบบประเมิน มีประสบการณ์การสอน/การทำงาน 1-5 ปี จำนวน 1 ท่าน คิดเป็นร้อยละ 16.70 ประสบการณ์การสอน/การทำงาน 6-10 ปี จำนวน 1 ท่าน คิดเป็นร้อยละ 16.70 และประสบการณ์การสอน/การทำงาน 11-15 ปี จำนวน 4 ท่าน คิดเป็นร้อยละ 66.70

5.4.2.2 สมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

พบว่าผู้ทรงคุณวุฒิได้ประเมินผล และสรุประดับความพอใจดังนี้ ระดับมากที่สุด ดังนี้ คือ เวลาการหล่อที่ 5 มม. ($\bar{X} = 4.50$, S.D = 0.55) ระดับความพอใจมากพบว่าน้ำที่ใช้ในการขึ้นรูป ($\bar{X} = 4.33$, S.D = 0.52) การหัดตัวก่อนเผา ($\bar{X} = 4.33$, S.D = 0.52) การหัดตัวหลังเผา ($\bar{X} = 4.17$, S.D = 0.75) สีหลังเผา ($\bar{X} = 4.17$, S.D = 0.75) การหัดตัวรวม ($\bar{X} = 4.00$, S.D = 0.63) การดูดซึมน้ำ ($\bar{X} = 4.00$, S.D = 0.63) ความทนไฟ ($\bar{X} = 3.83$, S.D = 0.75) สรุปผลประเมินผลของผู้ทรงคุณวุฒิอยู่ในระดับ พอใจมาก

5.4.2.3 ข้อเสนอแนะจากแบบประเมินผลของผู้ทรงคุณวุฒิ

หล่อแบบพิมพ์ควรใช้แบบพิมพ์หลายๆรูปแบบ เพื่อจะได้ดูการยึดเกาะของเนื้อดินที่มีต่อแบบพิมพ์ในรูปแบบต่างๆ และยังส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ ในส่วนของข้อต่อต่างๆ ของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา จะมีความเหมาะสมต่อการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบพิมพ์ที่มีความซับซ้อนมากหรือไม่ หากต้องการนำอัตราส่วนผสมไปใช้ควรได้มีการทดลองก่อนทุกครั้ง หากนำสูตรผสมมาใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์หล่อแบบพิมพ์ควรมีการปรับความถ่วงจำเพาะ และปรับการไหลตัวของน้ำดินให้เหมาะสม การเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาควรใช้อุณหภูมิที่กำหนดหรือสูงกว่า

5.4.3 แบบสอบถาม ความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามได้สรุประดับความพอใจอยู่ในระดับมาก คือ เครื่องปั้นดินเผาแสดงถึงลักษณะเฉพาะท้องถิ่นของจังหวัดนครศรีธรรมราชได้ชัดเจน ($\bar{X} = 4.21$, S.D = 0.58) เครื่องปั้นดินเผาที่ใช้วัสดุท้องถิ่นได้คุ้มค่า ($\bar{X} = 4.16$, S.D = 0.66) เครื่องปั้นดินเผามีประโยชน์ในการใช้สอย ($\bar{X} = 4.10$, S.D = 0.57) เครื่องปั้นดินเผามีความสวยงามโดยรวม ($\bar{X} = 4.08$, S.D = 0.53) เครื่องปั้นดินเผาสามารถนำไปใช้งานได้จริง ($\bar{X} = 4.00$, S.D = 0.55) เครื่องปั้นดินเผาสามารถประยุกต์เข้ากับยุคสมัยปัจจุบัน ($\bar{X} = 3.95$, S.D = 0.83) เครื่องปั้นดินเผาแสดงถึงศิลปะท้องถิ่น ($\bar{X} = 3.88$, S.D = 0.69) เครื่องปั้นดินเผาทำให้เกิดความรู้สึกภูมิใจเมื่อได้รับเป็นของฝาก

($\bar{X}=3.80$, S.D = 0.70) เครื่องปั้นดินเผาง่ายต่อการผลิตในเชิงพาณิชย์ ($\bar{X}=3.73$, S.D = 0.63) และเครื่องปั้นดินเผาสามารถนำไปขายในระบบธุรกิจได้ ($\bar{X}=3.73$, S.D = 0.73)

5.5 อภิปรายผลการทดลอง

5.5.1 เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดเพื่อใช้ขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบพิมพ์

ในการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการ ซึ่งได้แบ่งสรุปการทดลองดังนี้ เเผาในบรรยากาศ ออกซิเจนที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส ซึ่งผู้วิจัยได้อภิปรายผลการทดลองออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้ จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินอัตราส่วนผสมที่ 8-11 และ 14-17

1. เมื่อพิจารณาอัตราการหล่อที่ 10 นาที พบว่า อัตราส่วนผสมที่มีอัตราการหล่อสูงสุดคือ อัตราส่วนผสมที่ 10 อันเกิดจากมีปริมาณของ คิวซัดในอัตราส่วนที่สูง และอัตราส่วนผสมที่มีอัตราการหล่อต่ำสุดคือ อัตราส่วนผสมที่ 17 อันเกิดจากมีสารกระจายลอยตัวในปริมาณที่น้อยทำให้น้ำดินมีความหนืดสูง

2. เมื่อพิจารณาการหดตัวก่อนเผา พบว่าอัตราส่วนผสมที่มีการหดตัวก่อนเผาสูงสุดคืออัตราส่วนผสมที่ 8 ซึ่งเกิดจากมีปริมาณ อัตราส่วนผสมของดินแดงสูง รองลงมาคือ อัตราส่วนผสมที่ 15 และอัตราส่วนผสมที่มีการหดตัวก่อนเผาค่ำสุดคือ อัตราส่วนผสมที่ 17 ซึ่งเกิดจากมีปริมาณอัตราส่วนผสมของคิวซัดสูง

3. เมื่อพิจารณาการหดตัวหลังเผา พบว่าอัตราส่วนผสมที่มีการหดตัวหลังเผาสูงสุดคืออัตราส่วนผสมที่ 14 ซึ่งเกิดจากมีปริมาณอัตราส่วนผสมของดินขาวระนองสูง รองลงมาคือ อัตราส่วนผสมที่ 15 และอัตราส่วนผสมที่มีการหดตัวหลังเผาค่ำสุดคือ อัตราส่วนผสมที่ 16 ซึ่งเกิดจากมีปริมาณอัตราส่วนผสมของคิวซัดสูง

4. เมื่อพิจารณาการหดตัวรวม พบว่าอัตราส่วนผสมที่มีการหดตัวรวมสูงสุดคืออัตราส่วนผสมที่ 8 ซึ่งเกิดจากมีปริมาณ อัตราส่วนผสมของดินแดงสูง และอัตราส่วนผสมที่มีการหดตัวรวมต่ำสุดคือ อัตราส่วนผสมที่ 17 ซึ่งเกิดจากมีปริมาณอัตราส่วนผสมของคิวซัดสูง

5. เมื่อพิจารณาการดูดซึมน้ำหลังเผา พบว่าอัตราส่วนผสมที่มีการดูดซึมน้ำสูงสุดคืออัตราส่วนผสมที่ 17 ซึ่งเกิดจากมีปริมาณอัตราส่วนผสมของคิวซัดสูง มีความทนไฟสูง ทำให้น้ำดินมีการหดตัวต่ำ เกิดการพูน ส่งผลให้มีการดูดซึมน้ำสูง และอัตราส่วนผสมที่มีการดูดซึมน้ำต่ำสุดคือ อัตราส่วนผสมที่ 10 เกิดจากอัตราส่วนผสมของเนื้อดินอยู่ในปริมาณที่เหมาะสม ระหว่างดินแดง และคิวซัด

6. อัตราส่วนผสมที่เลือกใช้ในการทำน้ำดินเพื่อใช้หล่อผลิตภัณฑ์ตัวอย่างคือ อัตราส่วนผสมที่ 10 ประกอบด้วย ดินแดงบ้านบางปู 40 เปอร์เซ็นต์ ดินขาวระนอง 20 เปอร์เซ็นต์

โซดาเฟลด์สปาร์ 10 เปอร์เซ็นต์ และควอตซ์ 30 เปอร์เซ็นต์ เพราะเมื่อผ่านการทดสอบต่างๆแล้ว ได้ค่าอยู่ในระดับที่ดีของการผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นายนิวัตร พัฒนะ นายจุมพล พงศักดิ์ศรี นางสาว เพ็ชรพิน ขยับ และนางรัชฎาภรณ์ เกษมศักดิ์ สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก, 2544 การศึกษาและพัฒนาสมบัติของดินบ้านคางคกดินทอง เพื่อทำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทสโตนแวร์ คุณภาพดี พบว่าส่วนผสมที่มีดินบ้านคางคกดินทอง ร้อยละ 60 และดินขาวลำปางร้อยละ 40 มีความเหมาะสมเป็นเครื่องปั้นดินเผาประเภทสโตนแวร์คุณภาพดีเมื่อเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส จึงได้เลือกมาทำการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ปรากฏว่ามีความเหมาะสมในการขึ้นรูปด้วยใบมีด และขึ้น เป็นหมุน ในระดับมาก

7. เมื่อพิจารณาการหดตัวของเนื้อดินปั้นพบว่าอัตราการหดตัวจะต่ำมากก็เพราะใน อัตราส่วนผสมมีดินขาวระนอง และควอตซ์ ผสมอยู่ซึ่งทั้งดินขาวระนอง และ ควอตซ์ จะสามารถ ทนอุณหภูมิได้สูง ส่งผลทำให้การหดตัวของเนื้อดินต่ำ

