

การศึกษาเนื้อดินปั้นในการผลิตเซรามิกส์สโตนแวร์
A Study of Ceramic Stoneware Body

สมทรง ชิมภรณ์

ทุนวิจัย
คณะศิลปกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2550

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ เพื่อใช้ผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ โดยการทดสอบหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดิน โดยการสุ่มตัวอย่างจากตารางสามเหลี่ยม ด้านเท่า วัตถุประสงค์ที่ใช้ คือ ดินทนไฟ ดินดำ ดินขาว หินฟันม้า หินเขียวหนุมาน จำนวน 36 ตัวอย่าง โดยเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส จากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพพบว่า อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่มีความเหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปด้วยแป้นหมุนได้ดี และคุณสมบัติทางกายภาพที่ดี คือ จุดที่ 8 ดินทนไฟ ร้อยละ 50 ดินดำ ร้อยละ 30 ดินขาว ร้อยละ 20 จุดที่ 32 ดินทนไฟ ร้อยละ 10 ดินดำ ร้อยละ 50 ดินขาว ร้อยละ 40 สูตร A1 ดินทนไฟ ร้อยละ 60 ดินดำ ร้อยละ 30 ดินขาว ร้อยละ 10 หินฟันม้า ร้อยละ 25 หินเขียวหนุมาน ร้อยละ 5 สูตร B1 ดินทนไฟ ร้อยละ 40 ดินดำ ร้อยละ 40 ดินขาว ร้อยละ 20 หินฟันม้า ร้อยละ 25 หินเขียวหนุมาน ร้อยละ 5 สูตร B2 ดินทนไฟ ร้อยละ 40 ดินดำ ร้อยละ 40 ดินขาว ร้อยละ 20 หินฟันม้า ร้อยละ 20 หินเขียวหนุมาน ร้อยละ 10

Abstract

The purpose of this research was to study the suitability of stoneware clay-body for making the ceramic products. The ingredients of clay-body were mixed by weight and tested by calculating the Triaxial blend. Thirty-six samples of raw materials were produced by fire clay, ball clay, kaolin, feldspar, silica, and fired at 1,200 degrees Celsius. Through testing the physical properties of all clay - bodies, the results of this research revealed some good physical properties for throwing on a potter's wheel. The following ingredients were used as the best formula, No.8 with 50% of fireclay, 30% of ball clay, and 20% of kaolin, No. 32 with 10% of fire clay, 50% of ball clay, and 40% of kaolin , A1 formula with 60% of fireclay, 30% of ball clay, 10% of kaolin, 25% of feldspar, and 5% of silica, and B1 formula with 40% of fireclay, 40% of ball clay, 20% of kaolin, 20% of feldspar, and 10% of silica .

คำนำ

โครงการวิจัยเรื่อง การศึกษาเนื้อดินป่นในการผลิตเซรามิกส์โตนแวร์ ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเพื่อการวิจัยประจำปีการศึกษา 2548 (งบประมาณเงินรายได้ คณะศิลปกรรมศาสตร์) ผู้วิจัยจึงหวังว่าผลของการวิจัยในโครงการนี้จะเป็นประโยชน์และได้รับการพัฒนาต่อไปทางวิชาการด้านเซรามิกส์

ผู้ดำเนินการวิจัย

พฤษภาคม 2550

สารบัญเรื่อง

	หน้า
บทที่ 1	
บทนำ.....	1
ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของ โครงการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
ข้อตกลงเบื้องต้น.....	3
ความจำกัดของการวิจัย.....	4
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5-6
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6-7
วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ในการทดลอง.....	7-8
บทที่ 2	
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
ประเภทของเนื้อดินป็น.....	9-10
วัตถุประสงค์ที่ใช้ทดลองในเนื้อดินป็น.....	10-12
การเตรียมเนื้อดินป็น.....	12-13
ทดสอบการหดตัวของเนื้อดินป็น.....	13
การทดสอบการดูดซึมน้ำของเนื้อดินป็น.....	13-14
กรรมวิธีการผลิตเครื่องป็นดินเผา.....	15
วิธีอ่านค่าอัตราส่วนผสมของเนื้อดินป็น.....	16-17
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	17-20
บทที่ 3	
วิธีการดำเนินการวิจัย.....	21
วัตถุประสงค์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย.....	21
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	22
การหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินป็น.....	22-25
ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา.....	25-26
เกณฑ์ที่ใช้ในการคัดเลือกเนื้อดินป็น.....	26

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

	หน้า
การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์.....	26
วิธีการดำเนินการศึกษาทดลอง.....	27-31
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	31
สถานที่และระยะเวลาการทดลอง.....	31
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	32
ผลการวิเคราะห์การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของอัตราส่วนผสม ของ ดินดำ, ดินขาว, และดินทนไฟ.....	32-35
ผลการวิเคราะห์การศึกษาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น ที่มีคุณสมบัติเหมาะกับการขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน.....	36-37
ผลการวิเคราะห์การศึกษาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น ที่คัดเลือกแล้ว ผสมกับ หินฟีนมาและหินเขียวหนุมาน.....	38-40
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	41
จุดมุ่งหมายของการทดลอง.....	41
วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการทดลอง.....	41-42
การดำเนินการทดลอง.....	42-44
สรุปผลการทดลอง	44-45
การอภิปรายผล.....	45-46
ข้อเสนอแนะจากการวิจัย.....	46
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป.....	47
บรรณานุกรม.....	48-49
ภาคผนวก.....	50

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงตัวอย่างอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์.....	17
2	แสดงอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ (ทวี พรหมพฤษย์).....	19
3	แสดงอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ (ริชาร์ด ซากิน).....	20
4	แสดงอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ (แดนเนียล โรดส์).....	20
5	แสดงอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นจำนวน 36 จุด.....	24
6	อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ แบบตารางเชิงเส้น (Line Blending).....	25
7	อัตราส่วนผสมของหินฟันม้าและหินเขียวหनुมาน.....	29
8	แสดงอัตราส่วนผสมของหินฟันม้า สูตร A , B, C.....	29
9	แสดงค่าการดูดซึมน้ำ (Water Absorption).....	32
10	แสดงค่าการหดตัว (Shrinkage).....	34
11	แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติความเหนียวของเนื้อดินปั้น.....	36
12	แสดงอัตราส่วนผสมแบบเชิงเส้น ของกับหินฟันม้าและหินเขียวหनुมาน.....	38
13	แสดงผลการวิเคราะห์การศึกษาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น.....	39

สารบัญภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แสดงชิ้นตัวอย่างทดลอง.....	14
2 แสดงแผนภาพตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า (Triaxial Blending).....	16
3 แสดงแผนภาพตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า 36 จุด.....	23
4 แสดงตัวอย่างชิ้นงานทดลองของอัตราส่วนผสมเนื้อดินปั้น.....	51
5 แสดงอัตราส่วนผสมเนื้อดินปั้นจำนวน 36 จุด.....	52
6 แสดงภาพตัวอย่างของชิ้นงานทดลองรูปทรงกระบอกจำนวน 36 ใบ.....	53
7 แสดงภาพตัวอย่างทดลองของอัตราส่วนผสม สูตร A , B , C	54
8 แสดงตัวอย่างทดลองรูปกระบอกของเนื้อดินสูตร A , B , C	55
9 แสดงตัวอย่างผลงานการขึ้นรูปด้วยแป้นหมุนจากสูตรที่ 8 และ 32	56
10 แสดงภาพตัวอย่างผลงานการขึ้นรูปด้วยแป้นหมุนจากสูตร A1 และ B1.....	57
11 แสดงภาพกาน้ำชาเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ สูตร A1 และ B1.....	58
12 แสดงภาพถ้วยกาแฟและโถน้ำจากเนื้อดินปั้น สูตรที่ 8 และ 32.....	59
13 แสดงภาพชามเนื้อดินปั้น สูตร B1 และ B2.....	60
14 แสดงภาพชามและถ้วยจากเนื้อดินปั้น สูตร 17 และ 18.....	61
15 แสดงภาพถ้วยและชามจากเนื้อดินปั้นสูตรที่ 11 และ 33.....	62
16 แสดงภาพถ้วยและโถจากเนื้อดินปั้น สูตรที่ 17 และ 32.....	63
17 แสดงภาพแจกันจากเนื้อดินปั้น สูตรที่ 8.....	64

บทที่ 1

บทนำ

1. ความสำคัญ และที่มาของปัญหาการทำวิจัย

เนื้อดินปั้นสโตนแวร์ (Stoneware Body) เป็นคำที่รู้จักกันแพร่หลายในวงการเซรามิกส์ ทั้งทางด้านศิลปะและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ในการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ สิ่งจำเป็นอย่างหนึ่งก็คือ วัตถุดิบ และวัตถุดิบหลักที่จำเป็นอย่างมากและเป็นพื้นฐานสำคัญในการผลิตก็คือ ดินเหนียว (Clay) ดินที่กล่าวถึงนี้จะแตกต่างจากดินที่ใช้ในการเกษตรหรือการเพาะปลูก เมื่อนำดินมาจากแหล่งวัตถุดิบ จะต้องมีการผ่านกระบวนการแยกแร่ และสิ่งเจือปนที่ไม่ต้องการออกเสียก่อนเพื่อให้ได้ดินที่มีคุณภาพตามที่ต้องการ นอกจากนี้ยังมีการผสมวัตถุดิบอื่นเช่น แร่หิน และออกไซด์ของโลหะ เพื่อปรุงแต่งให้มีคุณสมบัติเหมาะสมกับวิธีการผลิตและสีสันความงาม การนำดินและวัตถุดิบอื่นมาผสมกันเพื่อให้สามารถขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกส์เราเรียกอัตราส่วนผสมของดินและวัตถุดิบนี้ว่า เนื้อดินปั้น (Clay Body) แต่ในปัจจุบันเทคโนโลยีเซรามิกส์ได้ก้าวหน้ามากขึ้น อัตราส่วนผสมอาจไม่มีเนื้อดินผสมอยู่ ดังนั้นการเรียกว่า เนื้อดินปั้น (Ceramics Body) จะให้ความหมายครอบคลุมได้ดีกว่า (ทวี พรหมพฤกษ์, 2523: 77) การเตรียมเนื้อดินปั้นเพื่อการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติ และคุณภาพตามที่ต้องการ จะต้อง นำดินและวัตถุดิบหลายชนิดมารวมผสมกันในอัตราส่วนที่แน่นอนเพราะดินที่ได้จากธรรมชาติ อาจมีขีดจำกัดทางด้านคุณสมบัติและคุณภาพไม่ตรงความต้องการ เช่น สมบัติความเหนียว ซึ่งอาจมีมากหรือน้อยเกินไป, การหดตัวและบิดงอ รวมไปถึงปัญหาการแตกร้าว ของผลิตภัณฑ์, ระดับอุณหภูมิการเผาที่เหมาะสม, การปรับปรุงเปลี่ยนแปลงสีให้เข้มหรืออ่อนลงได้ เป็นต้น เนื้อดินปั้นสามารถแบ่งได้ 3 กลุ่มใหญ่ เพื่อสะดวกในการศึกษาและทำความเข้าใจ ดังนี้ คือ กลุ่มแบ่งตามอัตราส่วนผสมและคุณสมบัติของเนื้อดินปั้น เช่น เนื้อดินปั้น เอิร์ทเธินแวร์ (Earthenware Body) จะมีสีน้ำตาลแดง มีความพรุนตัวและการดูดซึมน้ำสูง เเผาอุณหภูมิต่ำ ประมาณ 1100 องศาเซลเซียส เนื้อดินปั้นสโตนแวร์ (Stoneware Body) มีความแข็งแรง มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำ เเผาในอุณหภูมิสูง 1200-1250 องศาเซลเซียส เนื้อดินปั้นพอร์ซเลน (Porcelain Body) มีลักษณะสีขาวโปร่งแสง เเผาในอุณหภูมิสูง 1250-1300 องศาเซลเซียส (ไพจิตร อังศิริวัฒน์, 2541: 145-146)

กลุ่มที่แบ่งตามลักษณะของผลิตภัณฑ์และประเภทของอุตสาหกรรม เนื้อดินปั้นที่ใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง (Building Materials) เช่น อิฐ, กระเบื้อง, เครื่องสุขภัณฑ์ เนื้อดินปั้นที่ใช้อุตสาหกรรมครัวเรือน (House Ware) เช่น จาน, ชาม, ถ้วยน้ำ เป็นต้น นอกจากนี้ก็ยังมีผลิตภัณฑ์ใช้ กับเตาอบและไมโครเวฟและ ผลิตภัณฑ์ทางศิลปะ

กลุ่มที่ แบ่งตามวิธีการขึ้นรูป คือ เนื้อดินปั้นเพื่อการหล่อแบบ (Slip Body) บางเนื้อดินปั้นจะขึ้นรูปได้ต้องอาศัยความเหนียว (Plastic Body) เช่นการขึ้นรูปด้วยเป็นหมุน(Throwing Method), การขึ้นรูปด้วยใบมีด (Jiggering / Jollying Method), การขึ้นรูปด้วยมือ (Hand Forming Method) ถ้าเป็นการขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดแห้ง (Dry Press)เนื้อดินปั้นจะเป็นแบบผง (Powder Body)

(Singer, 1963, 393-396)

จากการจัดแบ่งกลุ่มประเภทเนื้อดินปั้น ทำให้เราเห็นคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นที่แตกต่างกันไปตามอัตราส่วนผสมเพื่อให้เหมาะกับลักษณะการใช้งานรวมถึงวิธีขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม การศึกษาอัตราส่วนผสมและคุณสมบัติของเนื้อดินปั้น จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์เพื่อให้ตรงต่อความต้องการด้วยเหตุนี้เองทำให้ผู้วิจัยเล็งเห็นความสำคัญที่จะศึกษาค้นคว้าในเรื่องของเนื้อดินปั้นดินปั้น โดยเฉพาะเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ซึ่งประเทศไทยเคยมีชื่อเสียงมากในประวัติศาสตร์ ที่เรารู้จักกันดีว่า เครื่องถ้วยสังคโลก หรือเครื่องเคลือบเซลาดอน เป็นเครื่องถ้วยที่เป็นเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ เภาคณภูมิสูง เป็นสินค้าส่งออกในสมัยสุโขทัย ในปัจจุบันนิยมผลิตแพร่หลายมากทางภาคเหนือ และยังคงเป็นสินค้าส่งออกทำรายได้ให้กับประเทศ

เนื้อดินปั้นสโตนแวร์ มีความหลากหลาย มีทั้งเนื้อละเอียดและหยาบ สีเนื้อดินหลังเผาจะมีตั้งแต่เหลืองอ่อน ถึง โทนสีน้ำตาล และสีเทา เนื้อแน่น มีความแข็งแรง น้ำและของเหลวไม่ไหลซึมผ่านเมื่อเผาถึงจุดสุกตัว ในอุณหภูมิสูง 1200-1250 องศาเซลเซียส เนื้อดินปั้นสโตนแวร์สามารถเตรียมได้โดยนำดินมาจากธรรมชาติโดยตรง เช่น ผลิตภัณฑ์อ่างราชบุรี, ด่านเกวียน, และเครื่องถ้วยสังคโลก วิธีการเตรียมเนื้อดินปั้นแบบนี้อาจมีข้อเสียที่ว่าอัตราส่วนผสมและคุณสมบัติไม่แน่นอนเปลี่ยนแปลงไปตามแหล่งวัตถุดิบ

ปัจจุบันเราสามารถจะเตรียมเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ ให้มีคุณสมบัติแตกต่างกันไปได้ตามความต้องการ โดยใช้การผสมวัตถุดิบหลายชนิดเข้าด้วยกันเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสม ดังนั้นการศึกษาวิจัยนี้จะทำโดยการเลือกใช้คุณสมบัติของวัตถุดิบแต่ละชนิดมาผสมเข้าด้วยกัน คือ ดินดำ(Ball Clay), ดินขาว (Kaolin), ดินทนไฟ(Fire Clay), หินฟันม้า (Feldspar), หินเขี้ยวหนุมาน(Quartz) เพื่อหาอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ได้ในแต่ละสูตร จากนั้นกลุ่มสูตรตัวอย่างจะถูกนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆของเนื้อดินปั้น เช่น ความเหนียวในการขึ้นรูป /การหดตัวหลังการเผา /การดูดซึมน้ำ / การแตกร้าวหลังการเผา / ระดับอุณหภูมิการเผาที่ 1200 องศาเซลเซียส

ผลสรุปของการวิเคราะห์หาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ สูตรเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ที่เห็นว่ามีอัตราส่วนผสมและคุณสมบัติเหมาะสมจะถูกนำไปขึ้นรูปด้วยวิธีการเป็นหมุน(Throwing Method) ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ เพื่อเป็นการทดสอบให้เห็นว่าผลการวิจัยสามารถนำไปใช้ได้จริงตามคุณสมบัติที่ต้องการ

2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นส โตนแวร์ จากวัตถุดิบ ดินดำ , ดินขาว , และ ดินทนไฟ ที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส
2. เพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะกับการขึ้นรูป ด้วยเป็นหมุน
3. เพื่อศึกษาพัฒนาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น ผสมกับ หินฟันม้า และ หินเขียวหนุมาน

3. ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยจะศึกษาเฉพาะกลุ่มวัตถุดิบ ที่ประกอบด้วย ดินดำ, ดินขาว, ดินทนไฟ, หินฟันม้า และหินเขียวหนุมาน นำมาผสมเข้าด้วยกันเพื่อหาอัตราส่วนที่แน่นอนและใช้การผลิตผลิตภัณฑ์ เซรามิกสับนเป็นหมุน โดยมีขอบเขตการวิจัยดังนี้

1. ศึกษาสมบัติทางกายภาพของอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นหลังการเผา
2. ศึกษาของอัตราส่วนผสมที่มีคุณสมบัติเหมาะกับการขึ้นรูปด้วยเป็นหมุน
3. ศึกษาพัฒนาอัตราส่วนผสมที่คัดเลือกคุณสมบัติที่ได้จากการทดลองแล้ว

4. ข้อตกลงเบื้องต้น

การทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่แตกต่างกันยอมให้คุณสมบัติของเนื้อดินปั้นส โตนแวร์ไม่แน่นอนซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามแหล่งวัตถุดิบที่ขุดพบในธรรมชาติ ผู้วิจัยจึงมุ่งที่จะปรับปรุงเนื้อดินปั้นส โตนแวร์เพื่อหาอัตราส่วนที่แน่นอนและเหมาะสมที่จะใช้การผลิตผลิตภัณฑ์ เซรามิกสับนเป็นหมุน โดยมีคุณสมบัติได้ตามที่ต้องการ การวิจัยจะศึกษาเฉพาะกลุ่มวัตถุดิบ ที่ประกอบด้วย ดินดำ, ดินขาว, ดินทนไฟ เพื่อหาอัตราส่วนผสมของดินด้วยวิธีการใช้ตารางรูป สามเหลี่ยมด้านเท่า (Triaxial Blending) ที่มีระยะห่างระหว่างจุด 10 หน่วย จะได้จำนวนจุด 36 จุด บนตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า แต่ละจุดประกอบไปด้วยอัตราส่วนผสมของดินดำ,ดินขาว และดินทนไฟ ซึ่งวัตถุดิบแต่ละชนิดจะมีปริมาณแปรเปลี่ยนไปตามตำแหน่งจุดตัดบนตาราง เมื่อรวมปริมาณของอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิดทุกจุดจะมีค่าเท่ากับ 100 หน่วย อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นจะถูกนำไปหาคุณสมบัติที่เหมาะสม เช่น ค่าการหดตัว การดูดซึมน้ำ ความเหนียวในการขึ้นรูป และความเหมาะสมกับอุณหภูมิ เพื่อนำไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ส โตนแวร์บ้นเป็นหมุน ตามลักษณะคุณสมบัติที่ต้องการ

5. ความจำกัดของการวิจัย

การวิจัยการหาอัตราส่วนของเนื้อดินที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปด้วยเป็นหมุนย่อมมีข้อจำกัดทางการวิจัยอยู่บ้าง โดยผู้วิจัยขอชี้แจงดังนี้ คือ

1. ขึ้นทดสอบผลทดลองอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น อนุภาคของเนื้อดินไม่แน่นพอ เพราะไม่ได้ใช้เครื่องมือที่มีแรงอัดสูง ผลการวัดอาจจะไม่ละเอียดพอ แต่ก็สามารถทำได้ตามศักยภาพที่มีอยู่
2. การทดสอบคุณสมบัติในการขึ้นรูปด้วยเป็นหมุน ต้องอาศัยพื้นที่ทักษะของมนุษย์ในการขึ้นรูปซึ่งทักษะและความรู้สึของแต่ละคนจะแตกต่างกัน ดังนั้นการวิเคราะห์คุณสมบัติย่อมแตกต่างกันออกไปบ้าง ถึงแม้จะมีเกณฑ์ในเรื่องของความสูงและน้ำหนักดินที่นำมาปั้น

6. กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผู้วิจัยได้วางกรอบแนวคิดในการวิจัย ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ ของการวิจัย โดยการศึกษาค้นคว้าและทดลองหาสมบัติจากอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ เพื่อให้มีความเหมาะสมในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาด้วยวิธีการขึ้นรูปด้วยเป็นหมุน จากตัวแปรที่ต้องการศึกษา

1. ศึกษาสมบัติและทดลองอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น โดยการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ คือ ดินดำ ดินขาว ดินทนไฟ

ตัวแปรต้น คือ อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น ได้แก่ ดินดำ, ดินขาว, และ ดินทนไฟ

ตัวแปรตาม คือ คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้น ได้แก่ การหดตัว การดูดซึมน้ำ หลังการเผา

2. ศึกษาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น โดยศึกษาคุณสมบัติการขึ้นรูปด้วยเป็นหมุน ตัวแปรที่จะศึกษา

ตัวแปรต้น คือ อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น คือ ดินดำ, ดินขาว, และดินทนไฟ

ตัวแปรตาม คือ คุณสมบัติที่ได้จากการขึ้นรูปด้วยเป็นหมุน ได้แก่ ความเหนียว

3. ศึกษาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่คัดเลือกมา โดยผสมกับ หินฟันม้า และหินเขียวหนุมาน โดยศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ อุณหภูมิที่เหมาะสมกับเนื้อดินปั้น

ตัวแปรที่จะศึกษา

ตัวแปรต้น คือ อัตราส่วนผสมเนื้อดินปั้น กับ หินฟันม้า และ หินเขียวหนุมาน

ตัวแปรตาม คือ คุณสมบัติที่เหมาะสมของอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น

7. นิยามคำศัพท์เฉพาะ

1. เนื้อดินปั้น หมายถึง อัตราส่วนผสมของดินและวัตถุดิบ ที่มีคุณสมบัติให้ความเหนียวและไม่เหนียว เพื่อความเหมาะสมในการทำงานทางด้านการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา
2. ดินดำ หมายถึง ดินเหนียว ที่แหล่งกำเนิด ตามที่ราบลุ่มทั่วไป มีลักษณะสีต่างๆ ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมหรือแหล่งกำเนิด มีความเหนียวมาก เนื้อละเอียด เผาในอุณหภูมิต่ำ
3. ดินขาว หมายถึง ดินที่มีแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติอยู่ในบริเวณที่ราบสูง มีคุณสมบัติสีขาว เนื้อหยาบ ความเหนียวน้อย และมีการหดตัวน้อย เผาได้ในอุณหภูมิสูง
4. ดินทนไฟ หมายถึง ดินปนทราย มีคุณสมบัติเผาได้ในอุณหภูมิสูง มีแร่เหล็กสูง เนื้อแกร่ง นิยมใช้ผสมเนื้อดินปั้นสโตนแวร์
5. ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ดินเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต รูปแบบของผลิตภัณฑ์ มีมากมาย เช่น ตุ๊กตา แจกัน แก้วน้ำ โถ ถ้วย ชาม กระเบื้อง เป็นต้น
6. คุณสมบัติทางกายภาพ หมายถึง สมบัติ คุณลักษณะเฉพาะของวัตถุดิบ เช่น ความเหนียว การบิดเบี้ยว การหดตัว การดูดซึมน้ำ การคงรูปต่อความร้อน
7. ความเหนียว หมายถึง การยึดเกาะของอนุภาคของวัตถุดิบ ความเหนียวที่พอเหมาะจะสามารถขึ้นรูปทรงผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาได้ดี
8. การหดตัว หมายถึง การลดขนาดของเนื้อดินปั้นเนื่องจากการระเหยของน้ำในเนื้อดินปั้น หลังจากการตากแห้ง และหลังจากการเผา
9. ความพรุนตัวหรือการดูดซึมน้ำ หมายถึง อัตราการดูดซึมน้ำของเนื้อดินปั้นหลังจากผ่านการเผามาแล้ว
10. หินฟันม้า (Feldspar) หมายถึง วัตถุดิบที่ใช้ในการผสมเนื้อดินปั้นและน้ำยาเคลือบมีคุณสมบัติเป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิให้ต่ำลง
11. หินเขียวหนุมาน หรือ ควอตซ์ (Quartz) หมายถึง วัตถุดิบที่มีส่วนประกอบของซิลิกาปริมาณสูงใช้ผสมในเนื้อดินปั้นและน้ำยาเคลือบ เพื่อช่วยให้โครงสร้างแข็งแรง
12. สโตนแวร์ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อดินปั้นแข็งแรง เผาได้ในอุณหภูมิสูง ตั้งแต่ 1200 – 1250 องศาเซลเซียส
13. ตารางสามเหลี่ยม หมายถึง ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าที่ใช้ในการคำนวณอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบจำนวน 3 ชนิด
14. อัตราส่วนผสม หมายถึง จำนวนหรือปริมาณของวัตถุดิบที่คิดเป็นอัตราส่วนร้อยละ ใช้ในการคำนวณวัตถุดิบแต่ละชนิดเพื่อผสมเป็นเนื้อดินปั้น

15. คุณสมบัติทางกายภาพ หมายถึง สมบัติของเนื้อดินบั่นก่อนและหลังการเผา เช่น สมบัติการหดตัว, สมบัติการดูดซึมน้ำ, สมบัติความเหนียว

16. แห่งทดสอบ หมายถึง ชิ้นงานที่สร้างขึ้นเพื่อทดสอบอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ มีลักษณะเป็นแท่งซึ่งกดแบบมาจากแม่พิมพ์ปูนพลาสเตอร์

8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลของการวิจัยครั้งนี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเรียนการสอน และ ธุรกิจในภาคเอกชน ทางด้านเซรามิกส์ โดยอาศัยข้อมูลทางการวิจัยดังนี้ คือ

1. สามารถเตรียมเนื้อดินบั่นประเภทสโตนแวร์ที่มีคุณสมบัติเหมาะกับการขึ้นรูปด้วยเป็นหมุน
2. สามารถจะเตรียมเนื้อดินบั่นสโตนแวร์ ให้มีคุณสมบัติได้ตามความต้องการ
3. สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอน ในสาขาเซรามิกส์
4. สามารถนำไปพัฒนาใช้กับภาคธุรกิจด้านเซรามิกส์

9. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยเรื่องเนื้อดินบั่นประเภทสโตนแวร์ มีดังนี้

1. การทดสอบอัตราส่วนผสมเนื้อดินบั่นสุโขทัยเพื่อใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผาประเภทสโตนแวร์สำหรับขึ้นรูปด้วยเป็นหมุน ของ วีระ บัวนุ่น
2. การทดลองประสิทธิภาพเนื้อดินบั่นประเภทสโตนแวร์ ของดินเหนียวทะเลแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ของ ประสิทธิ์ แก้วฟูงรัมย์
3. การทดลองหาเนื้อดินบั่นสโตนแวร์ จากอัตราส่วนผสมระหว่างดินปากเกร็ด ดินขาว หินเขียวหนุมาน และเทลคัม ของ สุภกา ดอกไม้
4. การศึกษาดินขาวอุดรดิตถ์เพื่อใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาประเภทสโตนแวร์ด้วยวิธีการขึ้นรูปแบบหล่อหน้าดิน ของ บุทรพงษ์ นาคโสภณ
5. การทดลองเตรียมขี้เถ้าฟางข้าวเหนียวสำหรับเนื้อดิน บั่นสโตนแวร์ ของ วาสนา สายมา
6. การศึกษาเนื้อดินบั่นสโตนแวร์อุณหภูมิต่ำจากเนื้อดินอำเภอกระสัง จังหวัดบุรีรัมย์ ของ ปราโมทย์ ปิ่นสกุล
7. การใช้หินปูน ,แคลเซียมฟอสเฟส ,วอลลาสโตไนต์, และอลูมินา เป็นสารให้ความขาวในเนื้อดินบั่นสโตนแวร์ ของ เกศสุดา แสงสุวรรณ

8. การศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติของดินและหินแร่ต่างๆ ในจังหวัดกำแพงเพชร และจังหวัดตากเพื่อใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผา ของ อาจารย์ฉวี สว่างผล
9. โกมล รัชษ์วงศ์ ทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ สำหรับขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ ที่อุณหภูมิ 1225 องศาเซลเซียส
10. ทวี พรหมพฤษดิ์ ศึกษาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ ที่อุณหภูมิ 1225 - 1250 องศาเซลเซียส
11. ริชาร์ด ซากิน(Richard Zakin) ศึกษาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส
12. แดเนียล โรดส์ (Daniel Rhodes) ทดลองพบว่า อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ที่อุณหภูมิ 1250 องศาเซลเซียส มีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ระหว่าง ร้อยละ 1 - 5 และมีค่าการหดตัวหลังการเผาอยู่ระหว่าง ร้อยละ 11-12.5

10. วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ในการทดลอง

เพื่อให้ผลการวิจัยบรรลุเป้าหมาย ผู้วิจัยได้วางแผนวิธีการดำเนินการวิจัยไว้ดังนี้ คือ

1. ศึกษาข้อมูลการวิจัย จากเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
2. ศึกษาและเตรียมวัตถุดิบที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
3. ทดลองอัตราส่วนผสมของดินด้วยวิธีการใช้ตารางรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า(Triaxial Blending) เพื่อหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติ การหดตัวและดูดซึมน้ำเหมาะสมกับเนื้อดินประเภทสโตนแวร์
4. ทดลองคุณสมบัติความเหมาะสมในการขึ้นรูปด้วยวิธีเป็นหมุน จากอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ได้จาก ดินคำ ดินขาว และ ดินทนไฟ
5. ทดลองพัฒนาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่คัดเลือกจากการทดลองแล้ว โดยผสมกับ หินฟันม้า และหินเขียวหนุมาน เพื่อปรับเนื้อดินปั้นให้เหมาะสมกับ อุณหภูมิการเผา
6. ผลงานการวิจัยจะดำเนินจัดนิทรรศการแสดงผลงานเซรามิกส์โตแวร์ ที่สำนักหอสมุดกลาง มศวประสานมิตร ส่วนผลการทดลองจะนำไปเป็นสื่อการสอนสาขาเซรามิกส์ ภายในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒและสถาบันการศึกษาภายนอกเช่น ม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร และ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ และหน่วยงานเอกชนที่สนใจ

ส่วนสถานที่ทำการทดลอง

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สุขุมวิท 23 แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ

คณะศิลปกรรมศาสตร์ สาขา ศิลปจินตทัศน์

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ประจวบคีรีขันธ์

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาเซรามิกส์

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยเพื่อหาคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นโดยทดลองหาอัตราส่วนผสมของดินดำ ดินขาว และดินทนไฟ เพื่อหาคุณสมบัติที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ด้วยวิธีการใช้เป็นหมุน ผู้วิจัยได้พยายามศึกษาค้นคว้าและรวบรวมเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อและวัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ประเภทของเนื้อดินปั้น
2. วัตถุดิบที่ใช้ทดลองในเนื้อดินปั้น
3. การเตรียมเนื้อดินปั้น
4. ทดสอบการหดตัวของเนื้อดินปั้น
5. การทดสอบการดูดซึมน้ำของเนื้อดินปั้น
6. กรรมวิธีการผลิตเครื่องปั้นดินเผา
7. วิธีอ่านค่าอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ประเภทของเนื้อดินปั้น

เนื้อดินปั้นทางเซรามิกส์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือประเภทที่มีดินเป็นส่วนประกอบและประเภทที่ไม่มีดินเป็นส่วนประกอบเลย (ปรีดา พิมพ์ขาวจำ, 2539 : 124)เนื้อดินปั้นสามารถผสมกับวัตถุดิบอื่นเพื่อลดความเหนียว หรือ ปรับสีเนื้อดินและอุณหภูมิให้เหมาะสมได้ตามที่ต้องการ (ทวี พรหมพฤษ, 2523 : 75) เพื่อให้ง่ายต่อการศึกษาเนื้อดินปั้นสามารถแบ่งได้ 3 กลุ่มใหญ่ เพื่อสะดวกในการศึกษาและทำความเข้าใจ คือ เนื้อดินปั้น เอิร์ทเธินแวร์ (Earthenware Body) , เนื้อดินปั้นสโตนแวร์ (Stoneware Body), และ เนื้อดินปั้นพอร์ซเลน (Porcelain Body)

(Norton, F.H. 1956: 146)

เนื้อดินปั้น เอิร์ทเธินแวร์ (Earthenware Body) เป็นเนื้อดินที่เผาอุณหภูมิต่ำ ประมาณ 1100 องศาเซลเซียส มีสีน้ำตาลแดง มีความพรุนตัวและดูดซึมน้ำสูง ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ ได้แก่ กระจาด ดินไม้, กระเบื้องหลังคา, อิฐก่อสร้าง เป็นต้น

เนื้อดินปั้นสโตนแวร์ (Stoneware Body) เป็นเนื้อดินปั้นที่มีความแข็งแกร่ง ทนทานกว่าเนื้อดินปั้นเอิร์ทเธินแวร์ เผาในอุณหภูมิสูง 1200-1250 องศาเซลเซียส ค่าการดูดซึมน้ำต่ำ ประมาณไม่

เกินร้อยละ 3 เนื้อดินจะมี สีเทา และน้ำตาล หลังการเผา ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เครื่องสังคโลก , โองราชบุรี เป็นต้น

เนื้อดินปั้นพอร์ซเลน (Porcelain Body) มีลักษณะสีขาวโปร่งแสง เผาในอุณหภูมิสูง 1250-1300 องศาเซลเซียส ไม่ดูดซึมน้ำ ผลิตภัณฑ์เนื้อบางเบา เคาะมีเสียงดังกังวาน นิยมเขียนลายสีน้ำเงิน หรือที่เรียกว่า ลายคราม ส่วนจีนจะเรียกว่า เครื่องกังไส ในระบบอุตสาหกรรมเนื้อดินปั้นจะถูกนำไป แยกแร่เหล็กที่ปะปนมาในเนื้อดินเพื่อให้ได้ความขาวมากขึ้น (ทวี พรหมพฤกษ์, 2523 : 81-83)

นอกจากเนื้อดินปั้น 3 ประเภทหลักนี้แล้ว ยังมีเนื้อดินปั้นที่ต้องการคุณสมบัติพิเศษ โดยการ เติมแร่กระดูก ประมาณร้อยละ 50 ของเนื้อดินปั้น เพื่อให้ได้ความขาวเป็นพิเศษและโปร่งแสง เรา เรียกเนื้อดินปั้นนี้ว่า เนื้อดินปั้น โบนไชน่า (Bone China Body) (ไพจิตร อังศิริวัฒน์, 2541 : 175)

2. วัตถุดิบที่ใช้ทดลองในเนื้อดินปั้น

วัตถุดิบส่วนใหญ่ที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ส่วนจะเป็นออกเป็น 2 หมวด ด้วย กัน คือ หมวดวัตถุดิบที่มีความเหนียว (Plastic Raw Materials) คือ ดินดำ ดินขาว ดินทนไฟ เป็นต้น และหมวดวัตถุดิบที่ไม่มีความเหนียว (Non Plastic Raw Materials) คือ หินฟืนม้า หิน เขี้ยวหนูมาน รวมถึง ออกไซด์ต่างๆ เป็นต้น (ทวี พรหมพฤกษ์, 2523 : 56-57)

หมวดวัตถุดิบที่มีความเหนียว ส่วนใหญ่จะเป็นดินชนิดต่างๆ ซึ่งจำเป็นและสำคัญมาก ในการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ เพราะเป็นวัตถุดิบหลักในส่วนผสมของเนื้อดินปั้น ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ ใช้ดินเป็นวัตถุดิบในการผลิต ได้แก่ เครื่องสุขภัณฑ์ (Sanitary Ware) กระเบื้อง (Tiles) อุปกรณ์และ ฉนวนทางไฟฟ้า และ (Insulators) ภาชนะและเครื่องครัว (Table Ware) เป็นต้น ดินสามารถแบ่ง ออกตามสภาพภูมิประเทศ คือดินที่เกิดจากที่ราบสูงและที่ราบต่ำ

ดินที่เกิดจากสภาพภูมิประเทศอยู่ในที่ราบสูง ส่วนใหญ่จะเป็นดินขาว หรือเรียกว่าดิน เกาลิน(Kaolin)มีคุณสมบัติสีขาว การหดตัวและความเหนียวน้อย ทนความร้อนได้สูง ต้องผสม กับวัตถุดิบอื่นเพื่อช่วยในการขึ้นรูป แหล่ง ที่พบมากในประเทศไทย คือ ระนอง และ ลำปาง

ดินที่เกิดจากสภาพภูมิประเทศอยู่ในที่ราบต่ำ ส่วนใหญ่จะเป็นดินดำ (ball clay) เป็นดิน ที่มีความละเอียดมาก มีสีแตกต่างกันไปตามสภาพแหล่งที่พบ ความเหนียว และค่าการหดตัวสูง

ดินเป็นสารประกอบไฮเดรตของอลูมินาซึ่งแปรสภาพมาจากแร่หินฟืนม้าโดยสภาพ แวดล้อมธรรมชาติเป็นองค์ประกอบที่ช่วยในการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาทางเคมี ดินจะมีความแตก ต่างกันทั้งทางด้านคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี เช่นความเหนียว และส่วนประกอบของแร่ซิลิกา ตัวอย่างเช่น ดินขาว และดินดำ (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ, 2539 : 43)

ดินขาว (Kaolin)

ดินเป็นวัตถุดิบพื้นฐานที่สำคัญ ดินมีสูตรทางเคมีว่า $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ซึ่งเป็นสารประกอบอลูมินาซิลิเกตดินขาวมีส่วนสำคัญมากในการผสมเนื้อดินปั้นและในน้ำยาเคลือบ ในเนื้อดินปั้นดินขาวจะมีคุณสมบัติทนความร้อนได้ดีค่าการหดตัวต่ำ ต้องนำไปผสมกับวัตถุดิบอื่นเพื่อเพิ่มความเหนียวในการขึ้นรูป มีแหล่งกำเนิดอยู่บนที่ราบสูง(โกมล รัชย์วงศ์ 2531: 9)

ดินเหนียว (Ball Clay)

ดินคำหรือดินเหนียวเป็นวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติการหดตัวสูง มีความละเอียดมาก มีสีหลากหลาย ต้องนำไปผสมกับวัตถุดิบชนิดอื่น เพื่อลดความเหนียวและค่าการหดตัว ส่วนใหญ่จะมีปริมาณแร่เหล็กสูง สามารถขุดพบตามแหล่งที่ราบลุ่มทั่วไป นอกจากนี้ยังมีความแข็งแรงจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับผลิตภัณฑ์เมื่อนำไปผสมในเนื้อดินปั้น (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ, 2532 : 54-58)

ดินสโตนแวร์(Stoneware Clay)

เป็นดินที่พบในธรรมชาติ มีสีออกเทาเข้ม และเทาอ่อน มีความเหนียวสูงสามารถนำไปขึ้นรูปได้ดีกับแป้นหมุน เเผาได้อุณหภูมิถึง 1250 องศาเซลเซียส หรือ เรียกว่า ดินทนไฟ ในวงการอุตสาหกรรมนิยมนำไปทำหีบหรือกล่องทนไฟ(Sagger)เพื่อป้องกันเปลวจากไฟไปถูกกระทบกับผลิตภัณฑ์ภายในเตาเผา

ดินเอิร์ทเชนแวร์ (Earthenware Clay)

เป็นดินที่มีส่วนผสมของแร่เหล็กสูง สามารถพบทั่วไปในธรรมชาติ ทนอุณหภูมิความร้อนได้ประมาณ 1100 องศาเซลเซียส มีความเหนียวสูงถ้าจะนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ควรจะผสมดินเชื้อหรือที่เรียกว่า Grog เพื่อลดการแตกร้าว เพราะเนื้อดินมีค่าการหดตัวสูง สีเนื้อดินส่วนใหญ่จะมีสีน้ำตาลเข้มและอ่อน

