รายงานการวิจัย

การพัฒนาเนื้อดินพื้นบ้านจังหวัดบุรีรัมย์เพื่อใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาด้วยเครื่องโรลเลอร์เฮด แมชชีน (Roller Head Machine)

The Development of Local Clay Body in Buriram Province for Utilizing in Roller Head Machine Pottery Product Forming

โดย

ปราโมทย์ ปิ่นสกุล และคณะ

โครงการวิจัยนี้ได้รับอุดหนุนจาก

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

ปีงบประมาณ 2554

สัญญาเลขที่ .....

รายงานการวิจัย

การพัฒนาเนื้อดินพื้นบ้านจังหวัดบุรีรัมย์เพื่อใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาด้วยเครื่องโรลเลอร์เฮด แมชชีน (Roller Head Machine)

The Development of Local Clay Body in Buriram Province for Utilizing in Roller Head Machine Pottery Product Forming

ผู้วิจัย

นายปราโมทย์ ปิ่นสกุล
นายวัชระ วชิรภัทรกุล
นายวีระ เนตราทิพย์
นายกฤษดากร เชื่อมกลาง

โครงการวิจัยนี้ได้รับอุดหนุนจาก
สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ
ปีงบประมาณ 2554

ชื่อโครงการ การพัฒนาเนื้อดินพื้นบ้านจังหวัดบุรีรัมย์เพื่อใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาด้วยเครื่องโรลเลอร์เฮด แมชชีน (Roller Head Machine)

ชื่อผู้วิจัย นายปราโมทย์ ปิ่นสกุล
นายวัชระ วชิรภัทรกุล
นายวีระ เนตราทิพย์
นายกฤษดากร เชื่อมกลาง
สาขาวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

ปีที่ทำวิจัย 2555

บทคัดย่อ

จากการศึกษาทดลองการนำดินพื้นบ้านจากอำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์เพื่อใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาด้วยเครื่องโรลเลอร์เฮด แมชชีน (Roller Head Machine) ครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดิน โดยใช้ทฤษฎีเชิงเส้น (Line Blend) มีวัตถุดิบ 2 ชนิด ได้แก่ดินจากอำเภอบ้านกรวด และดินดำทั้งหมด 10 สูตร นำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินหลังการเผา และเพื่อนำเนื้อดินที่มีอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปด้วยเครื่องโรลเลอร์เฮด แมชชีน มาทดแทนการซื้อเนื้อดินสำเร็จรูปที่มีราคาค่อนข้างสูง และเป็นการสร้างเอกลักษณ์ให้กับผลิตภัณฑ์ ในส่วนของการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นสร้างเป็นผลิตภัณฑ์

จากการทดลองพบว่าสูตรที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมได้แก่สูตรที่ 6 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมดังนี้ ดินพื้นบ้าน อ.บ้านกรวด ร้อยละ 50 และดินดำร้อยละ 50 เมื่อทำทดสอบสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินหลังการเผาแกร่งแล้วเนื้อดินมีสีน้ำตาลอ่อนออกครีม มีค่าการหดตัวของเนื้อดินอยู่ที่ร้อยละ 9.8 มีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 3.70 และมีค่าความแกร่งของเนื้อดิน 461.23 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ของเนื้อดินเซรามิกส์ชนิด สโตนแวร์ คือมีค่าการหดตัวไม่เกินร้อยละ 15 ค่าการดูดซึมน้ำไม่เกินร้อยละ 5 มีค่าความแกร่งมาก ตามเกณฑ์มาตรฐานของเนื้อดินชนิด สโตนแวร์ เมื่อเคาะแล้วจะมีเสียงดังกังวาน ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มเนื้อดินชนิด สโตนแวร์

เนื้อดินเมื่อนำมาทดสอบเพื่อวิเคราะห์ศักยภาพในการขึ้นรูปด้วยเครื่องโรลเลอร์ เฮด แมชชีน แล้ว เนื้อดินมีความเหนียว การกดหัวโรเลอร์ลง และการรีดเนื้อดินเข้าตามขนาดความหนาของแบบพิมพ์ได้ดี ระยะเวลาในการหลุดร่อนออกจากแม่พิมพ์อยู่ในระเวลาที่เหมาะสมคือไม่มากและไม่น้อยจนเกินไป อยู่ที่ระหว่างเวลา 20 – 25 นาที และที่สำคัญเนื้อดินสามารถทรงตัว