8. เมื่อพิจารณาการดูดซึมน้ำหลังเผาพบว่าจะสูงขึ้นตามลำดับก็เพราะเมื่อ ควอตซ์มี ปริมาณสูงขึ้นการหดตัวของเนื้อดินก็จะน้อยลง ทำให้ความพรุนตัวของเนื้อดินเพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ การดูดซึมน้ำหลังเผาสูง

การศึกษาและพัฒนาครั้งนี้ไปสอดคล้องกับงานวิจัยของ พรชนก ประชุมพันธุ์ เรื่องการ ปรับปรุงคุณภาพดินหางคางเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกบาง : ชนิคมหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2537 เป็นการ ปรับปรุงดินหางคางเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิก การทดลองมีการไหลตัวของน้ำดินดี เผา ที่อุณหภูมิ 1,060 องศาเซลเซียส มีการหดตัวอยู่ที่ ระหว่าง 6-14 เปอร์เซ็นต์ การดูดซึมน้ำอยู่ ระหว่าง 0-12 เปอร์เซ็นต์ เนื้อดินสามารถนำมาใช้ในการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อได้ และการขึ้นรูป อีสระได้ สามารถเคลือบผิวผลิตภัณฑ์ได้

5.5.2 ประเมินผลจากผู้ทรงคุณวุฒิ โดยใช้แบบประเมินผลความพึงพอใจต่อคุณสมบัติทาง กายภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

ประเมินผลจากผู้ทรงคุณวุฒิ พบว่า คุณสมบัติทางกายภาพของการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์ เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ จากดินแดงบ้านบางปูจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งจากการดำเนินการ ทดลองพบว่าผู้ทรงคุณวุฒิประเมินผลอยู่ในระดับความพึงพอใจมาก ซึ่งสอดคล้องกับคุณสมบัติ ทางกายภาพของเครื่องปั้นดินเผาทั่วไป ไม่ว่าจะเป็นเวลาการหล่อที่ 5 มม.ของเครื่องปั้นดินเผา น้ำ ที่ใช้ในการขึ้นรูปของเครื่องปั้นดินเผา การหดตัวก่อนเผาของเครื่องปั้นดินเผา การหดตัวหลังเผา ของเครื่องปั้นดินเผา การหดตัวรวมของเครื่องปั้นดินเผา สีหลังเผาของเครื่องปั้นดินเผา การดูดซึมน้ำ ของเครื่องปั้นดินเผา และความทนไฟของเครื่องปั้นดินเผา

5.5.3 ความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

ความพึงพอใจคือผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา ของผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มาก อันเกิดจากขั้นตอนการผลิต และการนำดินแดงมาขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบพิมพ์ ซึ่งเป็นอะไรที่แปลกใหม่ เพราะดินแดงส่วนมากที่พบเห็นจะมีการขึ้นรูปด้วยวิธี เป็นหมุน

จากการทดลองครั้งนี้ได้ บรรลุตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่วางไว้คือ

1. เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อแบบพิมพ์ จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช

พบว่าจากทดสอบสมบัติทางกายภาพที่ได้จากดินแดงบ้านบางปูในครั้งนี้ เป็นไปตามคุณสมบัติของเนื้อดินปั้น ไม่ว่าจะเป็น เวลาการหล่อที่ 5 มิลลิเมตร น้ำที่ใช้ในการขึ้นรูป การหดตัวก่อนเผา การหดตัวหลังเผา การหดตัวรวม สีหลังเผา การดูดซึมน้ำหลังเผา และความทนไฟ

2. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยขึ้นรูปด้วยการหล่อแบบพิมพ์

พบว่าจากการทดลอง สูตรดินที่ทำการทดลองสามารถนำมาขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบพิมพ์ได้ สามารถนำมาหล่อเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นได้ ผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับ ดี

3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช

พบว่าเมื่อได้ศึกษาและประเมินผลความพึงพอใจจากผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช อยู่ในขั้นพอใจ มาก

5.6 ข้อเสนอแนะ

5.6.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการทดลองไปใช้

5.6.1.1 หากต้องการนำอัตราส่วนผสม ไปใช้ควร ได้มีการทดลองก่อนทุกครั้ง

5.6.1.2 หากนำสูตรผสมมาใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์หล่อแบบพิมพ์ควรมีการปรับความถ่วงจำเพาะ และปรับการไหลตัวของน้ำดินให้เหมาะสม

5.5.1.3 การเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาควรใช้อุณหภูมิที่กำหนดหรือสูงกว่า

5.6.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

5.6.2.1 ควรทดลองที่อุณหภูมิที่ต่ำหรือสูงกว่า 1,200 องศาเซลเซียส

5.6.2.2 ควรมีการทดลองซ้ำอีกหลายๆ ครั้ง เพื่อจะได้ค่าที่แน่นอน

5.6.3 การออกแบบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาควรมีความหลากหลาย ควรมีหลายๆ รูปแบบ เพื่อดูประสิทธิภาพในการหล่อ และดูถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่ได้

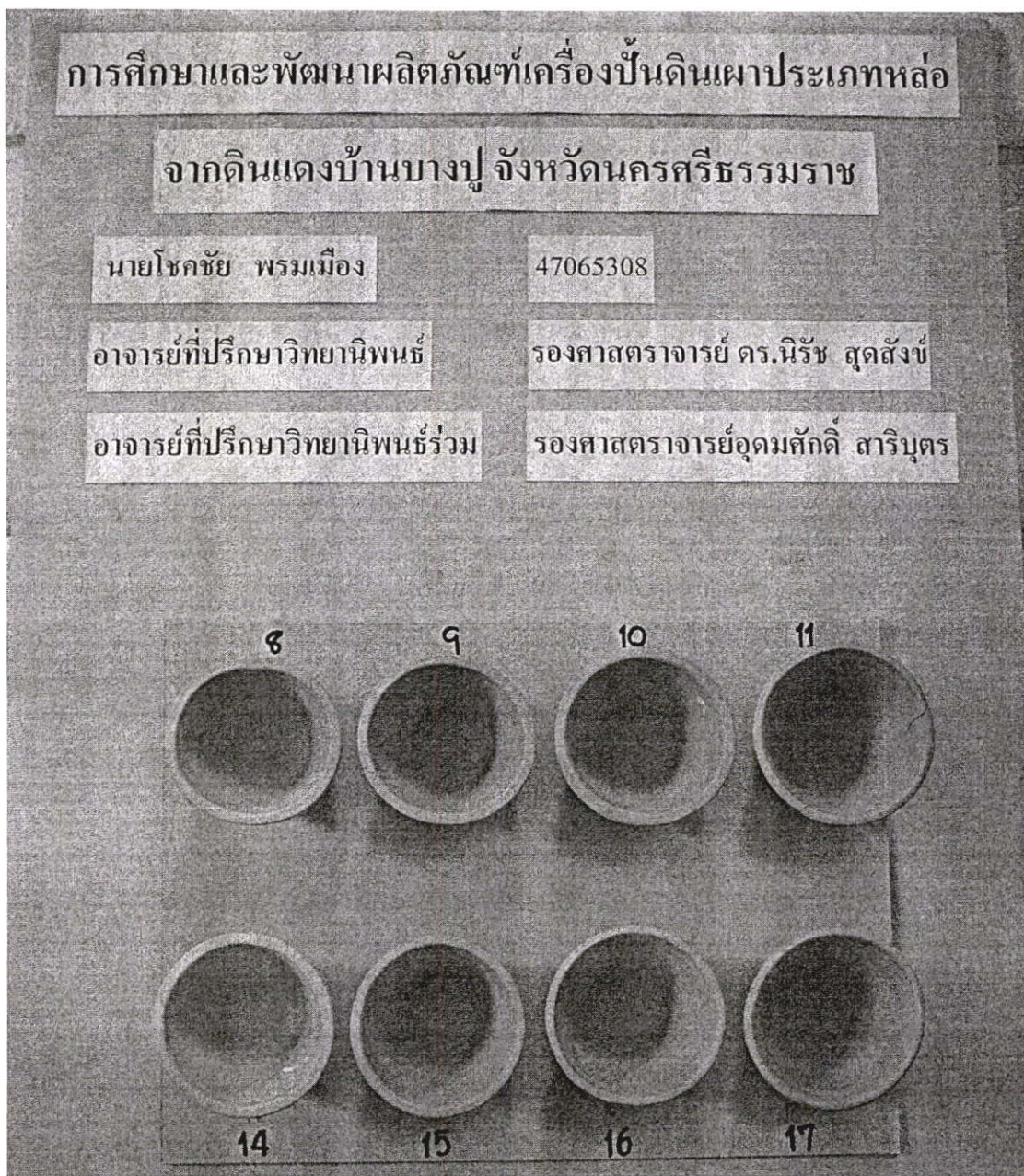
5.6.4 การหล่อผลิตภัณฑ์ที่นอกเหนือจากแจกัน ซึ่งถ้าเน้นสีผลิตภัณฑ์ที่มีสีขาวคงไม่สามารถนำเนื้อดินบ้านบางปูไปใช้ได้มากนัก เพราะดินแดงบ้านบางปูมีสีแดง ไม่เหมาะกับการหล่อผลิตภัณฑ์ที่เน้นความขาวของผลิตภัณฑ์