หมวดวัตถุดิบที่ไม่มีความเหนียว ส่วนใหญ่จะหมายถึง หินแร่ชนิดต่างๆ ซึ่งมีคุณสมบัติไม่มีความเหนียว สามารถใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อดินปั้นและในน้ำยาเคลือบ

หินฟันม้า (Feldspar)

เป็นสารประกอบอลูมิโนซิลิเกตของอัลคาไลน์ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นพวกสารประกอบของ โซเดียม โปแตสเซียมและแคลเซียม หินฟันม้าใช้มากในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ นิยมใช้เนื้อดินปั้นและน้ำยาเคลือบ หินฟันม้าประเภทโซดาเฟลด์สปาร์ (Soda Feldspar : $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$) เป็นสารประกอบของโซเดียม อลูมินา ซิลิกา (Sodium Alumina Silicate) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า อัลไบต์ (Albite)ส่วนใหญ่พบที่ กาญจนบุรี ราชบุรี และอุทัยธานี หินฟันม้าประเภทนี้นิยมใช้ในส่วนผสมน้ำยาเคลือบและแก้ว (ไพจิตร อังศิริวัฒน์, 2541 : 64)

หินฟันม้าประเภทโปตัสเซียมเฟลด์สปาร์ (Potash Feldspar : $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$) ซึ่งประกอบด้วย โปแตสเซ อลูมินา และซิลิกา มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ นิยมใช้ผสมเนื้อดินปั้นและน้ำยาเคลือบ

หินฟันม้าประเภทแคลเซียมเฟลด์สปาร์ (Calcium Feldspar) หรือเรียกอีกอย่างว่า อะนอร์ไทต์ (Anorthite) ใช้ผสมในน้ำยาเคลือบเป็นส่วนใหญ่ มีสีขาว เทา และเหลือง (อายุวัฒน์ สว่างผล, 2543 : 135)

หินเขี้ยวหนูมาน (Quartz)

เป็นหินที่ประกอบไปด้วยแร่ซิลิกา (SiO_2) สูงถึงร้อยละ 99 มีจุดหลอมละลายที่อุณหภูมิ 1728 องศาเซลเซียส หินเขี้ยวหนูมานเมื่อผสมในเนื้อดินปั้นจะทำหน้าที่เป็นโครงสร้าง และลดการหดตัวให้กับเนื้อดินทำให้เนื้อดินมีความแข็งแรงป้องกันการบิดเบี้ยวของผลิตภัณฑ์ แต่ถ้าใส่มากเกินไปจะทำให้ความเหนียวลดลง แหล่งที่พบมากในประเทศไทย คือ จันทบุรี ระยอง และ สงขลา มีทั้งชนิดใสและขาวขุ่นทึบ (อายุวัฒน์ สว่างผล, 2543 : 149)

3. การเตรียมเนื้อดินปั้น

การเตรียมเนื้อดินปั้น หมายถึง การผสมวัตถุดิบที่มีความเหนียวคือดิน กับวัตถุดิบที่ไม่มีความเหนียวคือแร่หินต่างๆ เช่น หินฟันม้า และ หินเขี้ยวหนูมานชนิด เพื่อให้ได้เนื้อดินที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ (Rhodes , 1973: 24) เนื้อดินปั้นอาจจะไม่ต้องเตรียม สามารถขุดจากธรรมชาติมาใช้งานได้เลยถ้ามีความเหมาะสมตามที่ต้องการแล้วหรือจะผสมวัตถุดิบต่างๆ เพื่อให้ดียิ่งขึ้นก็ได้

(Singer, 1967: 397)

ดังนั้นในการเตรียมเนื้อดินปั้นเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ จึงจำเป็นต้องมีวัตถุประสงค์ในการเตรียมเนื้อดินปั้นก่อนว่า ต้องการอะไร เช่น

1. เพื่อต้องการเปลี่ยนแปลงความเหนียวของเนื้อดินปั้น
2. เพื่อต้องการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อดินปั้น
3. เพื่อต้องการเปลี่ยนแปลงค่าการหดตัวของเนื้อดินปั้น
4. เพื่อต้องการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิการเผาของเนื้อดินปั้น
5. เพื่อต้องการเปลี่ยนแปลงเนื้อดินปั้นให้เหมาะสมกับกรรมวิธีการผลิต
6. เพื่อต้องการเปลี่ยนแปลงเนื้อดินปั้นให้เหมาะสมกับน้ำยาเคลือบ

4. ทดสอบการหดตัวของเนื้อดินปั้น (Body Shrinkage)

การทดสอบการหดตัวของเนื้อดินปั้นเป็นสิ่งจำเป็น เพราะเนื้อดินปั้นที่มีการหดตัวสูง จะทำให้เกิดการแตกร้าว และการบิดเบี้ยวของผลิตภัณฑ์ เนื้อดินปั้นสโตนแวร์ควรมีการหดตัวก่อนเผา ประมาณร้อยละ 10 และการหดตัวหลังเผาไม่ควรเกินร้อยละ 15 (Rhodes, 1963: 43)

วิธีการทดสอบการหดตัวของเนื้อดินปั้น

1. สร้างชิ้นงานทดลองขนาดความยาวประมาณ 12 เซนติเมตร กว้าง 2.5 เซนติเมตร หนา 1.5 เซนติเมตร แล้วทำเครื่องหมายความยาว 10 เซนติเมตร ไส้รหัสหรือทำเครื่องหมายบนผิวชิ้นทดลอง
2. ผึ่งชิ้นทดลองให้แห้ง ก่อนนำไปเผาในอุณหภูมิที่กำหนด
3. วัดและบันทึกความยาวของชิ้นทดลองหลังการเผาแล้ว
4. คำนวณหาค่าการหดตัวโดยการใช้สูตร

$$\text{ค่าการหดตัว} = \frac{\text{ความยาวดินเปียก} - \text{ความยาวดินแห้ง}}{\text{ความยาวดินเปียก}} \times 100$$

5. การทดสอบการดูดซึมน้ำของเนื้อดินปั้น (Water Absorption)

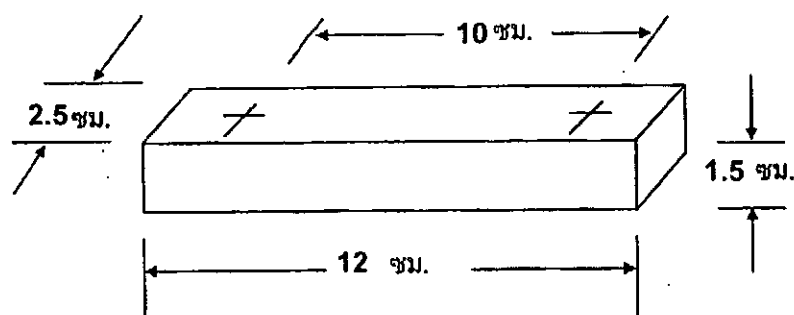
เป็นการทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำ ถ้าเนื้อดินปั้นมีค่าการดูดซึมน้ำน้อยมากก็แสดงว่าเนื้อดินนั้นมีจุดสุกตัว (Vitrification) คือ มีความอิมมูนั่นเอง แต่เนื้อดินยังมีค่าการดูดซึมน้ำมากแสดงว่าเนื้อดินนั้น มีความพรุนตัวหรือ ยังไม่อิมมูนั่น คือ สามารถดูดซึมน้ำได้อีก ในเนื้อดินปั้นไม่ควรมีค่าการดูดซึมน้ำเกินร้อยละ 6 (Nelson, 1984 : 124-126) อัตราส่วนผสมของชิ้นทดลองที่มีอัตราการดูด

ชิมน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของเนื้อดินปนที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์ภาชนะใส่อาหาร ควรมีอัตราส่วนการดูดซึมน้ำในช่วงร้อยละ 0 – 3 (Rhodes. 1963 : 58-60)

วิธีทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำ

1. ชั่งน้ำหนักชิ้นทดลองที่ผ่านการเผาแล้วในอุณหภูมิที่กำหนด
2. นำชิ้นทดลองที่ชั่งแล้วไปต้มน้ำเดือดประมาณ 2 ชั่วโมง ทิ้งค้างคืน
3. ชั่งน้ำหนักชิ้นทดลองที่ผ่านการต้มแล้ว ก่อนชั่งควรเช็ดให้แห้ง
4. คำนวณหาค่าการดูดซึมน้ำโดยใช้สูตร

$$\text{ค่าการดูดซึมน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักจุดอิ่มตัว} - \text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักแห้ง}} \times 100$$



ภาพ 1 แสดงชิ้นตัวอย่างทดลอง

6. กรรมวิธีการผลิตเครื่องปั้นดินเผา

กรรมวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ จะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่ลักษณะของเนื้อดิน ที่จะต้องเลือกใช้วิธีผลิตให้เหมาะสมกับสภาพของวัตถุดิบ เช่น ลักษณะเป็นผง (Powder) ลักษณะเป็นน้ำ (Slip) หรือลักษณะเป็นเนื้อดินปั้น (Clay body) ซึ่งพอจะแบ่งเป็นแนวคิดได้ 3 แบบ คือ

ขึ้นรูปด้วยวิธีอัดแห้ง (Dry Press) วิธีนี้ต้องอาศัยเครื่องมือที่มีแรงอัดมาก ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะเป็นกระเบื้อง ดินจะมีส่วนผสมของน้ำน้อยมาก ประมาณ ร้อยละ 15

ขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อ (Casting) วิธีนี้จะใช้แม่พิมพ์ปูนพลาสติก เพื่อสามารถดูดน้ำจากดินที่มีลักษณะเหลวข้น ลักษณะการหล่อจะมี 2 แบบ คือ หล่อแบบกลวง (Drain Casting) และหล่อแบบตัน (Solid Casting) ลักษณะผลิตภัณฑ์ ส่วนใหญ่ จะภาชนะในครัวเรือน (Tableware)

ขึ้นรูปด้วยใบมีด (Jiggering/ Jollying) วิธีนี้จะใช้ใบมีดทำหน้าที่ลักษณะเป็นใบแบบ (Template) สอดคล้องขนานระยะกับแม่พิมพ์ปูนพลาสติก โดยจะเรียกลักษณะงานที่ใบมีดอยู่ด้านนอกแม่พิมพ์ ว่า Jigger ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะเป็นลักษณะงาน ส่วนใบมีดอยู่ภายในแม่พิมพ์ปูน จะเรียกว่า Jolly ลักษณะผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะเป็นถ้วย หรือ ชาม ดินที่ใช้ขึ้นรูปจะมีลักษณะเป็นกึ่งดินเหนียว (Plastic Clay) (ปรีดา พิมพ์ขาวจำ, 2535: 153)

ขึ้นรูปแบบอิสระ (Hand Forming) วิธีนี้เหมาะสำหรับการเริ่มหัดทำเซรามิกส์ เพราะเป็นพื้นฐาน ที่จะช่วยให้เข้าใจลักษณะของดิน การขึ้นรูปแบบนี้ยังแบ่งงานที่มีลักษณะการขึ้นรูปเป็นแผ่น เราเรียกว่า การขึ้นรูปแบบแผ่น (Slab Method) ถ้าขึ้นรูปด้วยการขดดินเป็นเส้น เราเรียกว่า การขึ้นรูปแบบขด (Coil Method) ลักษณะดินเป็นดินเหนียว

ขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน (Throwing) การขึ้นรูปด้วยวิธีนี้ต้องอาศัยทักษะและความชำนาญ เป็นการใช้แป้นซึ่งหมุนด้วยเร็วรอบ ประมาณ 80 รอบ ต่อ นาที แต่ปัจจุบันมีแป้นหมุนด้วยไฟฟ้า สามารถปรับความเร็วรอบได้ตามต้องการขณะที่ยื่น ทำให้สามารถอำนวยความสะดวกและเพิ่มขีดความสามารถในการทำงานได้ดี ลักษณะดินเป็นดินเหนียว ควรจะนวดให้ดีก่อนนำมาใช้งานบนแป้นหมุน (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 20-30) ในการวิจัยครั้งนี้จะใช้วิธีการขึ้นรูปด้วยแป้นหมุนในการทดสอบเนื้อดินปั้น

7. วิธีอ่านค่าอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น

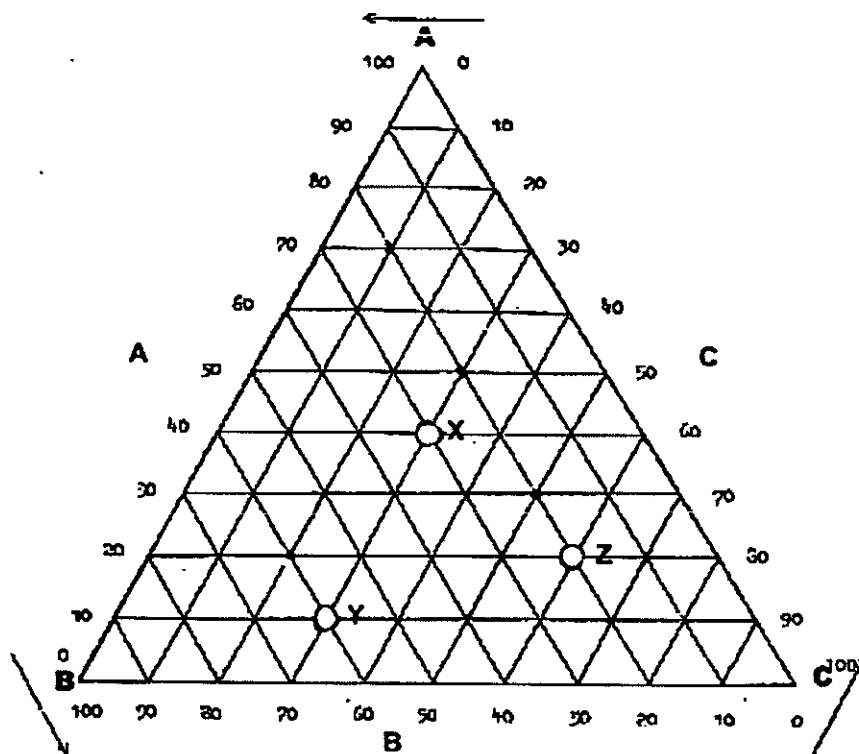
การอ่านค่าอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น โดยใช้แผนภาพตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า สามารถช่วยให้การคำนวณสะดวกง่ายสำหรับการวิจัย โดยแต่ละด้านของสามเหลี่ยมจะถูกแบ่ง ระยะห่างเท่ากัน 10 จุด และมีค่าห่างกัน 10 แต่ละด้านของสามเหลี่ยมจะเป็นตัวแทนของวัตถุดิบ โดยกำหนดให้เป็น A , B และ C วิธีอ่านค่าจะอ่านทวนเข็มนาฬิกา

อ่านค่าของวัตถุดิบ A ให้อ่านตามแนวลูกศร ←

อ่านค่าของวัตถุดิบ B ให้อ่านตามแนวลูกศร ↘

อ่านค่าของวัตถุดิบ C ให้อ่านตามแนวลูกศร ↗

ผลรวมของค่าที่อ่านได้แต่ละจุดจะเท่ากับ 100 (Hopper. 1984 : 68– 70)



ภาพ 2 แสดงแผนภาพตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า (Triaxial Blending)

จากภาพตารางสามเหลี่ยม จุดที่เกิดจากเส้นตัดกันจะมีทั้งหมด 36 จุด แต่ในที่นี้จะยกตัวอย่างวิธีการอ่านค่าจากตารางเพียงค่า 3 จุด คือ จุด X , Y และ Z ว่าจะมีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ จาก A , B และ C จำนวนเท่าใดในจำนวนเต็ม 100 ส่วน

ตาราง 1 แสดงตัวอย่างอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์

จุดที่	วัตถุดิบ A	วัตถุดิบ B	วัตถุดิบ C	รวม
X	40	30	30	100
Y	10	60	30	100
Z	20	20	60	100

8.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทดสอบอัตราส่วนผสมเนื้อดินปั้นสุโขทัยเพื่อใช้ในการงานเครื่องปั้นดินเผาประเภทสโตนแวร์สำหรับขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน ของ วีระ บัวนุ่น (2541: บทคัดย่อ) เพื่อหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินเหนียวจังหวัดสุโขทัย เพื่อใช้ทำเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัยคือ ดินเหนียวทุ่งหลวง ผสมกับดินมูลานหอยและหินเขียวหนุมาน จำนวน 36 ตัวอย่าง ดินเหนียวบ้านสวน ผสมกับ ดินมูลานหอย และหินเขียวหนุมาน จำนวน 36 ตัวอย่าง ดินเหนียวเขาสี่ล้าน ผสมกับดินมูลานหอยและหินเขียวหนุมาน จำนวน 36 ตัวอย่าง โดยใช้ตารางสามเหลี่ยมคำนวณหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น ผลการวิจัยปรากฏว่า ผ่านการทดสอบการขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน 19 ตัวอย่าง หลังการเผาที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส เนื้อดินปั้นมีการหดตัวอยู่ที่ร้อยละ 2.00-9.05 และการดูดซึมน้ำอยู่ที่ร้อยละ 0.60-10.12

การทดลองหาเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ จากอัตราส่วนผสมระหว่างดินปากเกร็ด ดินขาว หินเขียวหนุมาน และแทลคัม ของ ศุภกา ดอกไม้(2535: บทคัดย่อ) จุดประสงค์การวิจัยเพื่อหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ โดยใช้ ดินปากเกร็ด ดินขาว หินเขียวหนุมาน และ แทลคัม เป็นส่วนผสม เนื้อดินปั้นที่ได้จะถูกนำไปขึ้นรูปเป็น ภาชนะคร่ำเรือน และ แจกัน ด้วยวิธีแบบแป้นหมุน อัตราส่วนผสมจะได้จากคำนวณด้วยตารางสามเหลี่ยม และผ่านการทดสอบการหดตัวและดูดซึมน้ำ สีเนื้อดิน ความแข็งและความทนไฟ หลังการเผา ผลการวิจัยพบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเผา คือ 1200 และ 1230 องศาเซลเซียส ส่วนอัตราส่วนผสมที่ดีคือ ดินปากเกร็ด ร้อยละ 48-54 ดินขาว ร้อยละ 18-20 หินเขียวหนุมาน ร้อยละ 28-34 และแทลคัม ร้อยละ 2 สำหรับการวิจัยนี้ พบว่า อุณหภูมิที่ 1250 องศาเซลเซียส ไม่เหมาะกับอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์นี้

การศึกษาดินขาวอุตรดิตถ์เพื่อใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาประเภทสโตนแวร์ด้วยวิธีการขึ้นรูปแบบหล่อน้ำดิน ของ ยุทธพงษ์ นาคโสภณ (2544 : บทคัดย่อ) เพื่อหาอัตราส่วนของเนื้อปั้นสโตนแวร์ สำหรับการขึ้นรูปแบบหล่อน้ำดิน โดยใช้ดินขาวอุตรดิตถ์ ผสมกับดินเหนียวแม่วิท และ หินฟันม้า โดยใช้ตารางสามเหลี่ยม คำนวณอัตราส่วนผสม จำนวน 36 ตัวอย่าง ผลการวิจัยพบว่า อัตราส่วนผสมผ่านเกณฑ์คุณสมบัติทางกายภาพ 12 ตัวอย่าง และสามารถนำไปหล่อแบบด้วยน้ำดิน จำนวน 4 ตัวอย่าง เท่านั้น

การทดลองเครื่องปั้นดินเผาสำหรับเนื้อดิน ปั้นสโตนแวร์ ของ วาสนา สายมา (2549:บทคัดย่อ) เพื่อทดลองหาอัตราส่วนของเคลือบสีน้ำตาลสำหรับเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ โดยใช้สีน้ำตาลจากฟางข้าวที่เผาในอุณหภูมิ 1240 องศาเซลเซียส การคำนวณอัตราส่วนผสมใช้ตารางสามเหลี่ยม ได้ส่วนผสม จำนวน 36 ตัวอย่าง ลักษณะผิวเคลือบที่ได้จากการวิจัย ผิวมัน ผิวด้าน ผิวกึ่งมัน กึ่งมัน ตัวอย่างทดลองจะถูกคัดเลือกส่วนที่ดีที่สุดและนำไปเผาซ้ำอีกครั้ง ผลวิจัยก็ยังคงมีผิวมัน ผิวด้าน และ กึ่งมัน กึ่งมัน

การศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติของดินและหินแร่ต่างๆ ในจังหวัดกำแพงเพชร และจังหวัดตากเพื่อใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผา ของ आयुวัฒน์ สว่างผล (2535 : บทคัดย่อ) การเลือกใช้วัตถุดิบท้องถิ่น ในจังหวัดกำแพงเพชรและจังหวัดตาก คือ ดินเหนียวทั่วไป และ หินฟันม้า , หินปูนมาผสมเป็นเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ ที่มีความทนไฟถึง 1240 องศาเซลเซียส โดยมีค่าความพรุนตัวอยู่ที่ 4.92- 0.32

การศึกษาการทำเนื้อดินสโตนแวร์อุณหภูมิต่ำจากเนื้อดินอำเภอกระสัง จังหวัดบุรีรัมย์ ของ ปราโมทย์ ปิ่นสกุล(2548 : บทคัดย่อ) เพื่อหาอัตราส่วนระหว่างดินกระสัง ดินขาว หินฟันม้า และ หินขี้หวนหูนาน เเผาที่อุณหภูมิ 1190 องศาเซลเซียส โดยใช้ตารางสามเหลี่ยม พบว่า ดินกระสัง ร้อยละ 20 ดินขาวร้อยละ 20 ดินดำร้อยละ 60 มีค่าการหดตัวร้อยละ 19 และค่าการดูดซึมน้ำ ร้อยละ 1.88

การใช้หินปูน แคลเซียมฟอสเฟส วอลลาสโตไนต์ และอลูมินา เป็นสารให้ความขาวในเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ ของ เกศสุดา แสงสุวรรณ (2539 : บทคัดย่อ) เพื่อพัฒนาความขาวของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ โดยการเติมสารเพิ่มความขาว คือ หินปูน แคลเซียมฟอสเฟส วอลลาสโตไนต์ และอลูมินา พบว่า ดินขาวเกาหลีจากจังหวัดนครราชสีมา ร้อยละ 60 ดินดำจากอำเภอแมริม ร้อยละ 10 ควอตซ์จากจังหวัด ตาก ร้อยละ 15 เฟลสปาร์จากจังหวัดตาก ร้อยละ 15 อลูมินา ร้อยละ 3 หินปูน ร้อยละ 6 เเผาที่อุณหภูมิ 1250 องศาเซลเซียส มีค่าความพรุนตัว ร้อยละ 2.7 และค่าการหดร้อยละ 3 ส่วนความขาวมีค่า 70 เมื่อเปรียบเทียบกับ แบริมซัลเฟส ที่มีความขาวเท่ากับ 100

การทดลองหาประสิทธิภาพเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ของดินเหนียวทะเลแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ของ ประสิทธิ์ แก้วฟุ้งรัมย์(2539 : บทคัดย่อ) เพื่อทำผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ด้วยวิธีการใช้แป้นหมุน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ดินเหนียวทะเลแก้ว ผสมกับดินขาวลำปาง , หินฟันม้า , และหินเขียวหนุมาน โดยคำนวณอัตราส่วนผสมจากตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัส จำนวน 81 ตัวอย่าง เผาที่อุณหภูมิ 1250 องศาเซลเซียส ผลการวิจัยพบว่า อัตราส่วนของเนื้อดินปั้นที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน จะมีดินเหนียวทะเลแก้ว ร้อยละ 25 ดินขาวลำปาง ร้อยละ 35 หินฟันม้า ร้อยละ 15 หินเขียวหนุมาน ร้อยละ 25 เมื่อเผาแล้วจะมีค่าการหดตัวอยู่ระหว่างร้อยละ 8 .00 – 17.75 และ การดูดซึมน้ำอยู่ระหว่างร้อยละ 0.04 – 13.85

โกมล รักรั้ววงศ์ (ม.ป.ป. :3) ได้ทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ สำหรับขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ ผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ที่ อุณหภูมิ 1225 องศาเซลเซียส มีอัตราส่วนผสมดังต่อไปนี้ คือ ดินขาวลำปางร้อยละ 25.8 ดินขาวระนองร้อยละ 19.2 ดินเหนียวแม่ทานร้อยละ14.3 หินเขียวหนุมานจันทบุรี ร้อยละ30.0 หินฟันม้าราชบุรี ร้อยละ 10.7โซเดียมซิลิเกต ร้อยละ0.3 ผลการทดลองคุณสมบัติหลังการเผา มีการดูดซึมน้ำร้อยละ 0.1 การหดตัวร้อยละ 13.8

ทวี พรหมพุกษ์ (ทวี พรหมพุกษ์, 2523 : 82) ได้พบอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ ที่ใช้ได้ผลดีเมื่อเผาในอุณหภูมิ 1225 – 1250 องศาเซลเซียส ค่าการดูดซึมน้ำไม่ควรเกินร้อยละ3 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นดังตาราง

ตาราง 2 แสดงอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ เผาที่อุณหภูมิ 1225 – 1250 องศาเซลเซียส

หมายเลข	ดินสโตนแวร์	ดินขาว	หินฟันม้า	หินแก้ว	ดินทนไฟ	ดินเหนียวขาว	ดินแดง	รวม
1	80	10	-	-	-	-	10	100
2	75	-	-	-	-	-	15	100
3	40	20	-	10	10	-	20	100
4	30	-	-	-	-	30	30	100
5	-	-	40	15	10	30	-	100
6	20	-	25	20	20	-	15	100

ริชาร์ด ซากิน (Richard Zakin, 1981 : 44) พบว่าอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ เป็นวัตถุดิบที่เป็นดินร้อยละ 90 และวัตถุดิบชนิดอื่น ร้อยละ 10 เมื่อเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส ดังตาราง

ตาราง 3 แสดงอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ ที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส

หมายเลข	ดินแดง	ดินสโตนแวร์	ดินขาว	ดินเหนียว	ดินทนไฟ	หินแก้ว	หินฟันม้า
1	45	-	33	12	-	10	-
2	10	70	-	-	10	5	5
3	25	40	20	5	-	5	5

แดเนียล โรดส์ (Daniel Rhodes, 1974 : 59-60) ทดลองพบว่า อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ที่อุณหภูมิ 1250 องศาเซลเซียส มีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ระหว่าง ร้อยละ 1 - 5 และมีค่าการหดตัวหลังการเผาอยู่ระหว่าง ร้อยละ 11-12.5 และอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบดังนี้

ตาราง 4 แสดงอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ ที่อุณหภูมิ 1250 องศาเซลเซียส

หมายเลข	ดินแดง	ดินสโตนแวร์	ดินขาว	ดินเหนียว	ดินทนไฟ	หินแก้ว	หินฟันม้า
1	-	80	-	10	-	-	10
2	-	75	-	15	-	-	10
3	10	30	-	30	30	-	-
4	5	-	40	30	-	10	15
5	-	20	25	15	-	20	20

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองโดยสุ่มตัวอย่างทดลองจากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า ใช้วัตถุดิบ 3 ชนิด คือ ดินขาว , ดินดำ, และดินเหนียว กำหนดจุดในการทดลอง 36 จุด เพื่อให้ได้ อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน เเผาในอุณหภูมิ 1220 องศาเซลเซียส การวิจัยได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย
2. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย
3. การหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น
4. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา
5. เภณท์ที่ใช้ในการคัดเลือกเนื้อดินปั้น
6. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์
7. วิธีการดำเนินการศึกษาทดลอง
8. การวิเคราะห์ข้อมูล
9. สถานที่และระยะเวลาการทดลอง

1. วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย จะเป็นวัตถุดิบภายในประเทศและมีราคาไม่แพงเพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิตและสะดวกต่อการขนส่งและจัดหาวัตถุดิบ

ดินขาวระนอง

ดินดำสุราษฎร์ธานี

ดินเหนียว อำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์

หินเขียวหनुมาน

หินฟันม้า

2. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยจะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะด้วยกัน คือ

1. เครื่องมือและอุปกรณ์

ตะแกรงร่อน ขนาด 100 เมช

เครื่องชั่งชนิดอ่านค่าละเอียด

กระบอกหรือถ้วยตวง

แม่พิมพ์ปูนพลาสติกสำหรับกดแบบขึ้นทดลอง

เป็นหมุนไฟฟ้า ชนิดปรับรอบความเร็วได้

เตาเผาไฟฟ้า พร้อมอุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิ

เตาเผา แบบใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง

เตาเผา แบบใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง

2. เครื่องมือที่ใช้ช่วยในการหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นเพื่อเปรียบเทียบอัตรา

ส่วนผสมและคุณสมบัติ ทางกายภาพที่แตกต่างกัน

แบบตารางสามเหลี่ยมด้าน ใช้หาอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบสามชนิด

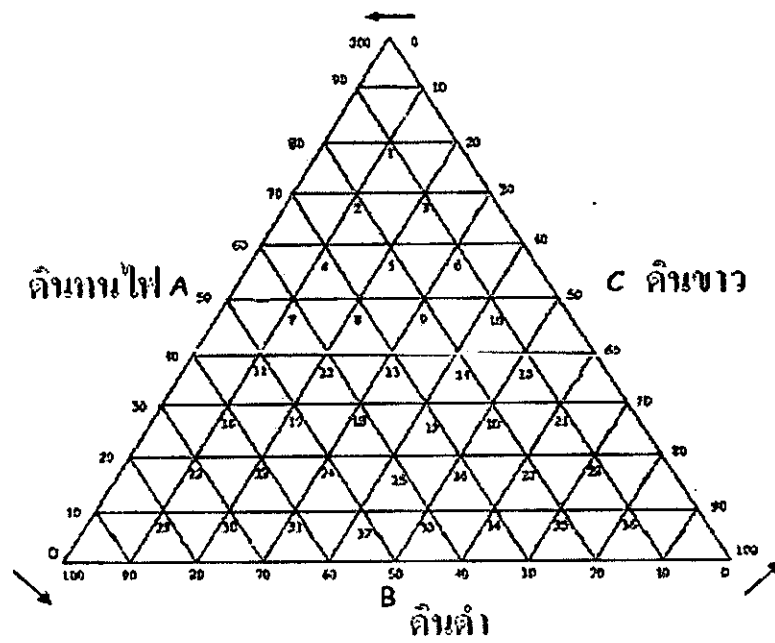
แบบตารางเชิงเส้น ใช้หาอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบสองชนิด

3. การหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น

การหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นของวัตถุดิบ คือ ดินขาว, ดินดำ, และดินทนไฟ จะใช้ ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า เป็นเครื่องมือช่วยในการทดลองโดยจะแบ่งแต่ละด้านของสามเหลี่ยมให้มีระยะห่างเท่ากัน 10 จุด และมีค่าต่างกัน 10 หน่วย โดยเริ่มที่หลัก 100 , 90, 80, 70..... ไปเรื่อยๆจน ถึง 0 แต่ละด้านของสามเหลี่ยมจะเป็นตัวแทนของวัตถุดิบ โดยกำหนด ให้เป็น ดินทนไฟ , ดินขาว และดินดำ วิธีอ่านค่าจะอ่านทวนเข็มนาฬิกา

การอ่านค่าอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นโดยใช้แผนภาพตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าจะได้ จำนวนขึ้นทดลอง 36 จุด ซึ่งเกิดจากการตัดกันของเส้นแบ่งระยะบนแกนสามเหลี่ยมแต่ละด้านแต่ละจุดจะประกอบด้วยอัตราส่วนของดินทนไฟ, ดินขาว, และดินดำ ที่แตกต่างกันแต่ผลรวมจะเท่ากัน คือ 100 วิธีการอ่านค่าเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญ เพราะการอ่านค่าผิดจะทำให้อัตราส่วนและผลรวมของค่าวัตถุดิบเกิน 100 เพื่อช่วยให้ง่ายต่อการคำนวณและเข้าใจตรงกัน จึงวางหลักการอ่านไว้ดังนี้

อ่านค่าของดินทนไฟให้อ่านตามแนวลูกศร ←
 อ่านค่าของดินขาวให้อ่านตามแนวลูกศร ↘
 อ่านค่าของดินดำให้อ่านตามแนวลูกศร ↗



ภาพ 3 แสดงแผนภาพตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า 36 จุด

ตาราง 5 แสดงอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นจำนวน 36 จุด

จุดที่	ดินทนไฟ	ดินดำ	ดินขาว	รวม
1.	80	10	10	100
2.	70	20	10	100
3.	70	10	20	100
4.	60	30	10	100
5.	60	20	20	100
6.	60	10	30	100
7.	50	40	10	100
8.	50	30	20	100
9.	50	20	30	100
10.	50	10	40	100
11.	40	50	10	100
12.	40	40	20	100
13.	40	30	30	100
14.	40	20	40	100
15.	40	10	50	100
16.	30	60	10	100
17.	30	50	20	100
18.	30	40	30	100
19.	30	30	40	100
20.	30	20	50	100
21.	30	10	60	100
22.	20	70	10	100
23.	20	60	20	100
24.	20	50	30	100
25.	20	40	40	100
26.	20	30	50	100
27.	20	20	60	100

28.	20	10	70	100
29.	10	80	10	100
30.	10	70	20	100
31.	10	60	30	100
32.	10	50	40	100
33.	10	40	50	100
34.	10	30	60	100
35.	10	20	70	100
36.	10	10	80	100

วิธีการหาค่าอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นแบบตารางเชิงเส้น จะเหมาะสำหรับการใช้กับกลุ่มตัวอย่างหรือกลุ่มวัตถุสิบสองชนิด เพื่อหาค่าความต่างของคุณสมบัติ เช่น ความเหนียว, อุณหภูมิการเผา, สีของเนื้อดินปั้น หลักการผสมพื้นฐานดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 6 อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ แบบตารางเชิงเส้น (Line Blending)

ชนิดทดลอง	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
สาร ชนิดที่ 1	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
สาร ชนิดที่ 2	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ผลรวม (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

(Hopper, 1984 :63)

4. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

ในการวิจัยได้กำหนดตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาไว้ดังนี้ คือ

1. ตัวแปรเพื่อศึกษาสมบัติและทดลองอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น โดยการศึกษา

คุณสมบัติทางกายภาพของอัตราส่วนผสม คือ ดินดำ, ดินขาว, ดินทนไฟ

ตัวแปรต้น คือ อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น ได้แก่ ดินดำ ดินขาว และ ดินทนไฟ

ตัวแปรตาม คือ คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้น ได้แก่ การหดตัว การดูดซึมน้ำ หลังการเผา

2. ตัวแปรเพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะกับการขึ้นรูป

ด้วยเป็นหมุน

ตัวแปรต้น คือ อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น คือ ดินดำ, ดินขาว, และดินทนไฟ

ตัวแปรตาม คือ คุณสมบัติที่ได้จากการขึ้นรูปด้วยเป็นหมุน ได้แก่ ความเหนียว,

3. ตัวแปรเพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่คัดเลือกแล้ว ผสมกับ หินฟันม้า และ หิน
เขียวหุนมาน

ตัวแปรต้น คือ อัตราส่วนผสมเนื้อดินปั้น กับ หินฟันม้า และ หินเขียวหุนมาน

ตัวแปรตาม คือ คุณสมบัติทางกายภาพที่เกิดจากอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น

5. เกณฑ์ที่ใช้ในการคัดเลือกเนื้อดินปั้น

เพื่อให้ได้เนื้อดินปั้นสโตนแวร์ ที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปด้วยเป็นหมุน ผู้วิจัยได้ กำหนด
เกณฑ์สำหรับคัดเลือกสูตรที่เหมาะสม จากตัวอย่างทดลอง 36 สูตร ไว้ดังนี้

1. ความเหนียวที่เหมาะสม สำหรับการขึ้นรูปด้วยเป็นหมุน ความเหนียวน้อยเกินไปทำให้
การขึ้นรูปได้ไม่สูงเท่าที่ต้องการ แต่ถ้าเหนียวมากเกินไปขณะขึ้นรูปจะยุ่งยากเพราะเหนียวติดมือ
มากเกินไป และเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการแตกร้าว

2. ค่าการหดตัวหลังการเผาก็เป็นส่วนสำคัญสำหรับเกณฑ์การคัดเลือก เพราะค่าการหดตัว
มากเกินไปทำให้เกิดการแตกร้าว ซึ่งค่าการหดตัวโดยทั่วไปไม่ควรเกินร้อยละ 15 สำหรับเนื้อดิน
ปั้นสโตนแวร์

3. การดูดซึมน้ำ เป็นค่าที่แสดงให้เห็นว่าเนื้อดินปั้นมีความสุกตัวหรือไม่หลังการเผา ค่า
การดูดซึมน้ำสำหรับเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ ไม่ควรเกินร้อยละ 3

6. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

เพื่อให้เห็นถึงประโยชน์ในการวิจัย ผู้วิจัยจึงได้ทดลองขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากเนื้อดินปั้น
สโตนแวร์ที่คัดเลือกแล้วจาก 36 สูตร ของตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า ด้วยเทคนิคขึ้นรูปด้วยการใช้
เป็นหมุน ส่วนใหญ่รูปทรงที่ขึ้นรูปจะเน้นในเรื่องของรูปทรงที่เน้นประโยชน์ใช้สอย เช่น แจกัน ,
ถ้วย , ชาม เป็นต้น การเผาผลิตภัณฑ์จะมีการใช้เทคนิคการเผาแบบโบราณคือการเผาเตาฟืน เพื่อให้
ได้สีและบรรยากาศการเผาแบบสโตนแวร์ ที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส

7. วิธีการดำเนินการศึกษาทดลอง

เพื่อให้ได้เนื้อดินสโตนแวร์ที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปด้วยเป็นหมุน ผู้วิจัยได้แบ่งวิธีการดำเนิน
การทดลองออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน คือ

ส่วนที่ 1 การทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น คือ ดินดำ, ดินขาว, ดินทนไฟ จำนวน 36 สูตร ด้วยตารางสามเหลี่ยม และทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของอัตราส่วนผสม คือ การหดตัว และการดูดซึมน้ำ หลังการเผา

ส่วนที่ 2 การทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมด้วยการขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน จำนวน 36 สูตร เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของอัตราส่วนผสม คือ ความเหนียว, การแตกร้าว, และ บิดเบี้ยว หลังการเผา

ส่วนที่ 3 การทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่คัดเลือกแล้ว ผสมกับ หินฟันม้า แลหินเขียวหनुมาน จำนวน 15 จุด ด้วยตารางเชิงเส้น เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น คือ อุณหภูมิการเผา

การศึกษาทดลองส่วนที่ 1

การทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น คือ ดินดำ, ดินขาว, ดินทนไฟ จำนวน 36 สูตร ด้วยตารางสามเหลี่ยมและทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของอัตราส่วนผสม

1. เตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง คือ ดินขาว, ดินดำ, และดินทนไฟ โดยผ่านการบดและกรองผ่านตะแกรง ขนาด 100 เมช
2. ชั่งวัตถุดิบตามอัตราส่วนจากตารางสามเหลี่ยม จำนวน 36 สูตร ด้วยตาชั่งชนิดอ่านค่าละเอียด สูตรละ 500 กรัม
3. ทำขึ้นทดลองจากแม่พิมพ์ปูนพลาสติก เพื่อสร้างชิ้นงานทดลองขนาดความยาวประมาณ 12 เซนติเมตร กว้าง 2.5 เซนติเมตร หนา 1.5 เซนติเมตร แล้วทำเครื่องหมายความยาว 10 เซนติเมตร ใส่รหัสหรือทำเครื่องหมายบนผิวขึ้นทดลอง ผึ่งขึ้นทดลองให้แห้ง ก่อนนำไปเผาในอุณหภูมิที่กำหนด
4. การเผาขึ้นทดลอง ชิ้นทดลองจะถูกเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส และ 1220 องศาเซลเซียส หลังการเผาทั้งสองอุณหภูมิ ชิ้นทดลองจะถูกนำไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ คือ ทดสอบการหดตัว , ทดสอบการดูดซึมน้ำ