ตามรูปแบบที่ได้ออกแบบไว้ ไม่แตกร้าว ไม่บิดเบี้ยว ซึ่งสามารถที่จะนำไปพัฒนาใช้การผลิตในเชิงอุตสาหกรรมได้

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่อง “การพัฒนาเนื้อดินพื้นบ้านจังหวัดบุรีรัมย์เพื่อใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาด้วยเครื่องโรลเลอร์เฮด แมชชีน (Roller Head Machine)”

คณะนักวิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ที่ให้การสนับสนุนด้านเงินทุน ขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ที่ใช้ดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณคณาจารย์ นักศึกษาที่มีส่วนร่วมในการวิจัยในครั้งนี้ จนดำเนินการแล้วเสร็จ นอกจากนี้ยังรวมไปถึงผู้ที่ไม่สามารถกล่าวนามในที่นี้ ได้ทั้งหมด คณะผู้วิจัยขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้อีกครั้งหนึ่ง

นายปราโมทย์ ปิ่นสกุล และคณะ

Name of Project The Development of Local Clay Body in Buriram Province for Utilizing in Roller Head Machine Pottery Product Forming

Researchers Pramote Pinsakul and Team

Ceramics Technology Program

Faculty of Industry Technology, Buriram Rajabhat University

Year 2011

ABSTRACT

From experimental study of taking the native soil from Ban Krud District in Buriram Province for utilizing in Roller Head Machine pottery product forming, the purpose of this study is to seek for the clay body ratios by using line blend theory with 2 kinds of raw materials, namely; clay from Ban Krud District, and Ball Clay in total of 10 formulas. They are burnt with 1,230 Degree Celsius. The researchers experimented the clay body physical qualification after burning and took the appropriated clay body ratios for Roller Head Machine product forming to replace the buying readymade clay body with rather high price and it was made the product identity particularly in using local raw materials to be the products.

From the experiment, it was found that the appropriated formulas were formula 6 – the ratios were native soil in Ban Krud District (50%) and Ball Clay (50%). When doing the physical experiment of clay body after doughty burning, the clay body had creaming pale brown with its contraction value at 9.8%, absorption at 3.70%, and strengthening at 461.23 kg per square centimeter. They are all at stoneware ceramic clay body criteria with its contraction value not higher than 15 %, absorption value at 5%, and the strengthening value was high. The metallic sound will be heard, when they are knocked with classify in stoneware ceramic clay body group.

When taking to do the experiment for analyzing their potentiality in Roller Head Machine forming, the clay body was toughness, blade pressing, and clay body ironing with thickness sizes of forming well. The duration of disintegration from the form was between 20-25 minutes – not too much and too little. More importantly, the clay body can balance with designed model without cracking, and distorting that can be taken to develop in utilizing the industrial products.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (Abstract) ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2

ขอบเขตของการวิจัย 2

แนวทางการทำโครงการ 3

นิยามศัพท์เฉพาะ..... 3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องปั้นดินเผา 5

วัตถุดิบที่ใช้ทำเครื่องปั้นดินเผา..... 7

การปรับปรุงเนื้อดินในงานเครื่องปั้นดินเผา 20

การหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดิน 22

การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา 24

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ 27

น้ำเคลือบ 32

เตาเผาและการเผาผลิตภัณฑ์ 34

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการศึกษาวิจัย 38

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง..... 38

การหาอัตราส่วนผสมของเคลือบ..... 39

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ **หน้า**

ตัวแปรที่ศึกษา..... 48
เกณฑ์ที่ใช้ในการคัดเลือกส่วนผสมเนื้อดินปั้น 40
วิธีดำเนินการวิจัย..... 41
สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง..... 44

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน..... 45
ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมในการขึ้นรูปแบบโรลเลอร์ เฮด 48

บทที่ 5 สรุปอภิปรายและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง 50
ข้อเสนอแนะ 51

บรรณานุกรม..... 53

ภาคผนวก

ภาพขั้นตอนการทดลอง และการขึ้นรูปแบบโรลเลอร์ เฮด แมชชีน 54

ประวัติผู้วิจัย 69

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1. อัตราส่วนผสมจากทฤษฎีเชิงเส้น (Line Blend) 23
2. แสดงความแกร่งของดินชนิดต่าง ๆ ก่อนเผา 31
3. อัตราส่วนผสมเนื้อดินพื้นบ้านจากทฤษฎีเชิงเส้น (Line Blend) 39
4. อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบสองชนิด 45
5. ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพก่อนเผา และหลังเผาดิบ 800°C 46
6. ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน หลังการเผา 1,230° C 47