บรรณานุกรม

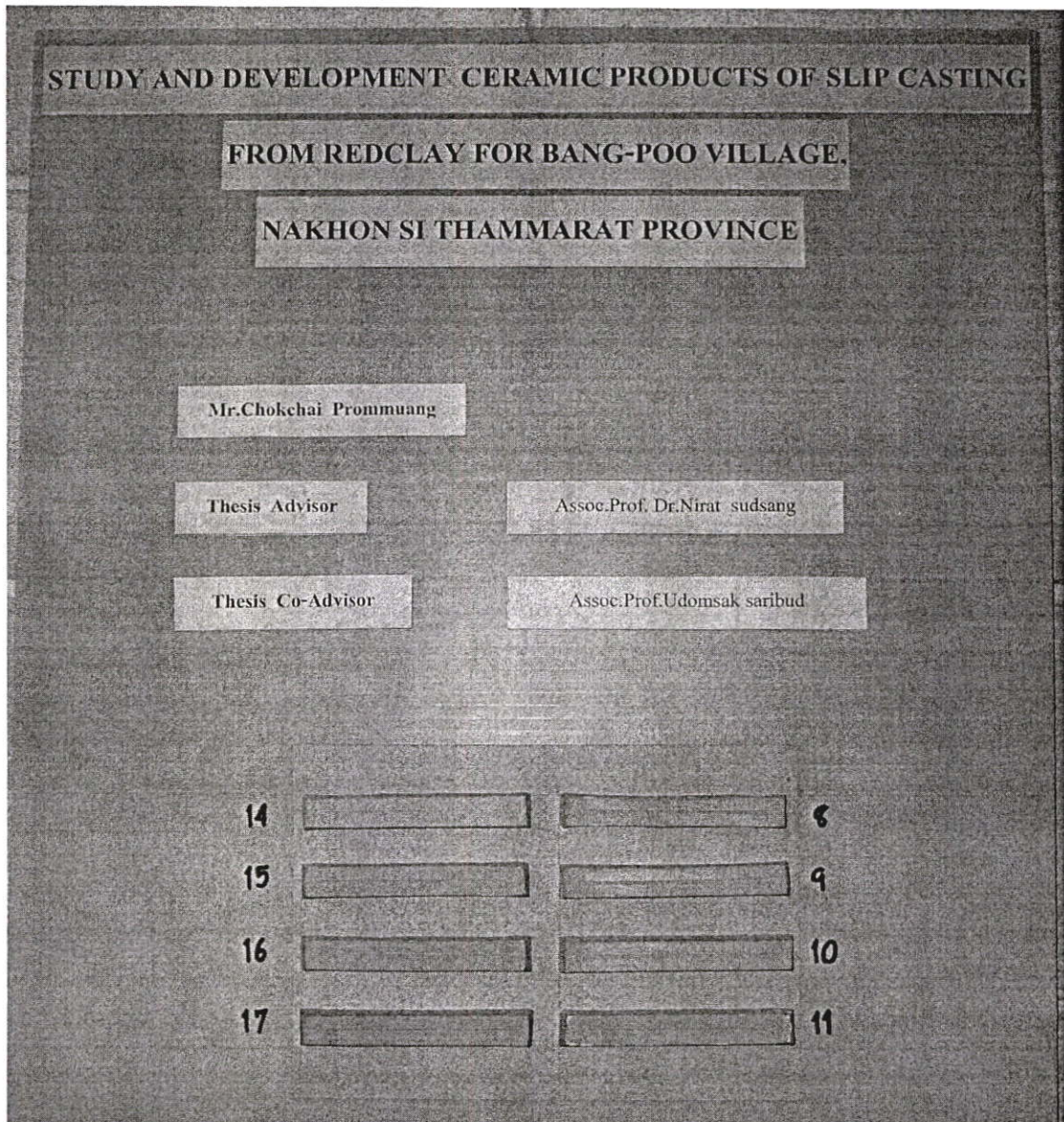
- โกมล รักรั้ววงศ์. 2531. วัตถุดิบที่ใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผาและเนื้อดินปั้น. กรุงเทพฯ : วิทยาลัยครูพระนคร.
- เคลย์มิน บริษัท. 2530. เอกสารข้อมูลทางเทคนิค ผลวิเคราะห์และคุณสมบัติต่าง ๆ ของวัตถุดิบ. ม.ป.ป.
- เชียงใหม่, มหาวิทยาลัย. 2536. เอกสารประกอบคำบรรยายและปฏิบัติการเซรามิกส์. เชียงใหม่ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- แดง อารยะพงศ์. 2532. การจัดหาคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหล่อ. วารสารเซรามิกส์ไทย 5(6): 67 ; สิงหาคม.
- ทวี พรหมพุกษ์. 2523. เครื่องเคลือบดินเผาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- นิรัช สุดสังข์. 2548. การวิจัยการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- นิวัตร พัฒนะ. 2544. การศึกษาและพัฒนาสมบัติของดินบ้านดงดินทอง เพื่อทำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทสโตนแวร์คุณภาพดี. พิษณุโลก : สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม.
- ประจวบจตุรติ สารสิทธิ์. 2542. เอกสารประกอบการสอนวิชาเนื้อดินปั้น 2. คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : สถาบันราชภัฏนครศรีธรรมราช.
- ประสพ ลีเหมือดกภัย. 2543. องค์ประกอบในงานเครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2535. เซรามิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2539. เซรามิกส์. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2547. เซรามิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปุ่นฉัตรณ์ พิษณุไพบูลย์. 2538. เครื่องเคลือบดินเผาเทคนิคและวิธีการสร้างสรรค์. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พนิดา บุญบำรุง. 2539. รายงานผลการวิจัยเรื่องการทดสอบเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ โดยใช้ดินแดงโมคลาน ดินดำสุราษฎร์ธานี และ ควอซต์. กรุงเทพฯ : สถาบันราชภัฏพระนคร.
- พิมพ์วัลย์ วัฒนภาส. 2545. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาจังหวัดราชบุรี. กรุงเทพฯ : ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก.
- เพียรพิน ขยับ. 2547. การพัฒนาหาอัตราส่วนผสมสำหรับการผลิตเครื่องเคลือบเซลาดอนให้ใกล้เคียงกับเครื่องเคลือบเซลาดอนบ้านเกาะน้อย อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย. พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร.

- ไพจิตร อิงศิริวัฒน์. 2541. เนื้อดินเซรามิกส์. กรุงเทพฯ : โอ. เอส. พรีนติ้งเฮ้าส์.
- วิบูลย์ ลีสุวรรณ. 2538. ศิลปหัตถกรรมพื้นบ้าน. กรุงเทพฯ : คอมแพคพรีนธ์.
- วิทยา ไตรรัตน์. 2543. การทดสอบเนื้อดินปั้นสโตนแวร์โดยใช้ ดินแดงโมกลาน ดินดำละออย และ
ควอซ์ต พัฒนารูปด้วยวิธีหล่อ. นครศรีฯ : สถาบันราชภัฏนครศรีธรรมราช.
- วรรณา ต. แสงจันทร์. 2544. การวิจัยและพัฒนาเนื้อดินหล่อและเคลือบสำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่
ของเครื่องปั้นดินเผา จังหวัดราชบุรี. กรุงเทพฯ : ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก.
- วีระบุษย์ ลอประยูร. 2546. การศึกษาผลของวัตถุดิบและส่วนผสมต่ออัตราการขึ้นรูปโดยวิธี
Slip Casting ในอุตสาหกรรมเซรามิก. นครราชสีมา : สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ศุภกา ดอกไม้. 2535. การทดลองหาเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ จากอัตราส่วนผสมระหว่างดินปาก
เกร็ดดินขาว ควอซ์ต และทัลคัม. วารสารวิทยาศาสตร์บริการ. 22(9)
- ศักดิ์ชัย เกียรติทินกันท์. 2533. การออกแบบเครื่องปั้นดินเผา. อุบลราชธานี วิทยาลัยครู
อุบลราชธานี.
- สมบูรณ์ สารสิทธิ์. 2539. รายงานผลการวิจัยเรื่อง การทดลองเนื้อดินปั้นจากดินแดง จังหวัด
นครศรีธรรมราช เพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบ และน้ำเคลือบที่เหมาะสม. กรุงเทพฯ :
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- สมบูรณ์ อรัณยภาค. 2545. เซรามิกจากดินแดง. เชียงใหม่ : โชตนาพรีนธ์ จำกัด.
- เอกสารทางวิชาการ. 1996. เครื่องปั้นดินเผาที่น่าสนใจ. ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรม
เครื่องปั้นดินเผา กรมวิทยาศาสตร์บริการ.
- อรพินท์ พานทอง. 2531. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพฯ : คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Charleston, Robert J., editor. 1981. **World Ceramics An Illustrated History From Earliest
Times.** London : Hamlyn.
- Rhodes, Danial. 1959. **Stoneware and porcelain the Art of High – Fired Pottery.**
Pennsylvania : Chilton Book Company.
- Singer S. Sonja. **Industrial Ceramics.** London Chapman and hall Ltd., 1960.
- <http://www.nakhonsithammarat.go.th>. 2005.
- <http://www.dss.go.th/dssweb/products-champion/index.html>. 2005.
- <http://www.dip.go.th/mainpage.asp>. 2005
- <http://www.mew6.com/composer/art/design.php>. 2005.
- <http://info.arc.dusit.ac.th/newknowledge/HumanitiesandSociologyShelf.nsp>. 2005.