วิธีการทดสอบการหดตัวของเนื้อดินปั้น

1. สร้างชิ้นงานทดลองขนาดความยาวประมาณ 12 เซนติเมตร กว้าง 2.5 เซนติเมตร หนา 1.5 เซนติเมตร แล้วทำเครื่องหมายความยาว 10 เซนติเมตร
2. ใส่รหัสหรือทำเครื่องหมายบนผิวขึ้นทดลอง
3. ผึ่งขึ้นทดลองให้แห้งก่อนนำไปเผาในอุณหภูมิที่กำหนดคือ 900 และ 1200 องศาเซลเซียส

4. วัดความยาวบนชิ้นทดลองหลังการเผาแล้ว
5. คำนวณโดยใช้สูตร

$$\text{การหดตัว} = \frac{\text{ความยาวดินเปียก} - \text{ความยาวดินแห้ง}}{\text{ความยาวดินเปียก}} \times 100$$

วิธีทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำ

1. ชั่งน้ำหนักชิ้นทดลองที่ผ่านการเผาแล้วในอุณหภูมิที่กำหนด คือ 900 และ 1200 องศาเซลเซียส
2. นำชิ้นทดลองที่ชั่งแล้วไปต้มน้ำเดือดประมาณ 2 ชั่วโมง ทิ้งค้างคืน
3. ชั่งน้ำหนักชิ้นทดลองที่ผ่านการต้มแล้ว ก่อนชั่งควรเช็ดให้แห้ง
4. คำนวณโดยใช้สูตร

$$\text{การดูดซึมน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักจุดอิ่มตัว} - \text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักแห้ง}} \times 100$$

การคัดเลือกอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น เพื่อให้ได้เนื้อดินปั้นสโตนแวร์ที่มีคุณสมบัติทางกายภาพเหมาะสม โดยเลือกจากผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ และค่าการหดตัวของเนื้อดินปั้น ที่ตรงหรือใกล้เคียงกับเกณฑ์ที่ต้องการ

การศึกษาทดลองส่วนที่ 2

การทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมด้วยการขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน จำนวน 36 สูตร เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของอัตราส่วนผสม

1. เตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง คือ ดินขาว, ดินดำ, และดินทนไฟ โดยผ่านการบดและกรองผ่านตะแกรง ขนาด 100 เมช
2. ชั่งวัตถุดิบตามอัตราส่วนจากตารางสามเหลี่ยม จำนวน 36 สูตร ด้วยตาชั่ง สูตรละ 1000 กรัม
3. ขึ้นรูปชิ้นงานทดลองด้วยแป้นหมุนไฟฟ้า ชิ้นงานทดลองจะมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกขนาดความสูงประมาณ 10 นิ้ว กว้างประมาณ 4 นิ้ว หนาประมาณ 1 เซนติเมตร ใส่รหัสหรือทำเครื่องหมายบนผิวงานชิ้นทดลอง จำนวน 36 ชิ้นงาน
4. จัดบันทึกข้อมูลประสิทธิภาพความเหนียวขณะปั้นขึ้นรูปบนแป้นทั้ง 36 ชิ้นงาน
5. ผึ่งชิ้นงานทดลองให้แห้ง ก่อนนำ ชิ้นงานทดลองไปเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส

การศึกษาทดลองส่วนที่ 3

การทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่คัดเลือกแล้ว ผสมกับ หินฟันม้า แลหินเขี้ยวหนูมาน จำนวน 15 จุด ด้วยตารางเชิงเส้น เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น คือ อุณหภูมิการเผา

1. คัดเลือกอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นมาจำนวน 3 สูตร โดยใช้เกณฑ์ที่ต้องการปรับคุณสมบัติทางกายภาพของอัตราส่วนผสมในเรื่องของอุณหภูมิการเผา

2. ผสมอัตราส่วนของหินฟันม้าและหินเขี้ยวหนูมาน แบบตารางเชิงเส้น จำนวน 5 จุด ซึ่งวัตถุดิบตามตารางจุดละ 300 กรัมเพื่อนำไปผสมกับสูตรอัตราส่วนที่คัดเลือกไว้แล้ว 3 สูตร ผลรวมของอัตราส่วนผสมของหินฟันม้า และ หินเขี้ยวหนูมานจะทำกับ 30 ดังตารางดังนี้

ตาราง 7 อัตราส่วนผสมของหินฟันม้าและหินเขี้ยวหนูมาน

ส่วนผสมที่	1	2	3	4	5
หินฟันม้า	25	20	15	10	5
หินเขี้ยวหนูมาน	5	10	15	20	25
ผลรวม (%)	30	30	30	30	30

3. นำแต่ละสูตรที่คัดเลือกมาแล้ว 3 สูตรคือ A , B , C มาผสมกับอัตราส่วนผสมของหินฟันม้าและหินเขี้ยวหนูมาน ซึ่งวัตถุดิบแต่ละสูตร สูตรละ 1000 กรัมผสมกับหินฟันม้าและหินเขี้ยวหนูมาน สูตรละ 300 กรัม แต่ละสูตรจะขยายส่วนผสมใหม่ได้สูตรละ รวมแล้ว ทั้ง 3 สูตรจะมีอัตราส่วนผสมใหม่ทั้งหมด 15 จุด ดังตาราง

ตาราง 8 แสดงอัตราส่วนผสมของหินฟันม้า สูตร A , B, C

สูตร A	A1	A2	A3	A4	A5
หินฟันม้า	25	20	15	10	5
หินเขี้ยวหนูมาน	5	10	15	20	25
ผลรวม (%)	130	130	130	130	130

สูตร B	B1	B2	B3	B4	B5
หินพื้นม้า	25	20	15	10	5
หินเขี้ยวหนุมาน	5	10	15	20	25
ผลรวม (%)	130	130	130	130	130

สูตร C	C1	C2	C3	C4	C5
หินพื้นม้า	25	20	15	10	5
หินเขี้ยวหนุมาน	5	10	15	20	25
ผลรวม (%)	130	130	130	130	130

4. ชี้้นรูปชี้้นทคตองคิ้วเป็นหมุนไฟฟ้า ชี้้นงานทคตองจะมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก ขนาดความสูงประมาณ 10 นิ้ว กว้างประมาณ 4 นิ้ว หนาประมาณ 1 เซนติเมตร ใส่รหัสหรือทำ เครื่องหมายบนผิวงานชี้้นทคตอง จำนวน 15 ชี้้นงาน จะบันทึกประสิทธิภาพความเหนียวในการชี้้นรูป ดินบางส่วนจะถูกแบ่งไปทำชี้้นทคตองประมาณสูตรละ 300 กรัม เพื่อวัดค่าคุณสมบัติการหดตัวและการดูดซึมน้ำ

5. ผึ่งชี้้นงานรูปทรงกระบอกให้แห้งก่อนนำไป เผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส ส่วนแท่ง ทคตอง จะเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพการหดตัวและการดูดซึมน้ำ

8. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยในการหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ที่เหมาะสม สำหรับการชี้้นรูปด้วยเป็นหมุน ด้านคุณสมบัติทางกายภาพของอัตราส่วนผสมเนื้อดินที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์มีดังนี้

1. เปรียบเทียบความเหนียวของเนื้อดินปั้นด้วยการชี้้นรูปทรงกระบอกด้วยเป็นหมุน ไฟฟ้า จำนวน 36 ชี้้น สังเกตความสูงที่ได้จากการตั้งดิน และการเกาะยึดขณะชี้้นรูป
2. เปรียบเทียบคุณสมบัติการหดตัวของชี้้นงานทคตองจำนวน 36 ชี้้น วิเคราะห์จากความยาวที่บันทึกไว้ ก่อนและหลังการเผา

3. เปรียบเทียบค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นงานทดลอง จำนวน 36 ชิ้น วิเคราะห์จากน้ำหนักที่บันทึกค่าไว้ ก่อนดม้มน้ำ และหลังดม้มน้ำ

4. วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพทั้ง 36 สูตร พัฒนาปรับปรุงความเหนียว ค่าการดูดซึมน้ำและค่าการหดตัว โดยคัดกลุ่มตัวอย่างทดลองมา 15 สูตร

นำข้อมูลจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบหาอัตราส่วนผสมและคุณสมบัติทางกายภาพขึ้นรูปด้วยเป็นหมุนให้เหมาะสม กับเนื้อดินปั้นประเภทสโตนแวร์โดยและสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการทดลองและผ่านการวิเคราะห์มาแล้ว

9. สถานที่และระยะเวลาการทดลอง

สถานที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ

1. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สุขุมวิท 23 แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ คณะศิลปกรรมศาสตร์ สาขา ศิลปจินตทัศน์
2. มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ประตูน้้าพระอินทร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาเซรามิกส์

ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เริ่มโครงการตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2548

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยทดลองเพื่อหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปด้วย
เป็นหมุน โดยการศึกษาคูสมบัติทางกายภาพของอัตราส่วนผสมของดินทนไฟ , ดินดำ ,ดินขาว,
หินฟันม้า ,และหินเขียวหนุมาน ให้ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ตามขั้นตอน โดยแบ่งผลการวิเคราะห์
ข้อมูลไว้ 3 ส่วนด้วยกัน คือ

1. ผลการวิเคราะห์การศึกษาคูสมบัติทางกายภาพของอัตราส่วนผสมของ ดินดำ, ดินขาว,
และดินทนไฟ
2. ผลการวิเคราะห์การศึกษ้อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมกับการ
ขึ้นรูปด้วยเป็นหมุน
3. ผลการวิเคราะห์การศึกษ้อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่คัดเลือกแล้ว ผสมกับ หินฟันม้า
และหินเขียวหนุมาน

1. ผลการวิเคราะห์การศึกษาคูสมบัติทางกายภาพของอัตราส่วนผสมของ ดินดำ, ดินขาว,
และดินทนไฟ

เพื่อหาคุณสมบัติที่เหมาะสมของอัตราส่วนของดินดำ, ดินขาว,และดินทนไฟสำหรับ
การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ด้วยเป็นหมุน จึงได้แบ่งคุณสมบัติที่เป็นตัวแปรสำคัญไว้คือ คุณ
สมบัติการหดตัว และ คุณสมบัติการดูดซึมน้ำ หลังการเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียสและที่
อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส รายละเอียดผลวิเคราะห์ดังตาราง

ตาราง 9 แสดงค่าการดูดซึมน้ำ (Water Absorption)

จุดที่	อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส			อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส		
	ก่อนต้ม	หลังต้ม	%	ก่อนต้ม	หลังต้ม	%
1	33.25	37.63	13.17	32.63	32.79	0.49
2	31.30	35.62	13.80	31.06	31.23	0.55
3	30.91	35.36	14.40	31.59	31.79	0.63
4	30.87	35.29	14.32	30.87	31.05	0.58
5	30.61	35.23	15.09	30.01	30.20	0.63
6	30.51	35.37	15.93	30.80	30.93	0.42
7	30.43	34.83	14.46	30.19	30.32	0.43

8	32.56	37.47	15.08	31.65	31.75	0.32
9	32.06	37.15	15.88	31.72	31.85	0.41
10	31.70	37.13	17.13	31.27	31.41	0.45
11	31.43	36.13	14.95	30.83	30.99	0.52
12	30.65	35.62	16.22	30.48	30.69	0.69
13	30.35	35.55	17.13	29.64	30.03	1.32
14	30.63	36.09	17.83	30.07	30.37	1.00
15	30.13	36.00	19.48	30.27	30.55	0.93
16	29.45	34.26	16.33	29.42	29.62	0.68
17	31.08	36.32	16.86	30.86	31.03	0.55
18	30.13	35.78	18.75	29.48	29.62	0.47
19	30.73	36.60	19.10	30.16	30.34	0.60
20	29.08	35.06	20.56	29.94	30.16	0.73
21	28.68	35.12	22.45	28.26	29.14	3.11
22	29.28	34.29	17.11	28.68	28.98	1.05
23	28.13	33.13	17.77	28.52	28.74	0.77
24	29.38	34.98	19.06	28.86	29.03	0.59
25	28.97	34.77	20.02	28.88	29.17	1.00
26	29.10	35.50	21.99	28.98	29.12	0.48
27	27.94	34.77	24.45	27.96	28.69	2.61
28	28.04	35.51	26.64	27.51	29.50	7.23
29	28.52	33.77	18.41	28.79	29.06	0.94
30	29.60	35.10	18.58	29.68	29.90	0.74
31	31.02	36.75	18.47	29.90	30.11	0.70
32	28.43	34.22	20.37	28.95	29.03	0.28
33	29.38	35.96	22.40	28.60	28.73	0.45
34	28.69	36.00	25.48	28.77	29.29	1.81
35	27.89	35.46	27.14	26.77	28.46	6.31
36	27.29	35.77	31.07	26.67	29.42	10.31

จากการทดลองค่าอัตราการดูดซึมน้ำที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส จะอยู่ระหว่าง ร้อยละ 0.28 -10.31 คือ จุดที่ 32 มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำสุด และ จุดที่ 36 มีค่าอัตราการดูดซึมน้ำสูงสุด

จุดที่มีค่าการดูดซึมน้ำ 0.25 – 0.35 คือ จุดที่ 8 , 32

จุดที่มีค่าการดูดซึมน้ำ 0.40 – 0.55 คือ จุดที่ 1, 2 , 6 , 7 , 9, 10 , 11, 17 , 18 , 26 , 33

จุดที่มีค่าการดูดซึมน้ำ 0.56 – 0.69 คือ จุดที่ 3 , 4 , 5 , 12 , 16 , 19 , 24

จุดที่มีค่าการดูดซึมน้ำ 0.70 – 0.95 คือ จุดที่ 15 ,20 , 23 , 29 , 30 , 31

จุดที่มีค่าการดูดซึมน้ำ 1.00 – 2.00 คือ จุดที่ 13 , 14 , 22 , 25 , 34

จุดที่มีค่าการดูดซึมน้ำ 2.50 – 3.50คือ จุดที่ 21 , 27

จุดที่มีค่าการดูดซึมน้ำ 6.00 – 8.00 คือ จุดที่ 28 ,35

จุดที่มีค่าการดูดซึมน้ำ 9.00 – 10.50 คือ จุดที่ 36

ตาราง 10 แสดงค่าการหดตัว (Shrinkage)

จุดที่	อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส			อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส		
	ก่อนเผา	หลังเผา	%	ก่อนเผา	หลังเผา	%
1	10	9	10.00	10	8.5	15.00
2	10	9	10.00	10	8.5	15.00
3	10	8.7	13.00	10	8.4	16.00
4	10	9	10.00	10	8.3	17.00
5	10	9	10.00	10	8.5	15.00
6	10	9	10.00	10	8.5	15.00
7	10	9	10.00	10	8.5	15.00
8	10	9	10.00	10	8.6	14.00
9	10	9	10.00	10	8.5	15.00
10	10	9.1	9.00	10	8.5	15.00
11	10	9.1	9.00	10	8.6	14.00
12	10	9.2	8.00	10	8.5	15.00
13	10	9.1	9.00	10	8.6	14.00
14	10	9.3	7.00	10	8.5	15.00
15	10	9.1	9.00	10	8.4	16.00

16	10	9.1	9.00	10	8.6	14.00
17	10	9.1	9.00	10	8.6	14.00
18	10	9	10.00	10	8.6	14.00
19	10	9	10.00	10	8.4	16.00
20	10	9	10.00	10	8.6	14.00
21	10	9	10.00	10	8.5	15.00
22	10	9	10.00	10	8.6	14.00
23	10	9.3	7.00	10	8.6	14.00
24	10	9.1	9.00	10	8.6	14.00
25	10	9.3	7.00	10	8.5	15.00
26	10	9.1	9.00	10	8.4	16.00
27	10	9.1	9.00	10	8.6	14.00
28	10	9.1	9.00	10	8.6	14.00
29	10	9	10.00	10	8.6	14.00
30	10	9.5	5.00	10	8.5	15.00
31	10	9.4	6.00	10	8.8	12.00
32	10	9.4	6.00	10	8.6	14.00
33	10	9.3	7.00	10	8.6	14.00
34	10	9.4	6.00	10	8.5	15.00
35	10	9.4	6.00	10	8.5	15.00
36	10	9.5	5.00	10	8.7	13.00

ส่วนค่าการหดตัวจะอยู่ระหว่าง ร้อยละ 12 – 17 คือ จุดที่ 31 มีค่าการหดตัวต่ำสุด และจุดที่ 4 มีค่าการหดตัวสูงสุด

ค่าการหดตัวร้อยละ 12 – 14 คือ จุดที่ 8 ,11,13 16 ,17,18 ,20 ,22 ,23 , 24 ,27, 28 ,29,31 ,32 , 33, 36

ค่าการหดตัวร้อยละ 15– 17 คือ จุดที่ 1 – 7 , 9 , 10 , 12 , 14 , 15 ,19 ,21 ,25 , 26 ,30 , 34 , 35 ,

2. ผลการวิเคราะห์การศึกษาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะกับการ ขึ้นรูป
ด้วยแป้นหมุน

เพื่อศึกษาวิเคราะห์หาอัตราส่วนผสมที่มีคุณสมบัติเหมาะกับการขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน คุณ
สมบัติความเหนียวจึงเป็นตัวแปรที่สำคัญในการวิเคราะห์ผล ดังตาราง

ตาราง 11 แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติความเหนียวของเนื้อดินปั้น

จุดที่	คุณสมบัติความเหนียว			คุณสมบัติการขึ้นรูป	
	มาก	ปานกลาง	น้อย	ดี	ไม่ดี
1			✓		✓
2		✓		✓	
3		✓		✓	
4	✓				✓
5		✓		✓	
6		✓		✓	
7		✓		✓	
8		✓		✓	
9		✓		✓	
10		✓		✓	
11		✓		✓	
12	✓				✓
13	✓				✓
14	✓				✓
15			✓		✓
16		✓		✓	
17		✓		✓	
18		✓		✓	
19		✓		✓	
20			✓		✓
21			✓		✓

22	✓				✓
23	✓				✓
24	✓				✓
25	✓				✓
26			✓		✓
27			✓		✓
28			✓		✓
29	✓				✓
30		✓		✓	
31		✓		✓	
32		✓		✓	
33		✓			✓
34		✓			✓
35			✓		✓
36			✓		✓

การทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมด้วยการขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน จำนวน 36 สูตร เพื่อทดสอบคุณสมบัติความเหนียวในการขึ้นรูป ผลปรากฏว่า อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่มีความเหนียวมากเกินไป คือ 4 , ,12 , 13 , 14 , 22, 23 , 24, 25,29 อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่มีความเหนือน้อยเกินไป คือ 1 , 15 , 20 , 21, 26 , 27 , 28 , 35 , 36 นอกนั้นคือ อัตราส่วนที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน มีจำนวน 18 จุด คือ 2 , 3 , 5 , 6 , 7 , 8 , 9 , 10 , 11 , 16 , 17 , 18 , 19, 30, 31, 32, 33, 34 ผลวิเคราะห์จากตารางจะเห็นว่ากลุ่มตัวอย่างทดลองที่มีอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่มีความเหนียวมากเกินไปและน้อยเกินไป จะมีผลต่อการขึ้นรูปทรงด้วยแป้นหมุน ถ้าเหนียวมากเกินไปขณะขึ้นรูปทรงบนแป้นหมุนเนื้อดินปั้นจะไหลตัว ไม่สามารถตั้งดินได้ไม่ดินกขณะขึ้นรูป ส่วนเนื้อดินปั้นที่มีความเหนือน้อยเกินไปก็ไม่สามารถตั้งดินให้ได้ทรงสูงได้มากตามที่ต้องการ ดังนั้นความเหนียวที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปด้วยแป้นต้องพอเหมาะไม่เหนียวมากเกินไปและน้อยเกินไป

3. ผลการวิเคราะห์การศึกษาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่คัดเลือกแล้ว ผสมกับ หินฟันม้า และ หินเขียวหनुมาน

จากการศึกษาสมบัติทางกายของอัตราส่วนผสมของเนื้อปั้น จำนวน 36 สูตร คัดเลือกอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่น่าสนใจมาเพียง 3 สูตร คือ จุดที่ 4, 12, และ 25 ซึ่งสูตรทั้ง 3 มีปริมาณความเหนียวมาก การขึ้นรูปด้วยแป้นหมุนได้ไม่ดี เพื่อเป็นการลดปริมาณความเหนียวให้เหมาะสมและปรับค่าการดูดซึมน้ำให้น้อยลง โดยผสมกับหินฟันม้า และหินเขียวหनुมาน แบบอัตราส่วนผสมเชิงเส้น ใช้เกณฑ์อุณหภูมิการเป็นปัจจัยสำคัญเพื่อให้ได้เนื้อดินปั้นสโตนแวร์ที่มีความสุกตัวจะได้สูตรการทดลอง 15 จุด เพื่อพัฒนาคุณสมบัติทางกายภาพของอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น สูตรที่เลือกมาจะมีคุณสมบัติไม่เหมาะสมตามที่ต้องการ ดังตาราง