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1 ชิ้นทดลองการหดตัวของเนื้อดิน 28
2 การทดสอบค่าความแกร่งของเนื้อดินก่อนเผา – หลังเผา 30
3 แผนภูมิขั้นตอนการทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ดีที่สุด 42
4 ขั้นตอนการทำผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง 44
5 การเตรียมพิมพ์ สำหรับอัดเป็นแท่งทดสอบเนื้อดิน 56
6 การอัดแท่งทดสอบเนื้อดิน 56
7 การเตรียมเผาแท่งทดสอบเนื้อดิน 57
8 การทดสอบค่าความแข็งแรงของเนื้อดิน 57
9 ต้มทดสอบการดูดซึมน้ำของเนื้อดิน 58
10 แท่งทดสอบเนื้อดินจำนวน 10 สูตร 58
11 การเตรียมทำแม่พิมพ์สำหรับการใช้งาน 59
12 เทปูนปลาสเตอร์ทำแบบพิมพ์สำหรับใช้งาน 59
13 เทปูนปลาสเตอร์ทำแบบพิมพ์ 60
14 แบบพิมพ์สำหรับใช้ในการขึ้นรูปแบบโรลเลอร์ เฮด แมชชีน 60
15 แบบพิมพ์สำหรับใช้ในการขึ้นรูปแบบโรลเลอร์ เฮด แมชชีน 61
16 แบบพิมพ์สำหรับใช้ในการขึ้นรูปแบบโรลเลอร์ เฮด แมชชีน 61
17 การเตรียมแม่พิมพ์สำหรับประกอบส่วนหู 62
18 การขึ้นรูปด้วยเครื่องโรลเลอร์ เฮด แมชชีน 62
19 ปริมาณของเนื้อดินพื้นบ้านมาก รีดอัดเข้ากับแม่พิมพ์ไม่ดีเท่าที่ควร 63
20 เนื้อดินที่มีปริมาณน้ำในเนื้อดินมาก จะติดหัวโรลเลอร์ 63
21 ใช้ผ้าหรือฟองเช็ดทำความสะอาดหัวโรลเลอร์ ก่อนทำการขึ้นรูป 64
22 ลักษณะการขึ้นรูปด้วยเครื่องโรลเลอร์เฮด แมชชีน 64
23 แม่พิมพ์ที่ขึ้นรูปเสร็จ และนำแม่พิมพ์ตัวใหม่มาขึ้นรูปใหม่ 65
24 ชิ้นงานเริ่มหลุดร่อนจากแม่พิมพ์ การแกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ 65
25 การต่อประกอบส่วนหู กับชิ้นงานที่ได้จากการทดลอง 66
26 ชิ้นงานที่ได้จากการทดลอง รอแห้ง เตรียมเผาดิบ 66
27 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเนื้อดินสูตรที่ 6 ที่ทดลองใช้เคลือบจากผงหินบะซอลต์ 67

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

28 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเนื้อดินสูตรที่ 6 ที่ทดลองใช้เคลือบจากผงหินบะซอลต์ 67
29 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเนื้อดินสูตรที่ 6 ที่เคลือบหินบะซอลต์ เคลือบหนา ……. 68
30 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากทดลอง และการนำไปใช้งาน ……..…….. 68

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

การขึ้นรูปจัดได้ว่าเป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญในกระบวนการผลิตเครื่องปั้นดินเผา เพราะเป็นการแปรสภาพจากวัตถุดิบหรือเนื้อดินปั้นไปเป็นตัวผลิตภัณฑ์ การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี การกำหนดหรือเลือกวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาขึ้นอยู่กับความเหมาะสมหลายประการ เช่น ปริมาณการผลิต รูปทรงของผลิตภัณฑ์ เป้าหมายการผลิต และความเหมาะสมของเนื้อดินปั้น (สาธร ชลชาติภิญโญ. 2538 : 17 – 18) การเตรียมเนื้อดินปั้นต้องสอดคล้องกับวิธีการขึ้นรูป ลักษณะวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาจะเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลัก สอง อย่าง คือ ความเหนียวและปริมาณน้ำที่มีอยู่ในเนื้อดินปั้น