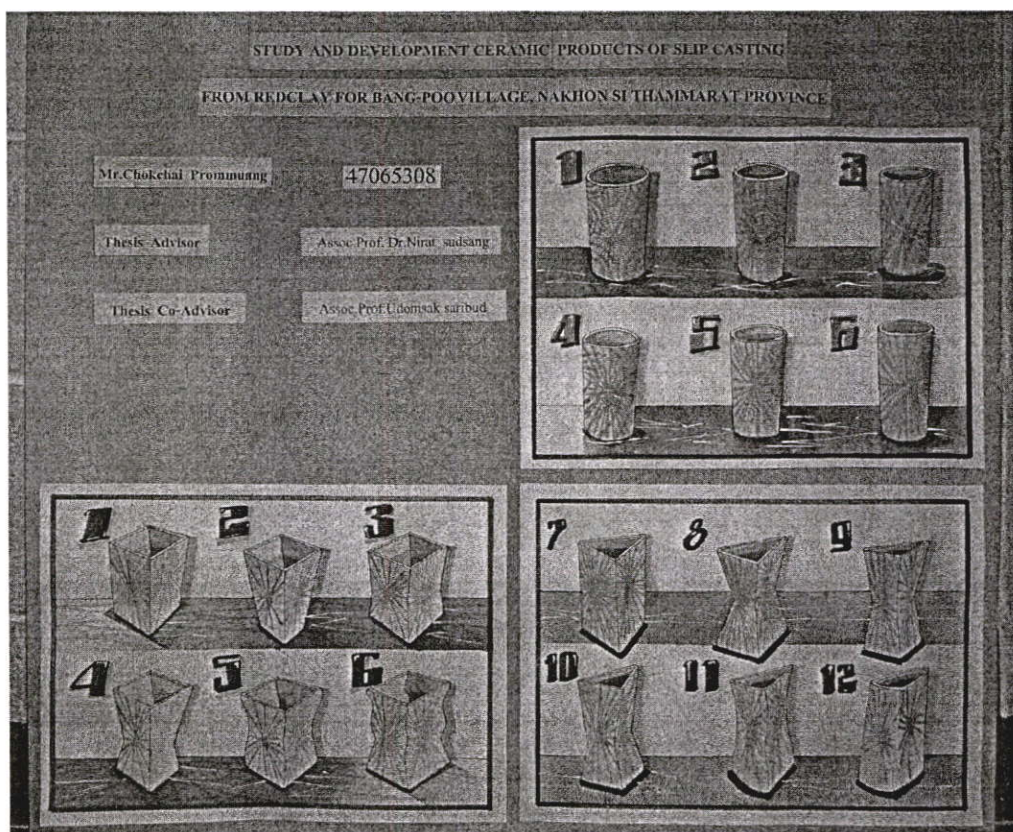
ภาคผนวก



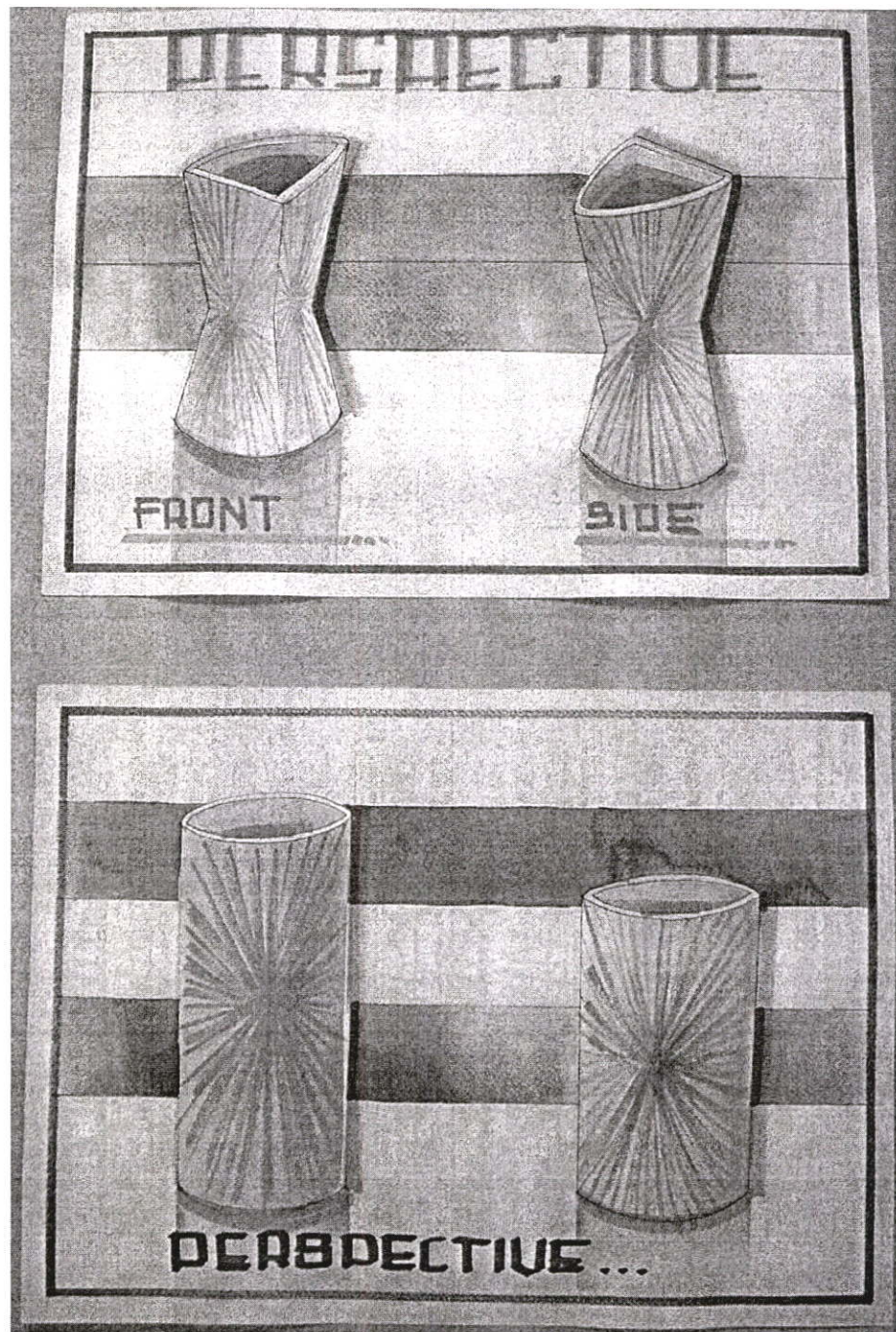
ภาพที่ ผ.1 แสดงภาพการหล่อถ้วยทดสอบในการทดลองสมบัติการหล่อ



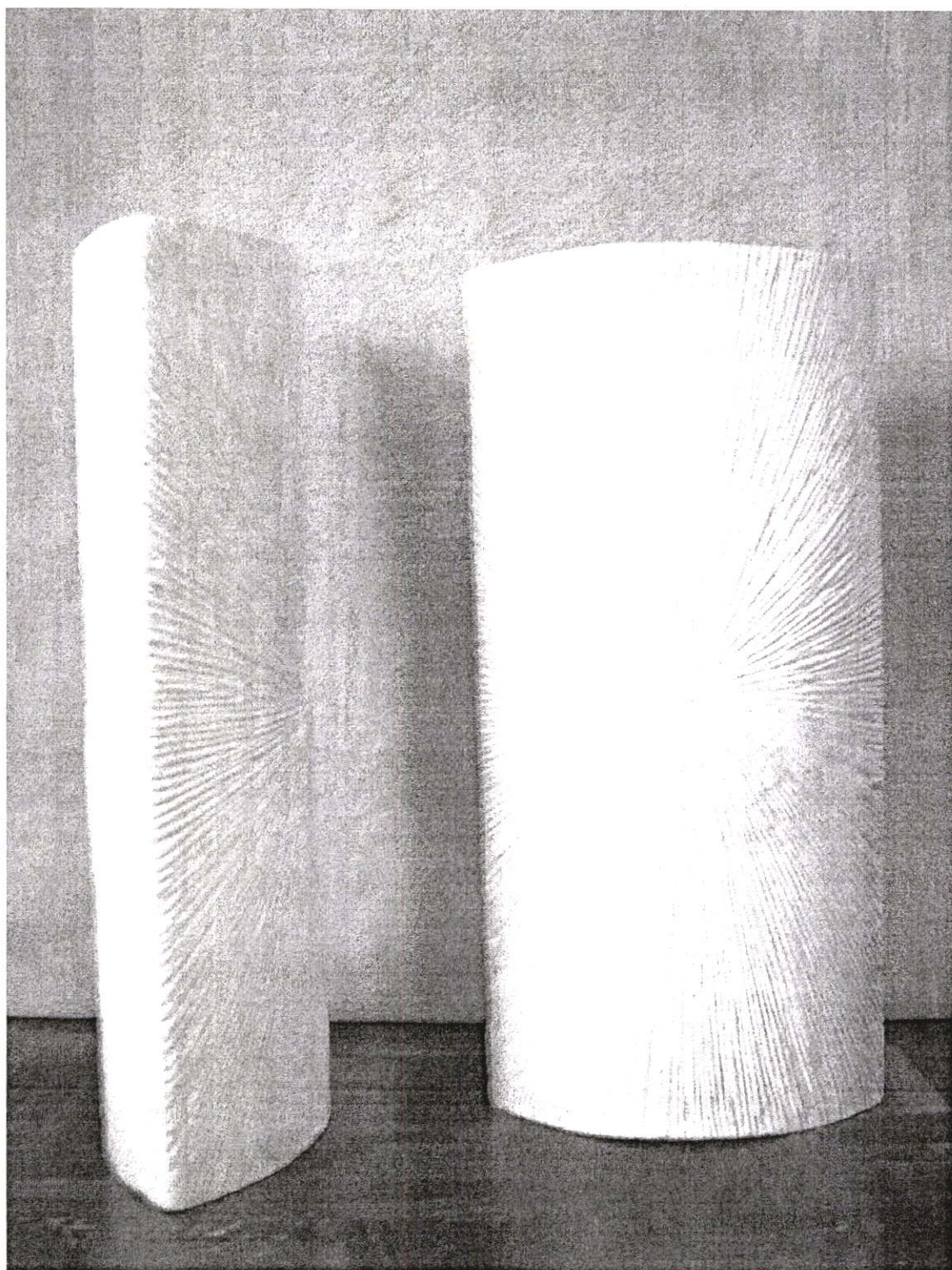
ภาพที่ ผ.2 แสดงภาพแท่งทดสอบในการทดสอบสมบัติทางกายภาพ