ตาราง 12 แสดงอัตราส่วนผสมแบบเชิงเส้น ของกับหินฟันม้าและหินเขียวหनुมาน

สูตร	เนื้อดินปั้น	หินฟันม้า	หินเขียวหनुมาน
A1	จุดที่ 4 100	25	5
A2	จุดที่ 4 100	20	10
A3	จุดที่ 4 100	15	15
A4	จุดที่ 4 100	10	20
A5	จุดที่ 4 100	5	25
B1	จุดที่ 12 100	25	5
B2	จุดที่ 12 100	20	10
B3	จุดที่ 12 100	15	15
B4	จุดที่ 12 100	10	20
B5	จุดที่ 12 100	5	25
C1	จุดที่ 25 100	25	5
C2	จุดที่ 25 100	20	10
C3	จุดที่ 25 100	15	15
C4	จุดที่ 25 100	10	20
C5	จุดที่ 25 100	5	25

ตาราง 13 แสดงผลการวิเคราะห์การศึกษาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นจุดที่ 4 , 12 , 25

สูตรที่	ความเหนียว			การขึ้นรูป		ค่าการหดตัว	ค่าการดูดซึมน้ำ ที่อุณหภูมิ 1200 °C
	มาก	ปานกลาง	น้อย	ดี	ไม่ดี		
A1		✓		✓		12.00	0.30
A2		✓		✓		13.50	0.38
A3		✓		✓		14.00	0.45
A4			✓		✓	15.50	0.50
A5			✓		✓	16.00	0.55
B1		✓		✓		11.50	0.33
B2		✓		✓		12.00	0.40
B3		✓		✓		13.00	0.45
B4			✓		✓	13.50	0.55
B5			✓		✓	14.00	0.60
C1		✓				11.00	0.45
C2		✓				11.50	0.55
C3		✓		✓		12.00	0.64
C4			✓		✓	13.00	0.72
C5			✓		✓	14.00	0.85

สูตรที่เลือกมาจะเป็นสูตร ที่มีค่าการดูดซึมน้ำ , ค่าการหดตัว, และค่าความเหนียวไม่อยู่ในเกณฑ์ คือ
 สูตร A คือ จุดที่ 4 มีค่าการหดตัวมากที่สุดในกลุ่มทดลอง คือ ร้อยละ 17 ค่าการดูดซึมน้ำ ร้อยละ 0.58 และ ค่าความเหนียวจัดอยู่ในกลุ่มที่มี ความเหนียวมากเกินไป
 สูตร B คือ จุดที่ 12 ค่าการหดตัวอยู่ที่ ร้อยละ 15 ค่าการดูดซึมน้ำ ร้อยละ 0.69
 สูตร C คือ จุดที่ 25 ค่าการหดตัวอยู่ที่ ร้อยละ 15 ค่าการดูดซึมน้ำ ร้อยละ 1.00

หลังจากผสมหินฟินม้าและหินเขียวหนุมาน โดยอัตราส่วนรวม ร้อยละ 30 ผลปรากฏว่า ค่าการดูดซึมน้ำเปลี่ยนแปลง คือ

จุดที่มีค่าการดูดซึมน้ำ 0.30 – 0.40 คือ A1, A2, B1, B2

จุดที่มีค่าการดูดซึมน้ำ 0.45 – 0.55 คือ A2, A3, A4, B3, B4, B5, C1, C2

จุดที่มีค่าการดูดซึมน้ำ 0.60 – 0.85 คือ B5, C3, C4, C5

ส่วนค่าการหดตัวเปลี่ยนแปลงดังนี้ คือ

ค่าการหดตัวร้อยละ 11– 12 คือ A1, B1, B2, C1, C2, C3

ค่าการหดตัวร้อยละ 13– 14 คือ A2, A3, B3, B4, B5, C4, C5

ค่าการหดตัวร้อยละ 15– 16 คือ A4, A5

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยศึกษาเรื่อง การศึกษาเนื้อดินป่นในการผลิตเซรามิกส์สโตนแวร์ เป็นการศึกษาที่ผู้วิจัยหวังที่จะพัฒนาเนื้อดินป่นสโตนแวร์ ให้มีคุณสมบัติทางกายภาพและคุณภาพเหมาะสมนำไปใช้งานทางด้านเซรามิกส์ทั้งทางด้านการศึกษาและทางธุรกิจภาคเอกชน ทิศทางการวิจัยจะศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของอัตราส่วนผสมของ ดินทนไฟ , ดินดำ , ดินขาว , หินฟันม้า , และหินเขียวหนุมาน

จุดมุ่งหมายของการทดลอง

จุดมุ่งหมายในการวิจัยทดลองหาอัตราส่วนของเนื้อดินป่นสโตนแวร์ เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส ได้แบ่งการทดลองไว้ 3 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 การทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินป่น คือ ดินดำ, ดินขาว, ดินทนไฟ จำนวน 36 สูตร ด้วยตารางสามเหลี่ยม และทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของอัตราส่วนผสม คือ การหดตัว และการดูดซึมน้ำ หลังการเผา

ขั้นตอนที่ 2 การทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินป่นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมด้วยการขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน จำนวน 36 สูตร เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของอัตราส่วนผสม คือ ความเหนียว

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินป่นที่คัดเลือกแล้ว ผสมกับ หินฟันม้า และหินเขียวหนุมาน จำนวน 15 จุด ด้วยวิธีใช้ตารางเชิงเส้น เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของอัตราส่วนผสมของเนื้อดินป่น คือ ความเหนียว, การหดตัว, และการดูดซึมน้ำ

วัตถุประสงค์และอุปกรณ์ในการทดลอง

วัตถุประสงค์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

1. ดินขาวระนอง
2. ดินดำสุราษฎร์ธานี
3. ดินทนไฟ อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี
4. หินเขียวหนุมาน
5. หินฟันม้า

เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยจะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะด้วยกัน คือ

1. เครื่องมือและอุปกรณ์

ตะแกรงร่อน ขนาด 100 เมช

เครื่องชั่งไฟฟ้าชนิดอ่านค่าละเอียด

กระบอกหรือถ้วยตวง

แม่พิมพ์ปูนพลาสเตอร์สำหรับกดแบบขึ้นทดลอง

เป็นหมุนไฟฟ้า ชนิดปรับรอบความเร็วได้

เตาเผาไฟฟ้า พร้อมอุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิ

เตาเผา แบบใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง

2. เครื่องมือที่ใช้ช่วยในการหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น เพื่อเปรียบเทียบอัตรา

ส่วนผสมและคุณสมบัติ ทางกายภาพที่แตกต่างกันคือ

ตารางสามเหลี่ยมด้าน ใช้หาอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบสามชนิด

ตารางเชิงเส้น ใช้หาอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบสองชนิด

การดำเนินการทดลอง

การดำเนินการทดลองเพื่อให้ได้เนื้อดินสโตนแวร์ที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปด้วยเป็นหมุน ได้ แบ่งวิธีการดำเนินการทดลองออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน คือ

การศึกษาทดลองส่วนที่ 1

เป็นการทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ คือ ดินดำ, ดินขาว, ดินทนไฟ จำนวน 36 สูตร ด้วยตารางสามเหลี่ยม และทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของอัตราส่วนผสม

1. เตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง คือ ดินขาว, ดินดำ, และดินทนไฟ โดยผ่านการบด และกรองผ่านตะแกรง ขนาด 100 เมช
2. ชั่งวัตถุดิบตามอัตราส่วนจากตารางสามเหลี่ยม จำนวน 36 สูตร ด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้า ชนิดอ่านค่าละเอียด สูตรละ 500 กรัม
3. ทำขึ้นทดลองจากแม่พิมพ์ปูนพลาสเตอร์ เพื่อสร้างชิ้นงานทดลองขนาดความยาว ประมาณ 12 เซนติเมตร กว้าง 2.5 เซนติเมตร หนา 1.5 เซนติเมตร แล้วทำเครื่องหมายความยาว 10 เซนติเมตร ใส่รหัสหรือทำเครื่องหมายบนผิวขึ้นทดลอง ผึ่งขึ้นทดลองให้แห้ง ก่อนนำไปเผาในอุณหภูมิที่กำหนด

4. การเผาชั้นทดลอง ชั้นทดลองจะถูกเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส และ 1200 องศาเซลเซียส หลังการเผาทั้งสองอุณหภูมิ ชั้นทดลองจะถูกนำไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ คือ ทดสอบการหดตัว , ทดสอบการดูดซึมน้ำ
5. วิเคราะห์และคัดเลือกอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น เพื่อนำไปทดสอบขั้นต่อไป

การศึกษาทดลองส่วนที่ 2

การทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมด้วยการขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน จำนวน 36 สูตร เพื่อทดสอบคุณสมบัติความเหนียวในการขึ้นรูป

1. เตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง คือ ดินขาว, ดินดำ, และดินเหนียว โดยผ่านการบดและกรองผ่านตะแกรง ขนาด 100 เมช
2. ชั่งวัตถุดิบตามอัตราส่วนจากตารางสามเหลี่ยม จำนวน 36 สูตร ด้วยเครื่องชั่งชนิดอ่านค่าละเอียด สูตรละ 1000 กรัม
3. ขึ้นรูปชั้นทดลองด้วยแป้นหมุนไฟฟ้า เป็นรูปทรงกระบอกขนาดความสูงประมาณ 10 นิ้ว กว้างประมาณ 4 นิ้ว หนาประมาณ 1 เซนติเมตร จำนวน 36 ชิ้นงาน ผึ่งชิ้นงานทดลองให้แห้ง ก่อนนำไปเผาในอุณหภูมิที่กำหนด
4. วิเคราะห์คุณสมบัติความเหนียวขณะขึ้นรูปทรงบนแป้นหมุนไฟฟ้า
5. ชิ้นงานทดลองจะถูกเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส

การศึกษาทดลองส่วนที่ 3

คัดเลือกสูตรจากผลการวิเคราะห์การทดลองส่วนที่ 1 และ 2 จำนวน 3 สูตร ผสมกับ หินฟืนม้า แลหินเขียวหนุมาน ด้วยวิธีตารางเชิงเส้น จะได้สูตรการทดลอง 15 จุด เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น

1. คัดเลือกอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นมาจำนวน 3 สูตร โดยใช้เกณฑ์ที่ต้องการปรับคุณสมบัติทางกายภาพของอัตราส่วนผสมในเรื่องของอุณหภูมิการเผา
2. หาอัตราส่วนผสมของหินฟืนม้าและหินเขียวหนุมาน แบบตารางเชิงเส้น จำนวน 5 จุด ชั่งวัตถุดิบตามตารางจุดละ 300 กรัมเพื่อนำไปผสมกับสูตรอัตราส่วนที่คัดเลือกไว้แล้ว 3 สูตร
3. ชั่งวัตถุดิบแต่ละสูตรที่คัดเลือกมาแล้ว 3 สูตร สูตรละ 1000 กรัมแทนสัญลักษณ์ด้วย A , B , C มาผสมกับอัตราส่วนผสมของ หินฟืนม้าและหินเขียวหนุมาน

4. ทำชั้นทดลองขนาดความยาวประมาณ 12 เซนติเมตร กว้าง 2.5 เซนติเมตร หนา 1.5 เซนติเมตร เพื่อทดสอบค่าดูดซึมน้ำและค่าการหดตัว กับชั้นรูปชั้นทดลองด้วยแป้งหมูนไฟฟ้า เป็นรูปทรงกระบอกขนาดความสูงประมาณ 10 นิ้ว จำนวน 15 ชิ้นงาน ผึ่งชิ้นงานทดลองให้แห้ง ก่อนนำไปเผาในอุณหภูมิที่ 1200 องศาเซลเซียส
5. วิเคราะห์ผลการทดลองด้านคุณสมบัติความเหนียว , ค่าการหดตัว, และค่าการดูดซึมน้ำ เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับเนื้อดินปั้นสโตนแวร์

สรุปผลการทดลอง

ผลจากการวิจัยทดลองพอจะสรุปได้เป็น 3 ส่วนด้วยกัน คือ

สรุปผลการทดลอง ส่วนที่ 1

เพื่อหาคุณสมบัติที่เหมาะสมของอัตราส่วนของดินดำ, ดินขาว, และดินทนไฟสำหรับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ด้วยแป้งหมูน คุณสมบัติน้ำการหดตัว และ คุณสมบัติการดูดซึมน้ำเป็นตัวแปรสำคัญ จากการทดลองค่าอัตราการดูดซึมน้ำที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส จะอยู่ระหว่าง ร้อยละ 0.28 -10.31 คือ จุดที่ 32 มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำสุด และ จุดที่ 36 มีค่าอัตราการดูดซึมน้ำสูงสุด เกณฑ์ของค่าการดูดซึมน้ำ ร้อยละ 0.25 – 0.35 ถือว่าดีที่สุดของผลการทดลอง คือ จุดที่ 8 และ 32 ส่วนเกณฑ์รองลงมา คือ ร้อยละ 0.40 – 0.55 ซึ่งมีจำนวน 11 จุด นอกนั้นถือว่า ค่าการดูดซึมน้ำมากเกินไป ไม่เหมาะที่จะนำไปทำเป็นเนื้อดินปั้นสโตนแวร์

ส่วนค่าการหดตัวจะอยู่ระหว่าง ร้อยละ 12 – 17 คือ จุดที่ 31 มีค่าการหดตัวต่ำสุด และจุดที่ 4 มีค่าการหดตัวสูงสุด เกณฑ์ค่าการหดตัว ร้อยละ 12 -14 เป็นค่าการหดตัวที่ดีที่สุดของผลการทดลอง มีจำนวน 16 จุดนอกนั้นถือว่า มีค่าการหดตัวมากเกินไปไม่เหมาะนำไปทำเนื้อดินปั้นสโตนแวร์

จากการพิจารณาวิเคราะห์ค่าการดูดซึมน้ำ และค่าการหดตัว จะเห็นว่า จุดที่ 8 และ 32 เป็นจุดที่เหมาะสมมากที่สุด ที่จะนำไปทำเป็นเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ ส่วนจุดที่รองลงมา คือ จุดที่ 11 , 17 , 18 , และ 33 ที่พอพิจารณาอยู่ในเกณฑ์ได้ นอกนั้นค่าการดูดซึมน้ำและค่าการหดตัวยังไม่เหมาะสม

สรุปผลการทดลอง ส่วนที่ 2

การทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมด้วยการขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน จำนวน 36 สูตร เพื่อทดสอบคุณสมบัติความเหนียวในการขึ้นรูป ผลปรากฏว่า อัตราส่วนที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน มีจำนวน 18 จุดคือ 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 16, 17, 18, 19, 30, 31, 32, 33, 34

ผลการทดลองทั้ง 2 ส่วน จะเห็นว่า สูตรที่ 8 และ 32 มีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับการทำเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ เพราะค่าความเหนียวในการขึ้นรูป, ค่าการดูดซึมน้ำ, และค่าการหดตัวอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ส่วนจุดที่ 11, 17, 18, และ 33 ก็มีความเหนียวก็มีความเหมาะสมในการขึ้นรูป แต่ก็ยังคงอยู่ในเกณฑ์อันคับรองลงมา

สรุปผลการทดลอง ส่วนที่ 3

เลือกสูตรจากผลการวิเคราะห์การทดลองส่วนที่ 1 และ 2 จำนวน 3 สูตร คือสูตร A คือ จุดที่ 4 มีค่าการหดตัวมากที่สุดในกลุ่มทดลอง สูตร B คือ จุดที่ 12 และ สูตร C คือจุดที่ 25 ผสมกับ หินฟันม้า แลหินเขียวหุนมาน ด้วยวิธีตารางเชิงเส้น จะได้สูตรการทดลอง 15 จุด

สูตรที่มีคุณสมบัติค่าการดูดซึมน้ำและค่าการหดตัวอยู่ในเกณฑ์ที่ดีที่สุดในกลุ่ม คือ A1, B1, B2 มีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ระหว่างร้อยละ 0.30 – 0.40 และค่าการหดตัวอยู่ระหว่าง ร้อยละ 11– 12 สูตรที่อยู่ในเกณฑ์อันคับรองลงมา ก็คือ A2, A3, B3, B4, B5 มีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ระหว่าง ร้อยละ 0.45 – 0.55 ค่าการหดตัวอยู่ระหว่าง ร้อยละ 13– 14 อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่มีความเหนียวพอเหมาะและขึ้นรูปได้ดี คือ A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2, C3

สรุปผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ จากทั้งหมด 15 สูตร จะได้สูตรที่พัฒนาแล้วเหมาะสมที่สุด จำนวน 3 สูตร คือ A1, B1, และ B2 ส่วนอันคับรอง คือ A2, A3, และ B3

การอภิปรายผล

ผลสรุปจากวิจัยในการหาอัตราส่วนผสมเนื้อดินปั้นสโตนแวร์โดยขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน พอจะอภิปรายผลได้ดังนี้ คือ

ผลจากการทดลองพบว่า เนื้อดินปั้นสโตนแวร์มีคุณสมบัติค่าการดูดซึมน้ำ ร้อยละ 0.25 – 0.35 และ ค่าการหดตัวของเนื้อดิน ร้อยละ 12 – 14 ส่วนค่าความเหนียวในการขึ้นรูปต้องพอเหมาะไม่เหนียวมากไปและน้อยเกินไป สูตรที่ดีที่สุดจากผลการทดลอง คือจุดที่ 8 และ 32 อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ จุดที่ 8 ได้แก่ ดินทนไฟ ร้อยละ 50, ดินดำ ร้อยละ 30, และดินขาว ร้อยละ 20 ส่วนอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ จุดที่ 32 ได้แก่ ดินทนไฟ ร้อยละ 10, ดินดำ ร้อยละ 50 และดินขาว ร้อยละ 40

สูตรเนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติไม่เหมาะสมตามที่ต้องการ เช่น การดูดซึมน้ำ, ค่าการหดตัว, และค่าความเหนียวไม่อยู่ในเกณฑ์ จะถูกนำไปพัฒนาโดยผสมกับ หินฟืนม้า และหินเจี้ยวหนุมาน ในอัตราส่วนผสม ร้อยละ 30 จุดที่เลือกมาพัฒนาอัตราส่วนผสม คือ จุดที่ 4 , 12 , และ 25 ผลการทดลองปรากฏว่า สูตร A1 ของจุดที่ 4 และ สูตร B1, B2 ของ จุดที่ 12 ผสมกับ หินฟืนม้า และหินเจี้ยวหนุมาน ในอัตราส่วนผสมร้อยละ 30 เป็นสูตรที่มีค่าการดูดซึมน้ำ ค่าการหดตัวและ ความเหนียวในการขึ้นรูปที่ดีที่สุด อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ A1 จุดที่ 4 ได้แก่ ดินทนไฟ ร้อยละ 60 , ดินคำ ร้อยละ 30 , ดินขาว ร้อยละ 10, บวกอัตราส่วนผสมระหว่างหินฟืนม้าและหินเจี้ยวหนุมาน อีก ร้อยละ 30 คือ หินฟืนม้า ร้อยละ 25 และ หินเจี้ยวหนุมาน ร้อยละ 5 สูตร B1 จุดที่ 12 อัตรา ส่วนของวัตถุดิบ ได้แก่ ดินทนไฟ ร้อยละ 40 , ดินคำ ร้อยละ 40 , และดินขาว ร้อยละ 20 รวมกับ หินฟืนม้า ร้อยละ 25 และหินเจี้ยวหนุมาน ร้อยละ 5 สูตร B2 จุดที่ 12 อัตราส่วนของวัตถุดิบ ได้แก่ ดินทนไฟ ร้อยละ 40 , ดินคำ ร้อยละ 40 , และดินขาว ร้อยละ 20 รวมกับ หินฟืนม้า ร้อยละ 20 และหินเจี้ยวหนุมาน ร้อยละ 10

ผลจากการทดลองจะเห็นว่า การเพิ่มปริมาณอัตราส่วนของหินฟืนม้าและหินเจี้ยวหนุมาน ในอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น ย่อมมีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำ , ค่าการหดตัว,และค่าความเหนียว ให้น้อยลง