ปัจจุบันการขึ้นรูปเครื่องปั้นดินเผามีการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้ในกระบวนการผลิตให้เหมาะสมกับงานในระบบอุตสาหกรรม ทำให้สามารถที่จะขึ้นรูปได้รวดเร็วได้ทั้งคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และปริมาณ เช่นขึ้นรูปด้วยวิธีการอัด (Ram Press) การขึ้นรูปแบบรีด (Extruding) การขึ้นรูปแบบใบมีด (Jiggering) การขึ้นรูปด้วยเครื่องโรลเลอร์เฮด แมชชีน (Roller Head Machine) การขึ้นรูปแบบหล่อโดยใช้แรงอัด การขึ้นรูปในระบบอุตสาหกรรมนี้จะต้องมีเนื้อดินที่เตรียมขึ้นมาเป็นพิเศษให้เหมาะสมกับลักษณะการขึ้นรูปในแต่ละแบบ ซึ่งเป็นปัญหาสำหรับโรงงานขนาดเล็ก ที่ต้องมีสั่งซื้อเนื้อดินสำเร็จรูปที่มีราคาสูงมาใช้ในกระบวนการผลิต

จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า ดินแดงหรือดินท้องถิ่นของ จังหวัดบุรีรัมย์ นับเป็นดินที่สามารถใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาได้สังเกตจากกลุ่มเตาโบราณกระจายอยู่ทั่วไป และมีโรงงานอิฐที่ใช้ในงานก่อสร้าง ขนาดใหญ่และขนาดกลาง เกิดขึ้นหลายโรง เนื้อดินก่อนเผาจะมีความเหนียวมาก มีสีน้ำตาลอ่อนจนถึงเข้ม เนื่องจากมีแร่เหล็กผสมอยู่ในเนื้อดินสูง นับได้ว่าเป็นดินในท้องถิ่นอีกชนิดหนึ่งที่มีลักษณะเฉพาะตัว แสดงความเป็นพื้นบ้านได้เป็นอย่างดี แต่การนำดินชนิดนี้มาใช้มีเพียงการทำอิฐและกระเบื้องเท่านั้น จึงเป็นที่น่าเสียดายคุณค่าของเนื้อดิน ซึ่งถ้าหากมีการทดลองพัฒนาเนื้อดิน เพื่อใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นนอกเหนือจากการผลิตอิฐและกระเบื้องแล้ว ก็อาจจะได้เนื้อดินที่สามารถสร้างงานเครื่องปั้นดินเผาเป็นรูปแบบอื่นได้ โดยใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นเป็นวัตถุดิบหลัก

สาขาวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ เป็นสาขาที่มีศักยภาพในการผลิต ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ โดยการใช้เครื่องโรลเลอร์เฮด แมชชีน ซึ่งเป็นเครื่องจักร

อุตสาหกรรมที่ สามารถขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ได้รวดเร็วได้ทั้งคุณภาพ และปริมาณ ดังนั้น เพื่อตอบสนองศักยภาพของเครื่องจักรดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีโครงการพัฒนาเนื้อดินพื้นบ้านจังหวัดบุรีรัมย์ ให้มีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปด้วยเครื่องโรลเลอร์เฮด แมชชีน ทดแทนการซื้อเนื้อดินสำเร็จรูปที่มีราคาค่อนข้างสูง และเป็นการสร้างเอกลักษณ์ให้กับผลิตภัณฑ์ ในส่วนของการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ได้อย่างยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์หลักของแผนงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาหาอัตราส่วนผสมระหว่างพื้นบ้านจังหวัดบุรีรัมย์ กับดินดำ (Ball clay) ที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสม ในการขึ้นรูปด้วยเครื่อง โรลเลอร์เฮด แมชชีน (Roller Head Machine)
2. เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินที่ได้จากส่วนผสมของเนื้อดินปั้น จากส่วนผสมของดินพื้นบ้านจังหวัดบุรีรัมย์ และดินดำ (Ball clay)
3. เพื่อนำเนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสม ไปขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่อง โรลเลอร์เฮด แมชชีน (Roller Head Machine)