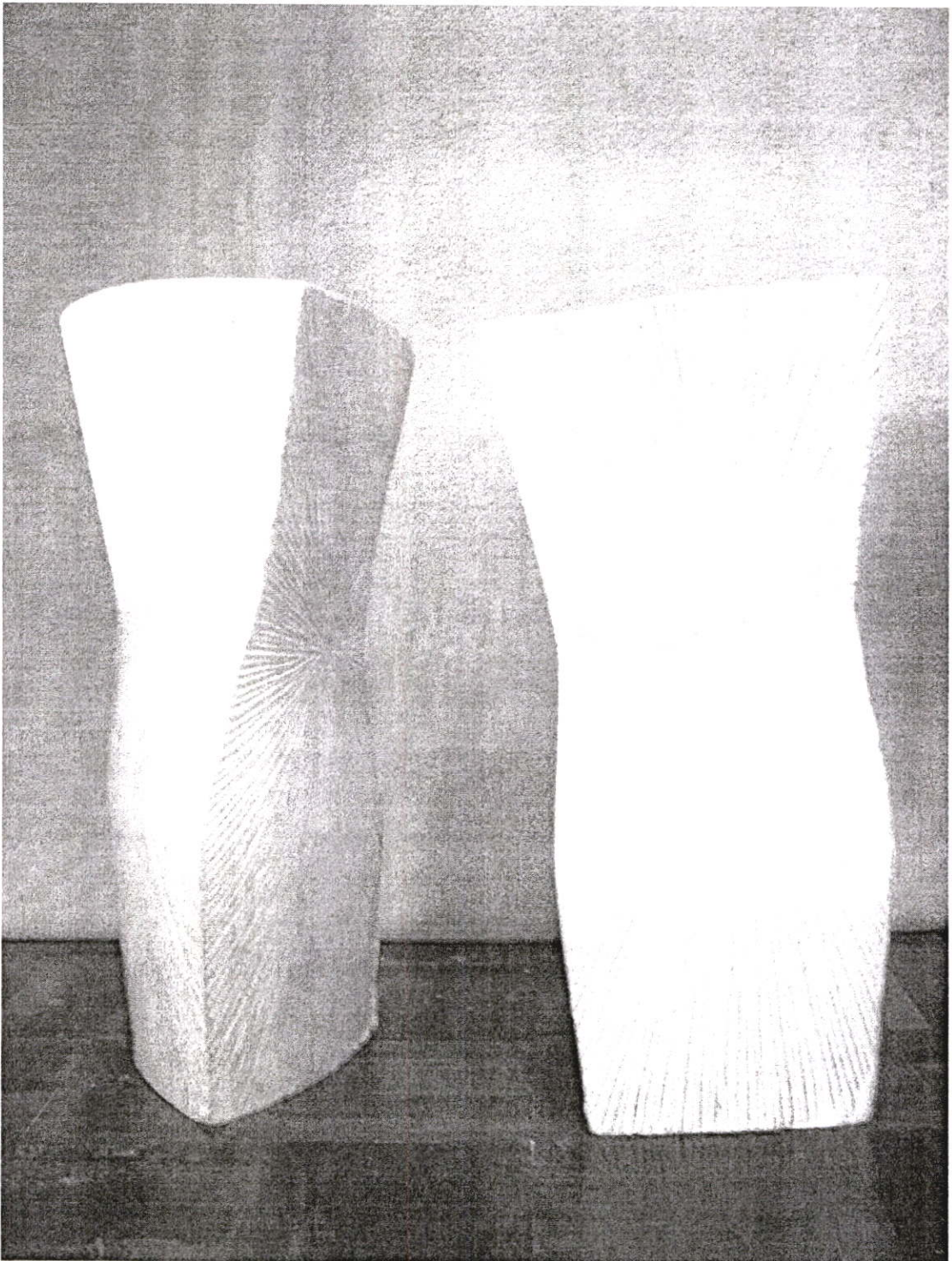
ภาพที่ ผ.3 แบบร่างผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาแบบต่างๆ



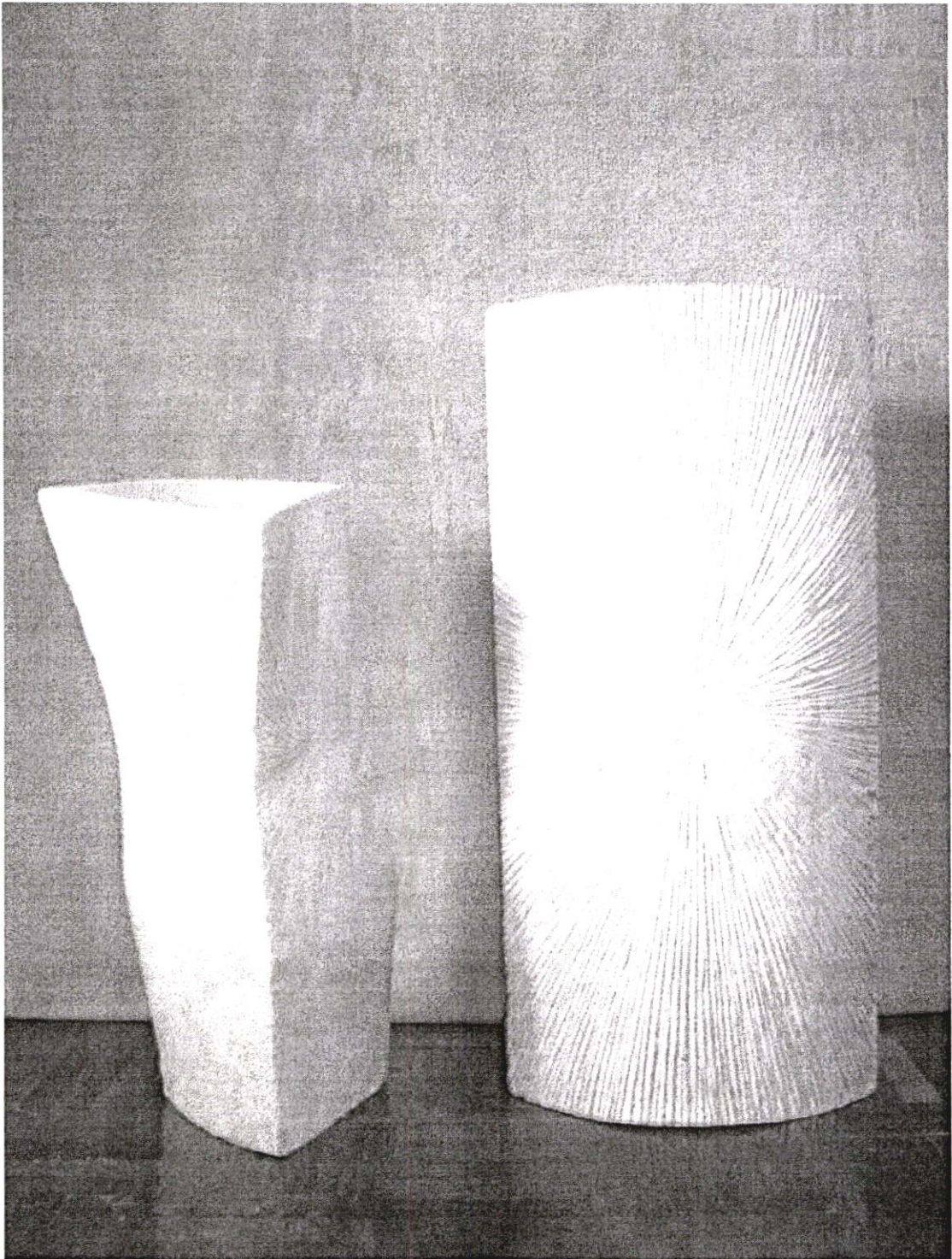
ภาพที่ ผ.4 แบบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่ใช้ในการขึ้นรูปโดยการหล่อแบบพิมพ์