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

เพื่อให้เกิดการเรียนรู้และพัฒนาผลงานการวิจัยต่อไป เห็นว่าข้อเสนอแนะนี้มีความสำคัญ มากสำหรับการทำงานวิจัย ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะพอเป็นแนวดังนี้

ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

1. ผลการทดลองนี้เหมาะกับผลิตภัณฑ์เนื้อดินปั้นสโตนแวร์ สำหรับการขึ้นรูปด้วยแป้น หมุนเท่านั้น
2. ใช้เนื้อดินปั้นสโตนแวร์ จากผลทดลองกับสูตรน้ำยาเคลือบ ควรมีการทดลอง ก่อนนำไปใช้จริงกับผลงาน
3. กลุ่มตัวอย่างทดลอง ที่มีค่าการดูดซึมน้ำ ไม่เกินร้อยละ 0.55 และ ค่าการหดตัว ไม่เกิน ร้อยละ 14 ก็สามารถนำไปปรับใช้ให้เป็นเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ที่ดีได้
4. กลุ่มตัวอย่างทดลองที่มีค่าความเหนียว และ ค่าการหดตัวมาก ลองพัฒนาปรับเนื้อดิน ปั้นโดยใช้วิธีการทดลองส่วนที่ 3 นอกจากจุดที่ 4 , 12 , และ 25 ที่วิจัยไว้แล้ว

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. เปลี่ยนแหล่งวัตถุดิบเพื่อขยายความหลากหลายทางการศึกษาในเรื่องของเนื้อดินปั้น
2. เปลี่ยนอุณหภูมิการเผาที่สูงขึ้นไปจาก 1200 องศาเซลเซียส
3. เปลี่ยนวิธีการขึ้นรูปแต่มีความใกล้เคียงกัน เช่น การขึ้นรูปด้วยใบมีด
4. ทดลองเพิ่มเติมวัตถุดิบที่น่าสนใจ เช่น ดินเชื้อ , ทราย , อลูมินา เป็นต้น

บรรณานุกรม

- เกศสุดา แสงสุวรรณ. (2539). การใช้หินปูน แคลเซียมฟอสเฟต วอลลาสโตไนต์ และอลูมินาเป็นสารให้ความขาวในดินปั้นสโตนแวร์. วิทยานิพนธ์ (วท.ม). เชียงใหม่; บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- โกมล รัชชวรงค์. (ม.ป.ป.). การทำเนื้อดินปั้นสโตนแวร์สำหรับขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ. กรุงเทพฯ : อุตสาหกรรมศิลป์ วิทยาลัยครูพระนคร, อัดสำเนา.
- _____. (2532). วัตถุประสงค์ที่ใช้ในงานเครื่องเคลือบดินเผาและเนื้อดินปั้น. กรุงเทพฯ : โรงเรียนมารดานุเคราะห์.
- ทวี พรหมพฤกษ์. (2523). เครื่องเคลือบดินเผาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- บัญชา ชื่นจิต. (2541). การพัฒนาดินสุรินทร์เพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบ. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). พิษณุโลก: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ประสิทธิ์ แก้วฟุ้งรังษี. (2539). การทดลองประสิทธิภาพเนื้อดินปั้นประเภทสโตนแวร์ ของดินเหนียวทะเลแก้วอำเภอเมืองจังหวัดพิษณุโลก. วิทยานิพนธ์ กศ.ม.(อุตสาหกรรมศึกษา พิษณุโลก: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ปราโมทย์ ปิ่นสกุล. (2548). การทำเนื้อดินสโตนแวร์อุณหภูมิต่ำ จากเนื้อดินอำเภอกระสังข์ จังหวัดบุรีรัมย์. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร.
- ปรีดา พิมพ์ขาวจำ. (2532). เซรามิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- _____. (2539). เซรามิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไพจิตร อังศิริวัฒน์. (2541). เนื้อดินเซรามิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- บุษพงษ์ นาคโสภณ. (2544). การศึกษาดินขาวอุดรดิตต์เพื่อใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาประเภทสโตนแวร์ด้วยวิธีการขึ้นรูปแบบหล่อหน้าดิน. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). พิษณุโลก: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- วีระ บำรุง. (2541). การทดสอบอัตราส่วนผสมเนื้อดินปั้นสุโขทัยเพื่อใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผาประเภทสโตนแวร์สำหรับขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา) พิษณุโลก: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ศุกกา ดอกไม้. (2535). การทดลองหาเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ จากอัตราส่วนผสมระหว่างดินปากเกร็ด ดินขาว หินเขียวหนุมาน และแทลคัม. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

อายุวัฒน์ สว่างผล. (2543). *วัตถุดิบที่ใช้แพร่หลายในงานเซรามิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 1*, กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

Hamilton, David. (1982). *Stoneware and Porcelain*. London: Thames and Hudson.

Hopper, Robin. (1984). *The Ceramic Spectrum*. Pennsylvania: Chilton Book Company.

Nelson, Glenn C. (1984). *Ceramics a Pottery's Hand Book*. U.S.A. New York: CBS. College Publishing.

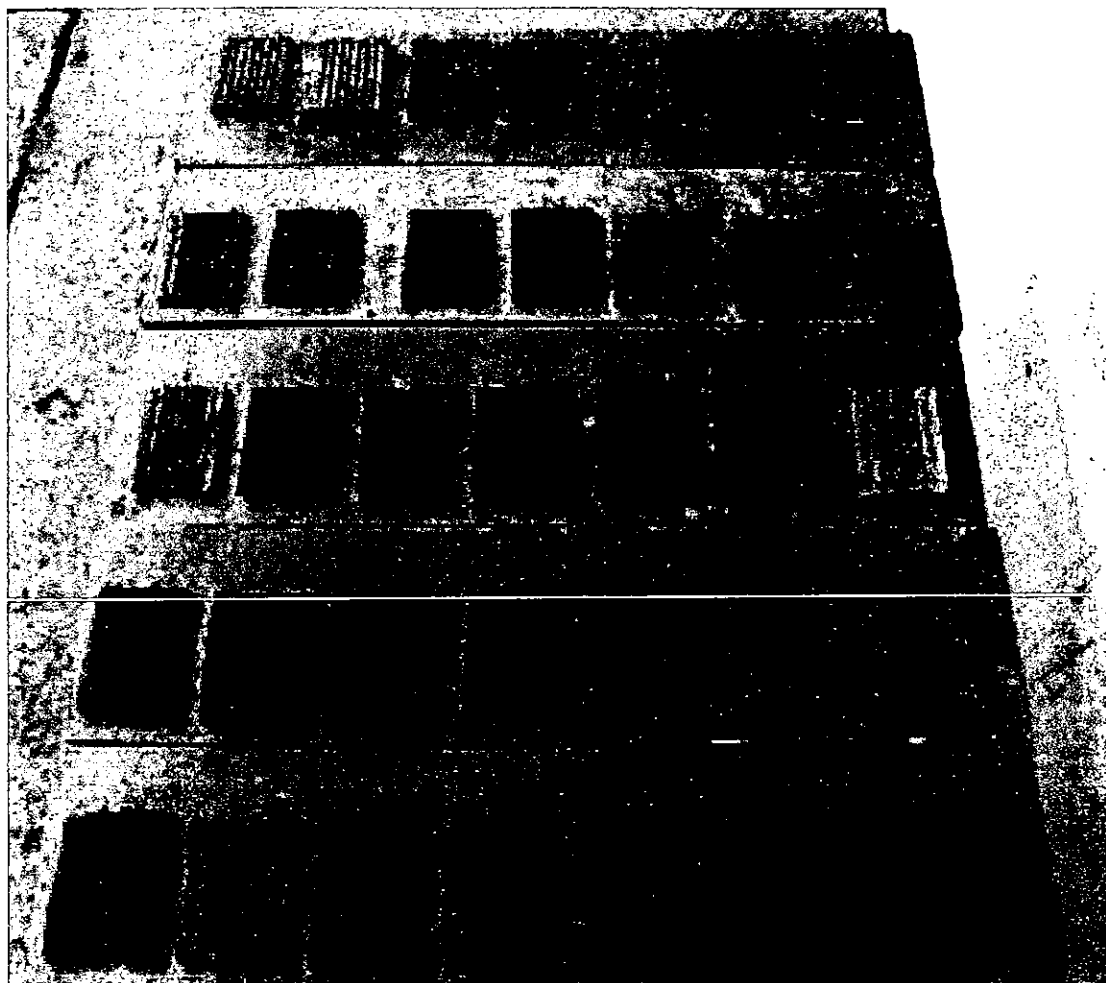
Norton , F.H. (1952). *Element of Ceramics*. California: Addison-Wesley Publishing Company.

Rhodes, Daniel. (1963). *Clay and Glazes for the Potter*. New York : Chilton Book Company, Philadelphia.

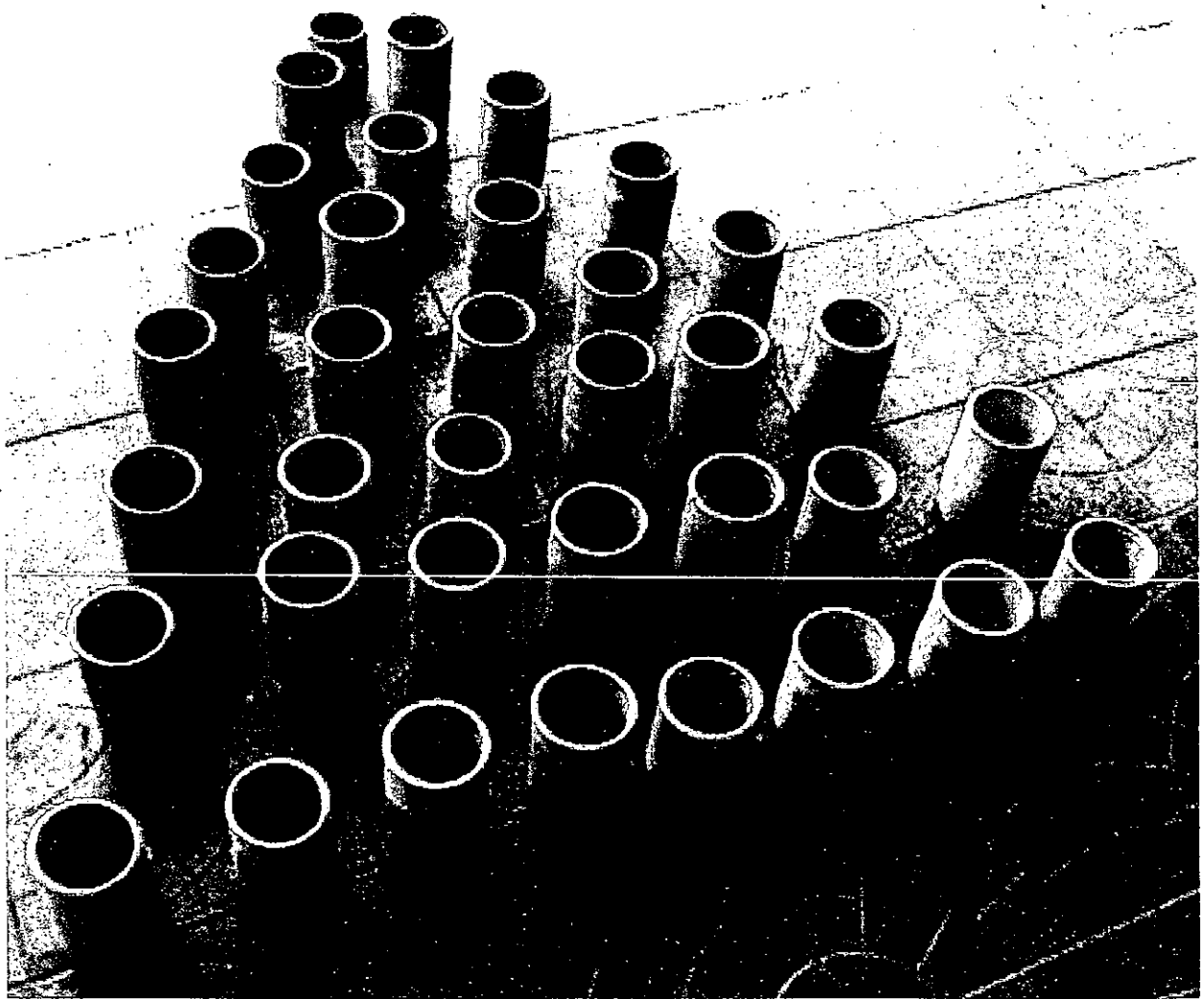
Singer, Felix and S. Sonja. (1967). *Industrial Ceramics*. London : Chapman and Hall Ltd.

Zakin, Richard. (1981). *Electric Kiln Ceramics a Potter's Guide to Clays and Glaze*. Pennsylvania : Chilton Book Company.

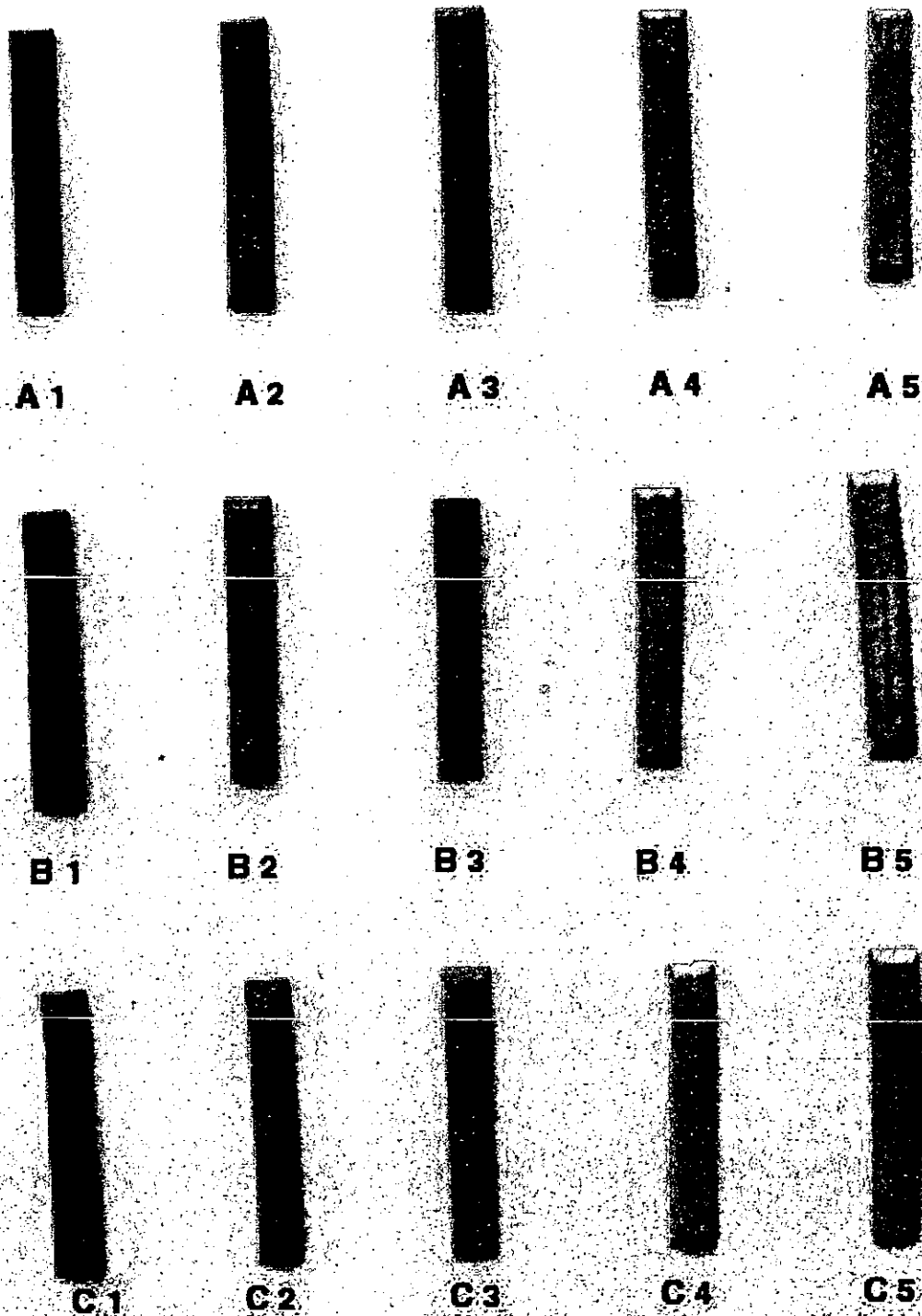
ภาคผนวก



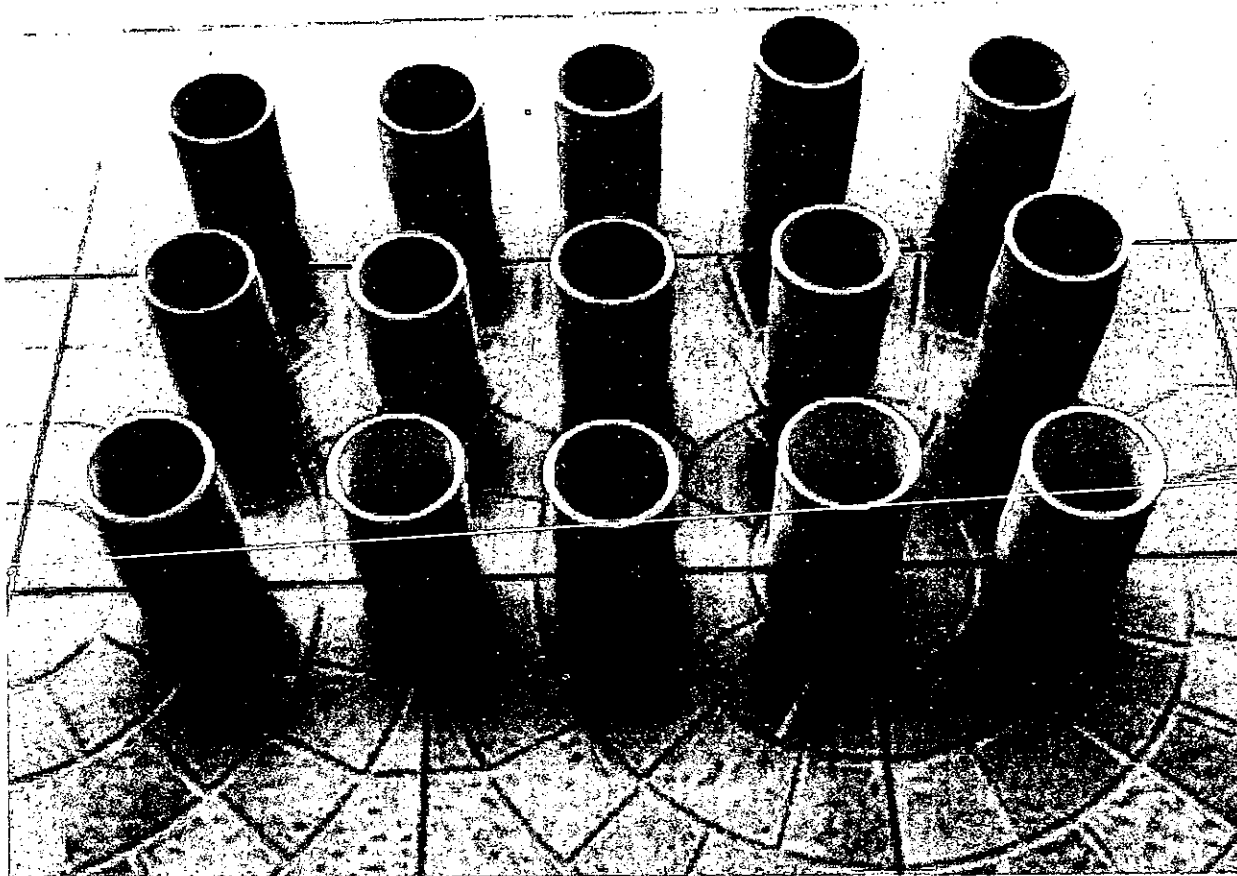
ภาพ 4 แสดงตัวอย่างชิ้นงานทดลองของอัตราส่วนผสมเนื้อดินปั้น