ขอบเขตการวิจัย

1. หาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินจากทฤษฎีเชิงเส้น (Line blend) จำนวน 10 จุด
2. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่
   - 2.1 ดินพื้นบ้านจากอำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์
   - 2.2 ดินดำ (Ball clay)
3. ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่
   - 3.1 ตัวแปรต้น
     - 3.1.1 อัตราส่วนผสมระหว่างดินพื้นบ้านจังหวัดบุรีรัมย์ กับ ดินดำ
     - 3.1.2 การเผาที่อุณหภูมิ 1,200 – 1,230 องศาเซลเซียส
   - 3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ สมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน
     - 3.2.1 สีของเนื้อดินหลังเผา (Fired Color)
     - 3.2.2 ความหดตัว (Shrinkage)
     - 3.2.3 ความทนไฟ (Refractoriness)
     - 3.2.4 ความแข็งแรง (Modulus of rupture)
     - 3.2.5 การดูดซึมน้ำ (Water Adsorption)
     - 3.2.6 ความเหมาะสมในการขึ้นรูปด้วยเครื่องโรลเลอร์เฮด แมชชีน

4. ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาด้วยเครื่อง โรลเลอร์เฮด แมชชีน (Roller Head Machine)

5. เตาที่ใช้ เป็นเตาเผาไฟฟ้า เผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส บรรยากาศการเผาแบบออกซิเดชั่น (OF : Oxidation Firing)

6. สถานที่ใช้ทำการทดลอง อาคารเรียนเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

แนวทางการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

1. ศึกษาข้อมูล งานวิจัย เกี่ยวกับเนื้อดินปั้นและศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาด้วยเครื่องโรลเลอร์เฮด แมชชีน

2 เก็บตัวอย่างเนื้อดิน ทดสอบสมบัติทางกายภาพ เพื่อนำมาทดลองเตรียมเนื้อดินตามกระบวนการทางเซรามิกส์ ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ ณ สาขาวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์

3. ศึกษาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินจากทฤษฎีเชิงเส้น (Line blend) จำนวน 10 จุด ตามขั้นตอนการผลิตทางเซรามิกส์

4. ทดลองขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาด้วย เครื่องโรลเลอร์เฮด แมชชีน

5. เผาดิบและเผาเคลือบด้วยเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

6. สรุปผลการวิจัย ประเมินศักยภาพของเนื้อดินพื้นบ้าน ในการนำมาใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องปั้นดินเผาด้วยเครื่อง โรลเลอร์เฮด แมชชีนในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

7. จัดทำรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ และนำผลที่ได้จัดทำการเผยแพร่

8. นำเสนอผลการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การขึ้นรูปด้วยเครื่องโรลเลอร์เฮด แมชชีน (Roller Head Machine) หมายถึง การขึ้นรูปผลิตเครื่องปั้นดินเผาในระบบอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ประเภท ถ้วยกาแฟ จาน และชาม เป็นต้น สามารถผลิตชิ้นงานได้รวดเร็ว มีขนาด และคุณภาพของชิ้นงานคงที่

2. ดินพื้นบ้าน หมายถึง ดินที่ได้จากหมู่บ้านสายตรี 7 ตำบลบึงเจริญ อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ ลักษณะเนื้อดินก่อนเผามีสีเหลือง หลังเผาดิบจะมีสีแดง มีความเหนียวมาก

3. ดินดำ หมายถึง ดินที่มีลักษณะก่อนเผาสีดำ มีความเหนียวมาก ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ดินดำ ผสมในเนื้อดินปั้น

4. ความเหมาะสมในการขึ้นรูปเครื่องปั้นดินเผาด้วยเครื่องโรลเลอร์เฮด แมชชีน หมายถึง เนื้อดินที่มีความเหนียวดีใช้ปริมาณน้ำประมาณร้อยละ 20 เมื่อขึ้นรูปแล้ว ไม่เกิดการแตกร้าว ไม่หลุดร่อนในขณะขึ้นรูป , เมื่อแห้ง และหลังเผา

5. สีของเนื้อดิน หมายถึงสีหลังการเผาที่ 1,230 องศาเซลเซียส

6. อัตราการหดตัว หมายถึง จำนวนร้อยละของการหดตัวของเนื้อดินปั้นที่ผ่านการเผาในอุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

7. ความพรุนตัว หมายถึง จำนวนร้อยละในการดูดซึมน้ำ (Water absorption) ของเนื้อดินหลังเผา

8. ความทนไฟ หมายถึง เนื้อดินต้องสามารถทนทานต่อความร้อนโดยไม่หลอมละลายในระดับอุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