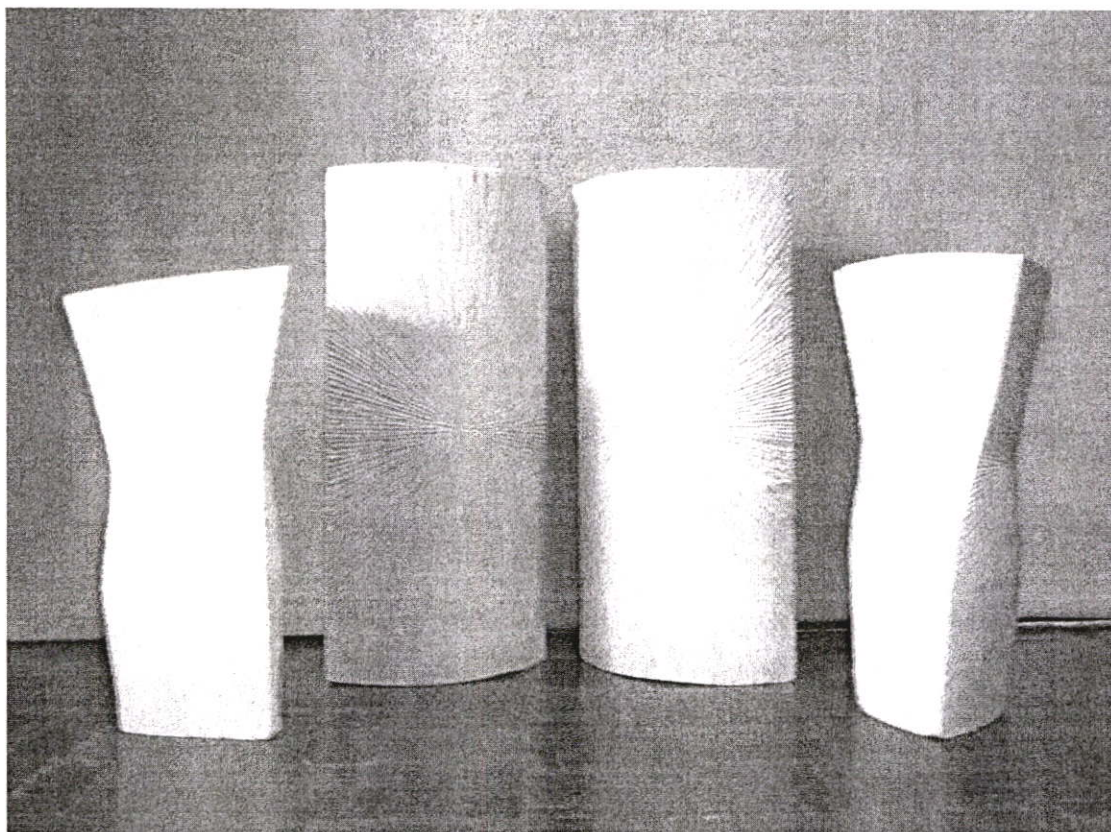
ภาพที่ ผ.5 แสดงภาพผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา ที่ได้รับการพัฒนาจากดินแดงบ้านบางปู
จังหวัดนครศรีธรรมราช



ภาพที่ ผ.6 แสดงภาพผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา ที่ได้รับการพัฒนาจากดินแดงบ้านบางปู
จังหวัดนครศรีธรรมราช



ภาพที่ ผ.7 แสดงภาพผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา ที่ได้รับการพัฒนาจากดินแดงบ้านบางปู
จังหวัดนครศรีธรรมราช



ภาพที่ ผ.8 แสดงภาพผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา ที่ได้รับการพัฒนาจากดินแดงบ้านบางปู
จังหวัดนครศรีธรรมราช

แบบประเมินการวิจัย

เรื่อง

การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ

จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช

Study and Development Ceramic Products of Slip casting From Redclay For

Bang-Poo Village , Nakhon si thammarat Province

คำชี้แจง

1. แบบประเมินผลชุดนี้ เป็นแบบประเมินผลเพื่อใช้ในการประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านการผลิตเครื่องปั้นดินเผา ที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของเครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อจากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช

2. แบบสอบถามมี 3 ตอน

ตอนที่ 1 สถานะทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมินผล

ตอนที่ 2 แบบประเมินผลของผู้ทรงคุณวุฒิด้านการผลิตเครื่องปั้นดินเผาที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของเครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยเกณฑ์พิจารณาดังนี้

5	หมายถึง	มีความเหมาะสมมากที่สุด
4	หมายถึง	มีความเหมาะสมมาก
3	หมายถึง	มีความเหมาะสมปานกลาง
2	หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อย
1	หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ตอนที่ 3 เป็นแบบประเมินลักษณะปลายเปิด ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพของเครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ

ตอนที่ 1 สถานะทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ชื่อ.....นามสกุล.....

สถานที่ทำงาน.....

ระดับการศึกษา

ปริญญาตรี ปริญญาโท ปริญญาเอก

ประสบการณ์สอน/การทำงานของผู้ทรงคุณวุฒิ

1-5 ปี 6-10 ปี 11-15 ปี
 16.20 ปี 20 ปีขึ้นไป

ตอนที่ 2 แบบประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านการผลิตเครื่องปั้นดินเผาที่มีผลต่อ
 คุณสมบัติทางกายภาพของเครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ จากดินแดงบ้านบางปู
 จังหวัดนครศรีธรรมราช

ลำดับ	รายการ คุณสมบัติทางกายภาพ	ระดับความคิดเห็น				
1.	เวลาการหล่อที่ 5 มม.ของเครื่องปั้นดินเผา					
2.	น้ำที่ใช้ในการขึ้นรูปของเครื่องปั้นดินเผา					
3.	การหัดตัวก่อนเผาของเครื่องปั้นดินเผา					
4.	การหัดตัวหลังเผาของเครื่องปั้นดินเผา					
5.	การหัดตัวรวมของเครื่องปั้นดินเผา					
6.	สีหลังเผาของเครื่องปั้นดินเผา					
7.	การดูดซึมน้ำของเครื่องปั้นดินเผา					
8.	ความทนไฟของเครื่องปั้นดินเผา					

แบบสอบถาม

เรื่อง

การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ
จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช

Study and Development Ceramic Products of Slip casting From Redclay For
Bang-Poo Village , Nakhon si thammarat Province

ขั้นตอนการศึกษาความคิดเห็นของผู้สนใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ
จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช

คำชี้แจงในการตอบแบบสอบถาม

1. แบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคิดเห็นของผู้ที่สนใจที่มีต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช
2. โปรดตอบแบบสอบถามทุกข้อตามความเป็นจริง และข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามนี้ใช้สำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ และนำเสนอข้อมูลในภาพรวมเท่านั้น

คำชี้แจง ให้เขียนเครื่องหมาย ✓ หรือเติมคำลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุดเพียงช่องเดียว

โดยมีความหมายของระดับค่าความคิดเห็นดังนี้

5	หมายถึง	มีความเหมาะสมมากที่สุด
4	หมายถึง	มีความเหมาะสมมาก
3	หมายถึง	มีความเหมาะสมปานกลาง
2	หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อย
1	หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ขอขอบคุณในความร่วมมือของท่าน

นายโชคชัย พรหมเมือง

นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตอนที่ 1 สถานะทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

- นักท่องเที่ยว ผู้จัดการผลิตภัณฑ์ ผู้ผลิต
 อื่น ๆ (โปรดระบุ)

ตอนที่ 2 แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้สนใจเครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ จากดินแดง
บ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช

ลำดับ	รายการ	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1.	เครื่องปั้นดินเผาที่ใช้วัสดุท้องถิ่นได้คุ้มค่าที่สุด					
2.	เครื่องปั้นดินเผาแสดงถึงลักษณะเฉพาะท้องถิ่น ของจังหวัดนครศรีธรรมราชได้ชัดเจน					
3.	เครื่องปั้นดินเผามีความสวยงามโดยรวม					
4.	เครื่องปั้นดินเผามีประโยชน์ในการใช้สอย					
5.	เครื่องปั้นดินเผาแสดงถึงศิลปะท้องถิ่น					
6.	เครื่องปั้นดินเผาสามารถประยุกต์เข้ากับยุคสมัย ปัจจุบัน					
7.	เครื่องปั้นดินเผาทำให้เกิดความรู้สึกภูมิใจเมื่อ ได้รับเป็นของฝาก					
8.	เครื่องปั้นดินเผาสามารถนำไปใช้งานได้จริง					
9.	เครื่องปั้นดินเผาอำนวยความสะดวกในการผลิตในเชิงพาณิชย์					
10.	เครื่องปั้นดินเผาสามารถนำไปขายในระบบธุรกิจ ได้					

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช

.....

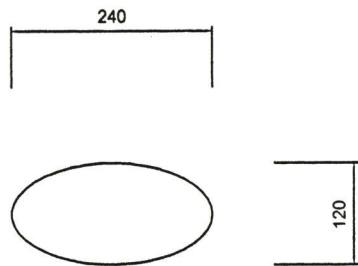
.....

.....

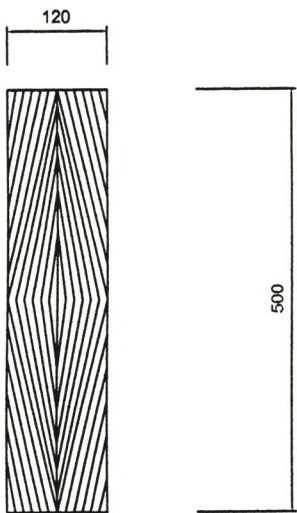
.....

.....

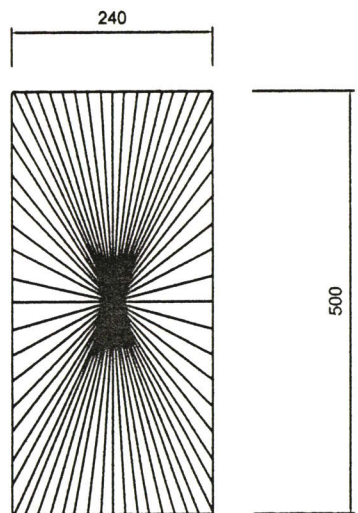
.....