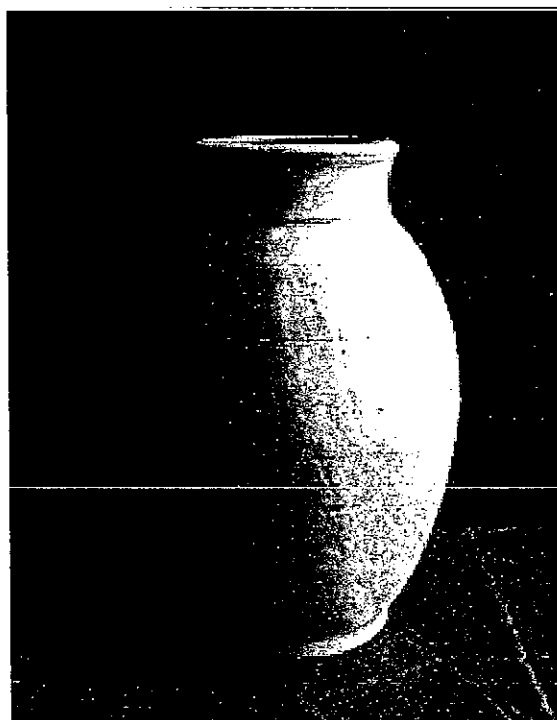
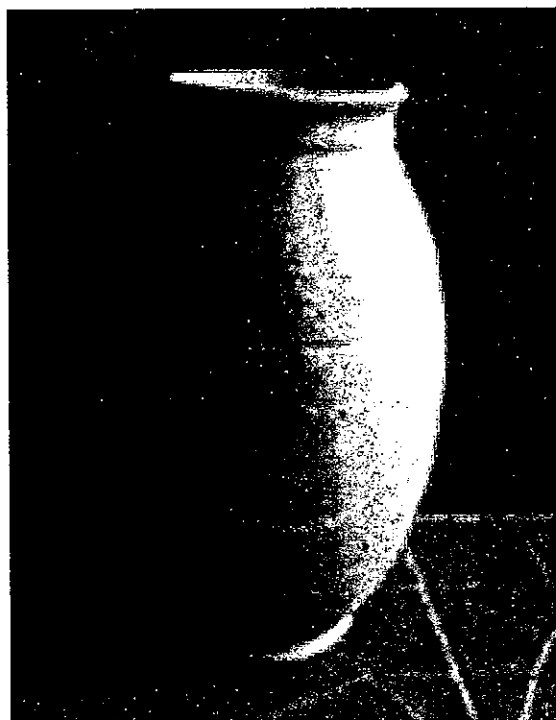
ภาพ 6 แสดงภาพตัวอย่างของชิ้นงานทดลองรูปทรงกระบอกจำนวน 36 ใบ



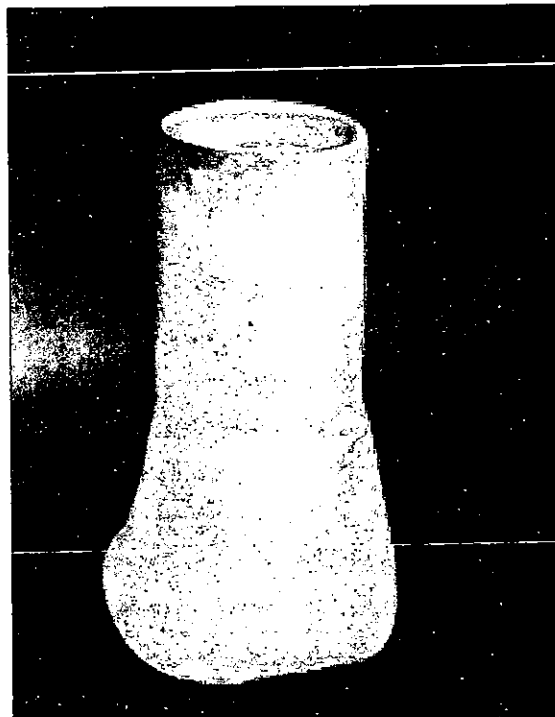
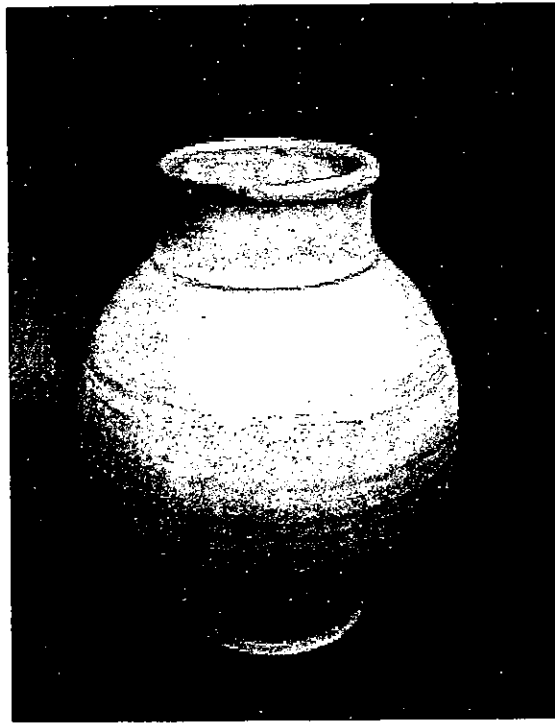
ภาพ 7 แสดงภาพตัวอย่างทดลองของอัตราส่วนผสม สูตร A, B, C



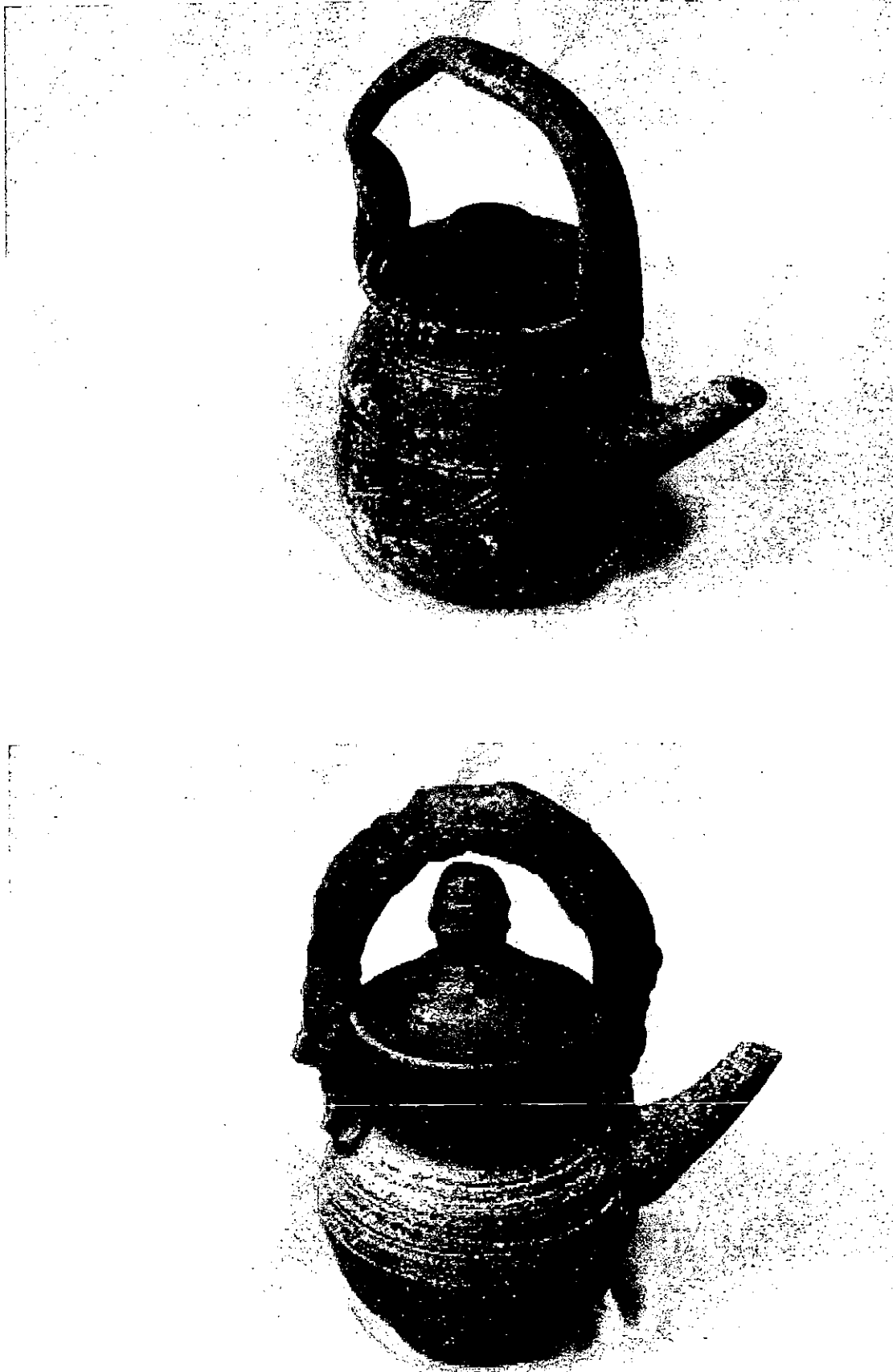
ภาพ 8 แสดงตัวอย่างทดลองรูปกระบอกของเนื้อดินสูตร A , B , C



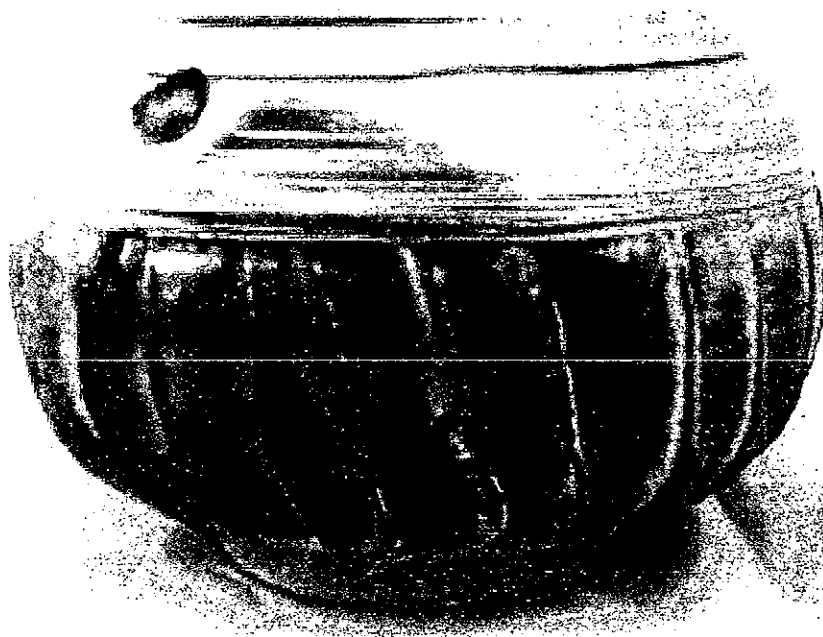
ภาพ 9 แสดงตัวอย่างผลงานการขึ้นรูปด้วยแป้นหมุนด้วยเนื้อดินปั้น สูตรที่ 8 และ 32



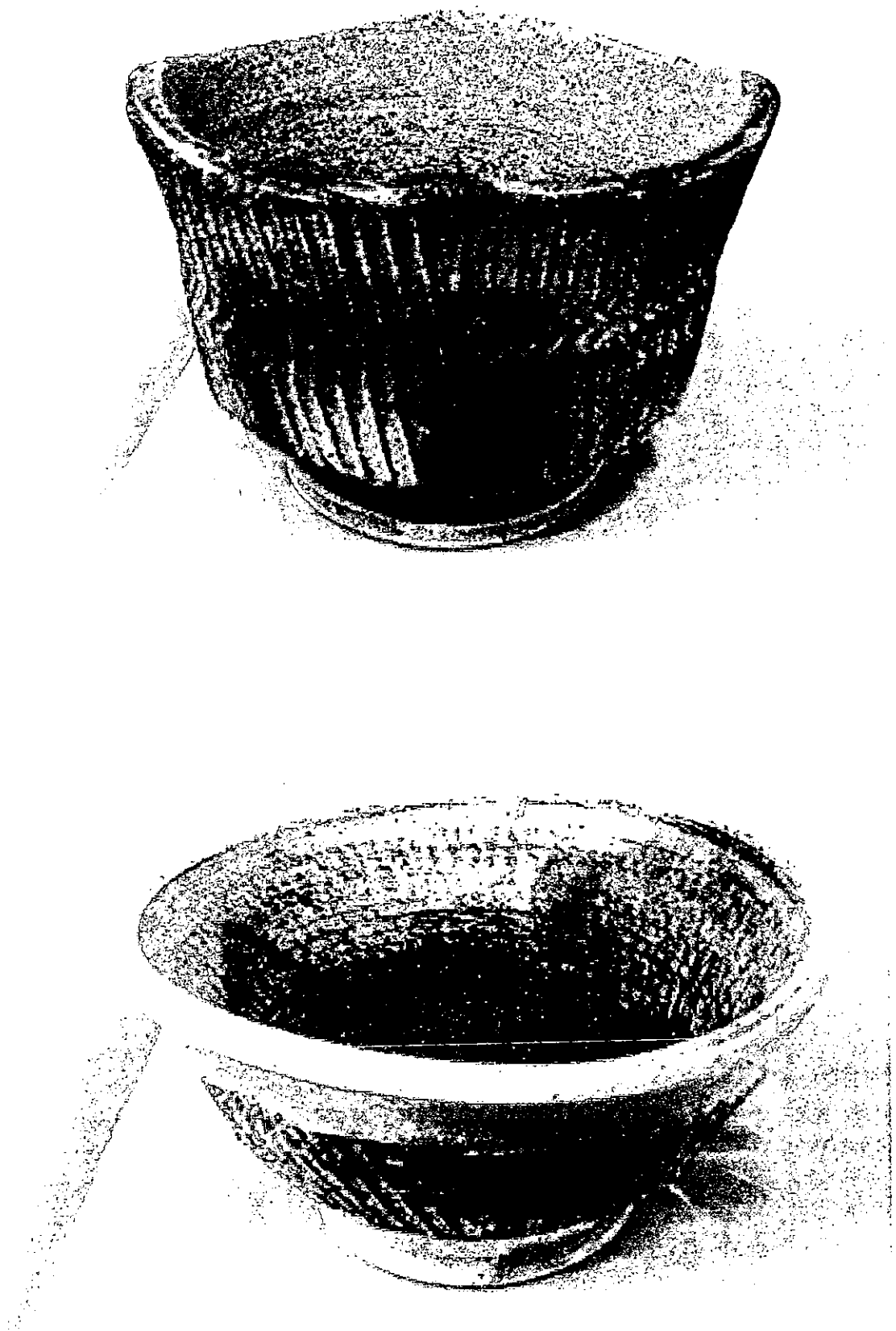
ภาพ 10 แสดงภาพตัวอย่างผลงานการขึ้นรูปด้วยแป้นหมุนด้วยเนื้อดินปั้น สูตร A1 และ B1



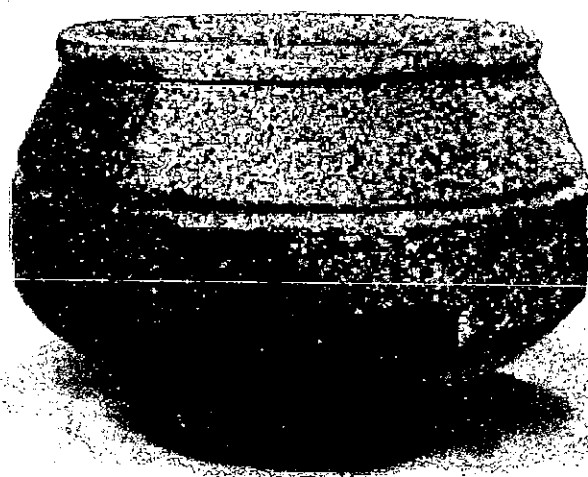
ภาพ 11 แสดงภาพกาน้ำชาเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ สูตร A1 และ B1



ภาพ 12 แสดงภาพถ้วยกาแฟและโถน้ำจากเนื้อดินปั้น สูตรที่ 8 และ 32



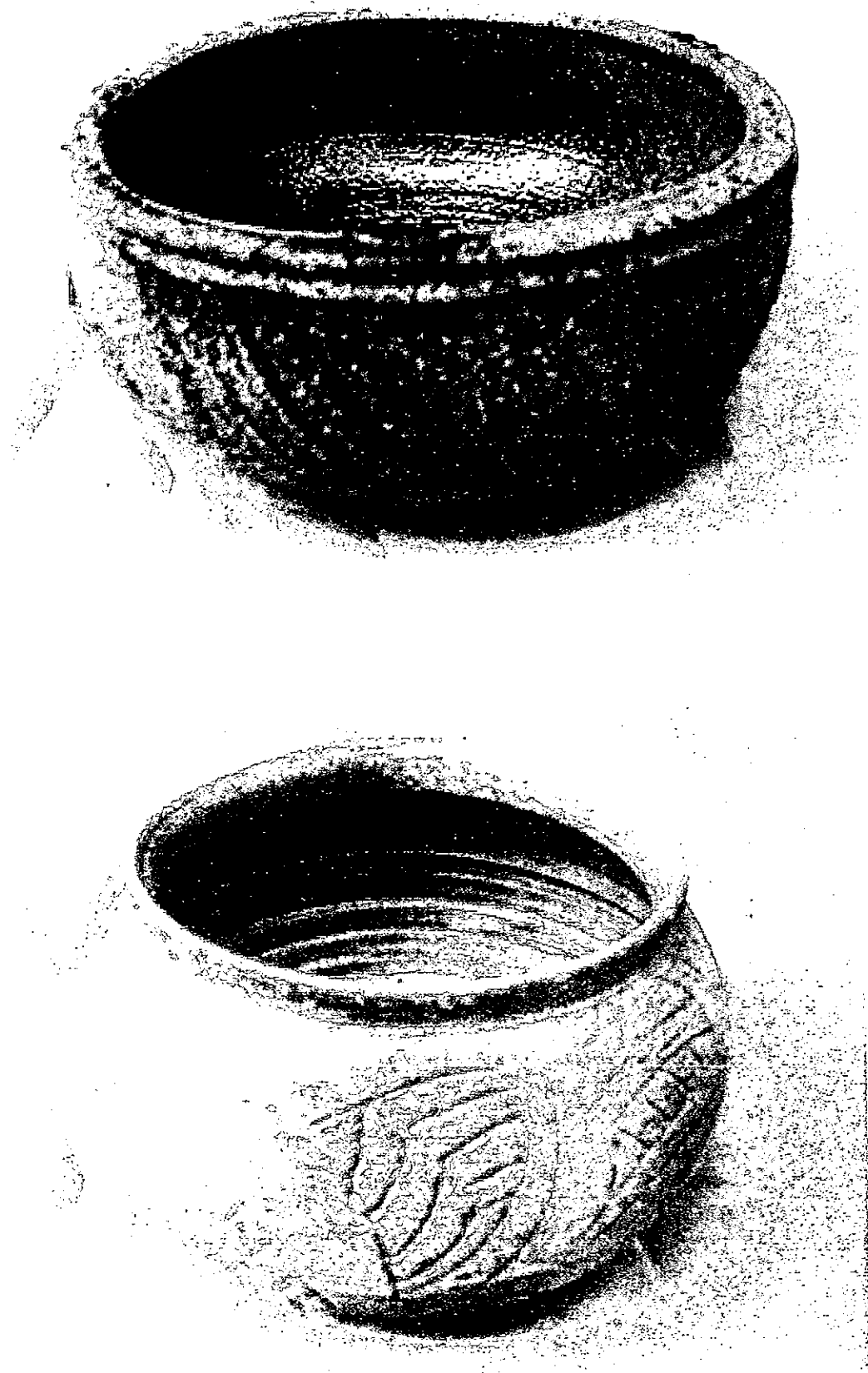
ภาพ 13 แสดงภาพซามเนื้อดินป็น สูตร B1 และ B2



ภาพ 14 แสดงภาพชามและถ้วยจากเนื้อดินปั้น สูตร 17 และ 18



ภาพ 15 แสดงภาพถ้วยและชามจากเนื้อดินปั้นสูตรที่ 11 และ 33



ภาพ 16 แสดงภาพถ้วยและโถจากเนื้อดินปั้น สูตรที่ 17 และ 32



ภาพ 17 แสดงภาพแจกันจากเนื้อดินปั้น สูตรที่ 8