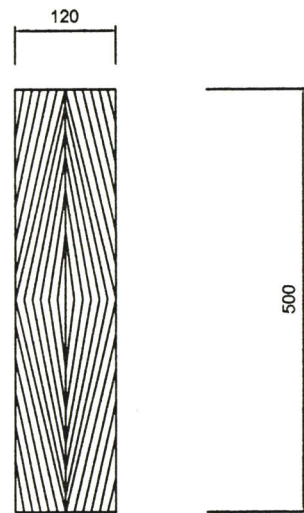
BOTTOM VIEW



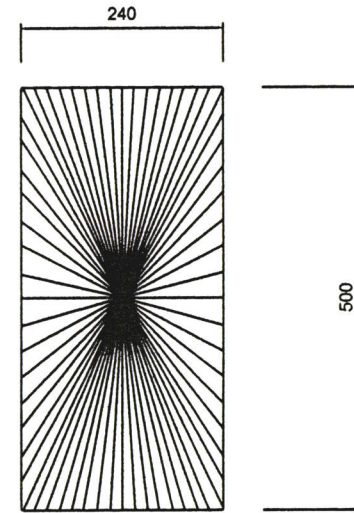
SIDE VIEW (R)



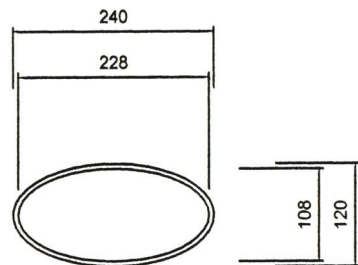
FRONT VIEW



SIDE VIEW (L)



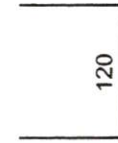
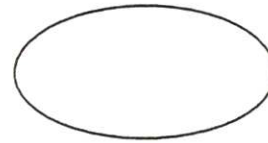
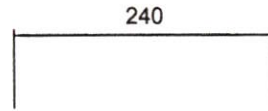
REAL VIEW



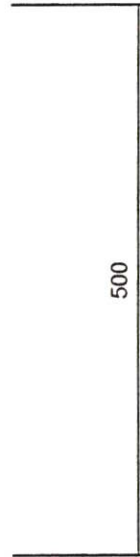
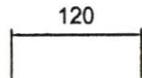
TOP VIEW

DIMENSION
UNIT OF mm

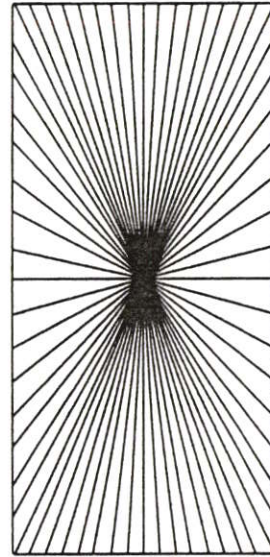
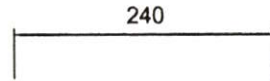
การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ จากดินเหนียวบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช
นายโชคชัย พรหมเมือง รหัสนักศึกษา 47065308
สาขาวิชา เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



BOTTOM VIEW



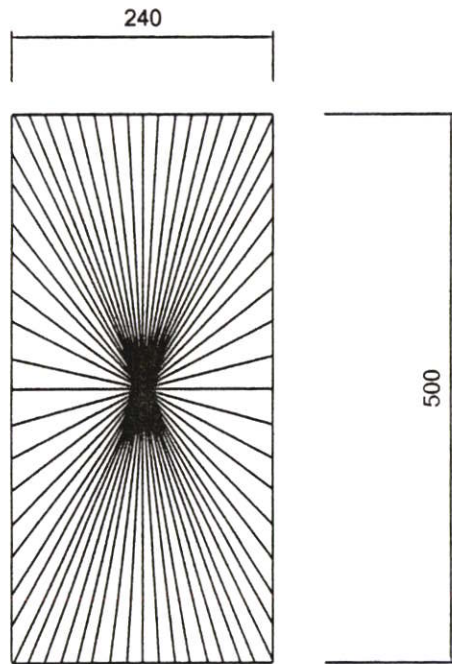
SIDE VIEW (R)



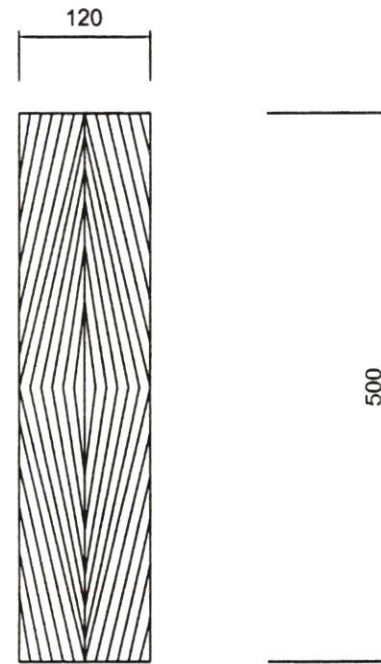
REAL VIEW

DIMENSION
UNIT OF mm

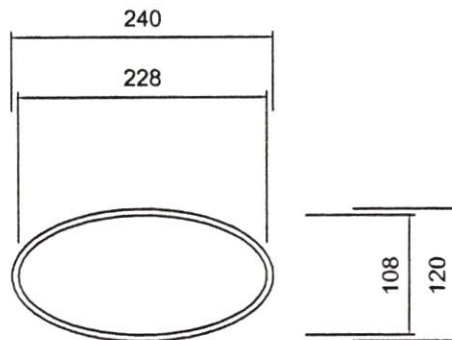
การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทล่อ จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช
นายโชคชัย พรหมเมือง รหัสนักศึกษา 47065308
สาขาวิชา เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



FRONT VIEW



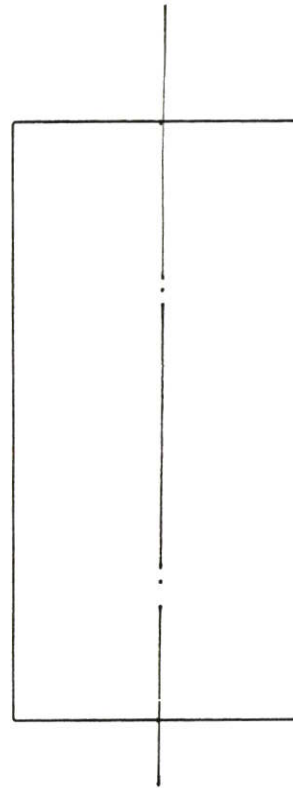
SIDE VIEW (L)



TOP VIEW

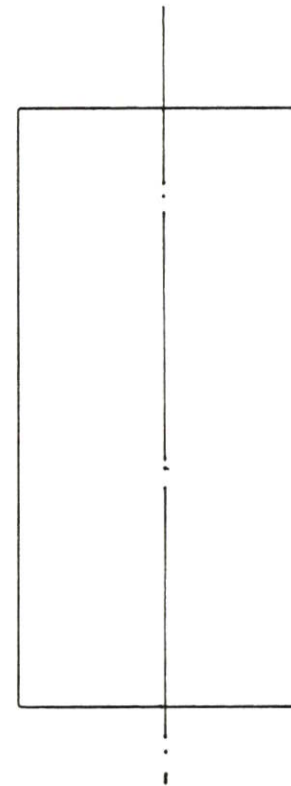
DIMENSION
UNIT OF mm

การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทห่อจ จากดินแฉะบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช
นายโชคชัย พรมเมือง รหัสนักศึกษา 47065308
สาขาวิชา เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



SECTION A-A

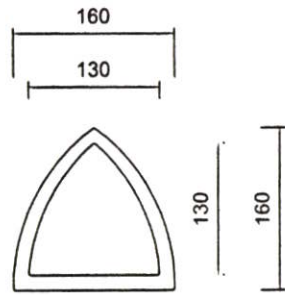
ความหนา 6 mm



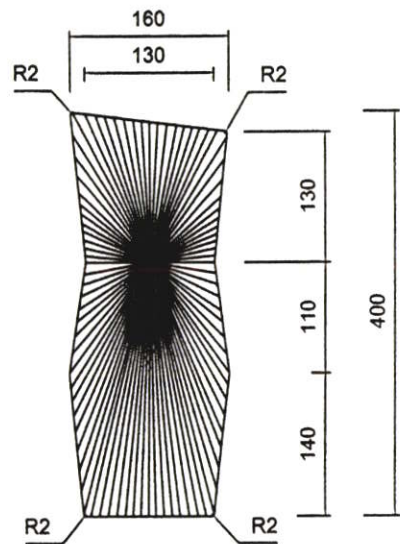
SECTION B-B

ความหนา 6 mm

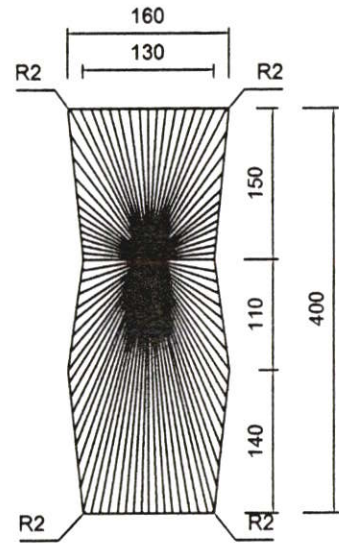
การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทห่อ จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช
นายโชคชัย พรหมเมือง รหัสนักศึกษา 47065308
สาขาวิชา เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



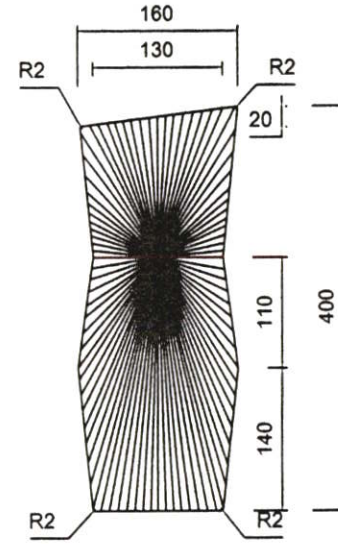
BOTTOM VIEW



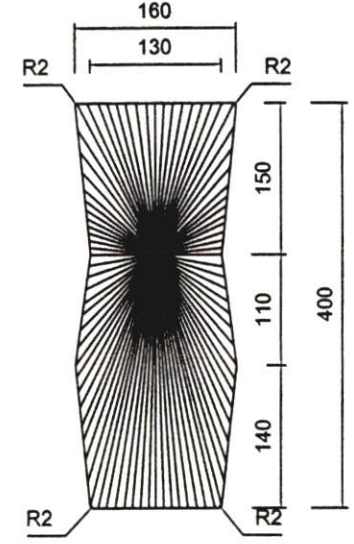
SIDE VIEW (R)



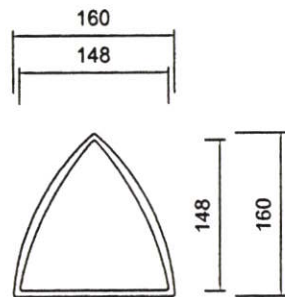
FRONT VIEW



SIDE VIEW (L)



REAL VIEW



TOP VIEW

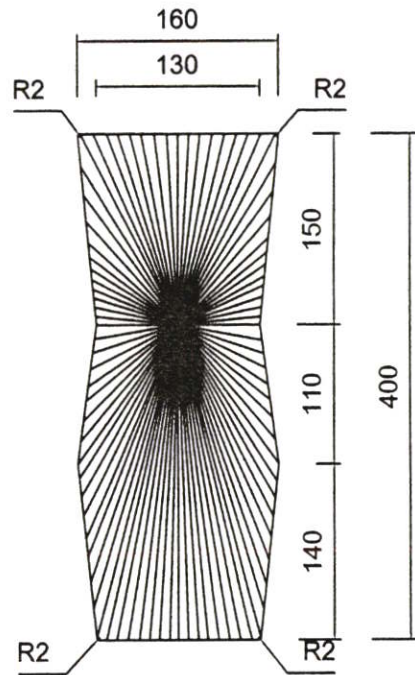
DIMENSION
UNIT OF mm

การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช

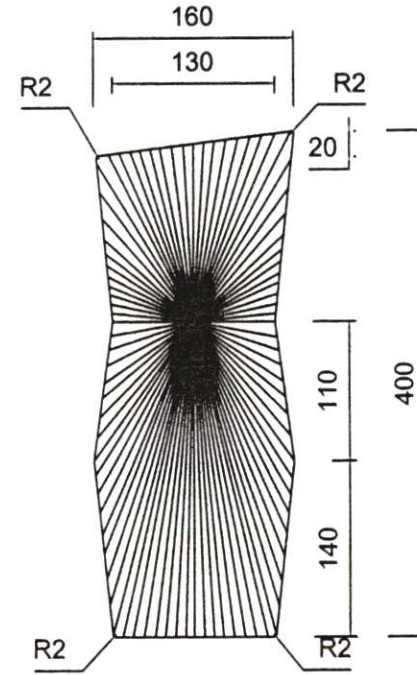
นายโชคชัย พรหมเมือง รหัสนักศึกษา 47065308

สาขาวิชา เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย

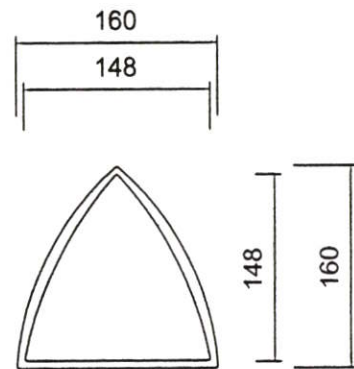
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



FRONT VIEW



SIDE VIEW (L)



TOP VIEW

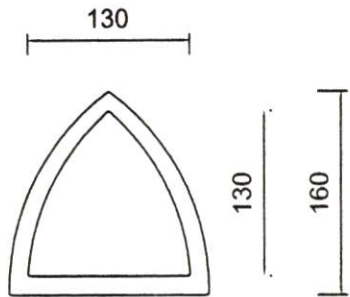
DIMENSION
UNIT OF mm

การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช

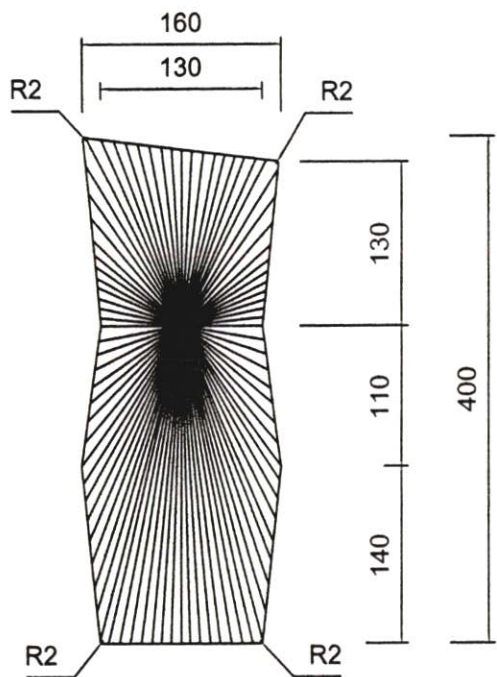
นายโชคชัย พรมเมือง รหัสนักศึกษา 47065308

สาขาวิชา เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย

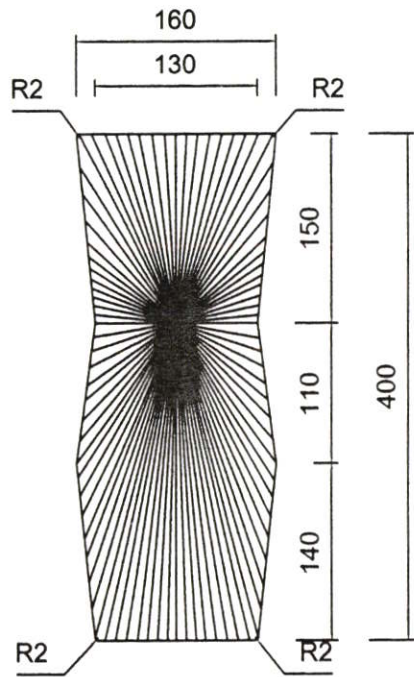
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



BOTTOM VIEW



SIDE VIEW (R)



REAL VIEW

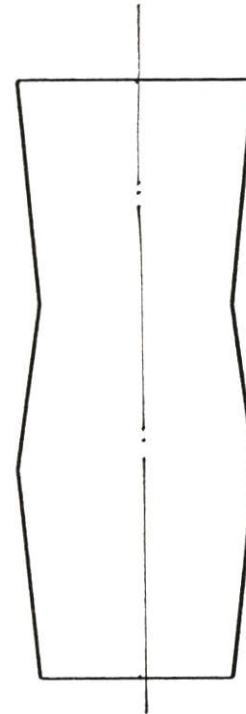
DIMENSION
UNIT OF mm

การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อ จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช
นายโชคชัย พรหมเมือง รหัสนักศึกษา 47065308
สาขาวิชา เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



SECTION A-A

ความหนา 6 mm



SECTION B-B

ความหนา 6 mm

การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทห่อ จากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช

นายโชคชัย พรหมเมือง รหัสนักศึกษา 47065308

สาขาวิชา เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ที่ ศธ 0524.04/ **4318**

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๒๔ ตุลาคม 2549

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน หัวหน้าศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก

ด้วย นายโชคชัย พรหมเมือง นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์จะขอตรวจสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก เพื่อประกอบการจัดเตรียมวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อจากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช”

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าว และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วีวัชรณ ชินะตระกูล)

กณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 0-2326-4325

โทรสาร. 0-2326-4325



ที่ ศธ 0524.04/ **4318**

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๒๕ ตุลาคม 2549

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน คณบดี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

ด้วย นายโชคชัย พรหมเมือง นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์จะขอใช้สถานที่ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ใช้ในการศึกษาและทดลองเครื่องมือเพื่อการวิจัย เพื่อประกอบการจัดเตรียมวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทหล่อจากดินแดงบ้านบางปู จังหวัดนครศรีธรรมราช”

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าว และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิวัฒน์ ชินะตระกูล)

คณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 0-2326-4325

โทรสาร. 0-2326-4325

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายโชคชัย พรหมเมือง
วัน เดือน ปี	29 สิงหาคม 2522
สถานที่เกิด	อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	13/93 ถ.เสรีไทย แขวงคลองจั่น เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10240
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2537 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนนาบอน อ.นาบอน จ.นครศรีธรรมราช 80220 ปีการศึกษา 2540 มัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) โรงเรียนสตรีสง อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช 80110 ปีการศึกษา 2544 ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เทคโนโลยีเซรามิกส์) สถาบันราชภัฏนครศรีธรรมราช อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช 80140 ปีการศึกษา 2549 สำเร็จการศึกษาระดับครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
สถานที่ทำงาน	ตำแหน่ง นักวิชาการ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) 924 ถ.สุขุมวิท แขวงพระโขนง เขตคลองเตย กรุงเทพฯ 10110