9. ค่าความแข็งแรงของเนื้อดิน หมายถึง คุณสมบัติของเนื้อดินปั้นที่แสดงถึงความทนทานต่อแรงกดที่กระทำต่อเนื้อดิน โดยใช้เครื่องมือในการทดสอบความแข็งแรง ค่าที่วัดได้มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูล เอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเนื้อดิน เพื่อใช้เป็นเนื้อดินปั้น ผู้วิจัยได้แยกเป็นหัวข้อต่อไปนี้

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องปั้นดินเผา
2. วัตถุดิบที่ใช้ทำเครื่องปั้นดินเผา
3. การปรับปรุงเนื้อดินในงานเครื่องปั้นดินเผา
4. การหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดิน
5. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา
6. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ
7. น้ำเคลือบ
8. เตาเผาและการเผาผลิตภัณฑ์

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องปั้นดินเผา

เครื่องปั้นดินเผามีมาแต่สมัยโบราณ ในสมัยก่อนเรียกเป็นภาษากรีกว่า (Keramos) ซึ่งแปลว่า “สิ่งที่ถูกเผา” ส่วนใหญ่เครื่องปั้นดินเผาใช้ ดินเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต เป็นเครื่องถ้วยชามทั่วไป แล้วนำมาผ่านกระบวนการเผาในอุณหภูมิสูง เพื่อให้เกิดความแข็งแกร่ง ต่อมาเมื่อเครื่องปั้นดินเผาเกิดการพัฒนาขึ้นจึงได้นำผลิตภัณฑ์ที่ใช้วัตถุดิบ และกระบวนการผลิตในลักษณะเดียวกันหรือคล้ายกัน ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะมีองค์ประกอบของพวกซิลิเกต นำรวมเข้าด้วยกัน รวมเรียกว่าผลิตภัณฑ์ “เซรามิกส์” (Ceramics) ดังนั้น เซรามิกส์หมายถึง การนำเอาอนินทรีย์สารที่เป็นอโลหะ ซึ่งได้แก่สารจำพวกแร่ ดิน หิน ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติมาเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตโดยผ่านกระบวนการที่ใช้ความร้อนสูงเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งแรง สามารถนำไปใช้ได้ และยังสามารถแบ่งผลิตภัณฑ์ได้อีกหลายประเภทเช่น วัตถุทนไฟ โลหะเคลือบ สิ่งขัดถู ซีเมนต์ แก้ว และ Insulation หรือเครื่องฉนวน เป็นต้น

ประเภทของเครื่องปั้นดินเผา

ประเภทของเครื่องปั้นดินเผา เมื่อแบ่งตามลักษณะของเนื้อดินจะสามารถแบ่งได้ 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. ผลิตภัณฑ์เอิร์ทเทินแวร์ (Earthen Ware) ผลิตภัณฑ์เอิร์ทเทินแวร์โดยรวม (1,050 – 1,100 องศาเซลเซียส) มีความพรุนตัวสามารถดูดซึมน้ำสูง มีทั้งชนิดเคลือบและไม่เคลือบ บางชนิดเผาจนเนื้อดินแกร่งไม่มีการดูดซึมน้ำ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มักค่อนข้างหนา มีความพรุนตัวค่อนข้างสูง ส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์จำพวก กระถาง หม้อดินเผา อิฐที่ใช้ในงานก่อสร้าง กระเบื้องมุงหลังคา เป็นต้น ทำจากดินขาวอย่างเดียวหรือผสมดินหรือหินอย่างอื่นก็ได้

ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มเอิร์ทเทินแวร์นี้ บางที บางแห่งจะเรียกเป็นเนื้อดิน **เทอราคอตตา (terra cotta)** ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน คือเป็นดินเหนียวผสมในเนื้อดินเผาเมื่อเผาแล้วจะมีสีแดง นิยมเคลือบด้วยสีต่าง ๆ ส่วนมากผลิตเป็นเครื่องประดับในบ้านหรือสวนเป็นของชำร่วย แจกัน และตุ๊กตา หรือใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง กระเบื้องบุผนัง

2. ผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ (Stone Ware) เนื้อดินสโตนแวร์โดยทั่วไป หมายถึง เนื้อแข็งแกร่งเคลือบทึบแสง หรือไม่เคลือบก็ได้ ในเนื้อดินปั้นมีหินผสมอยู่มาก เผาที่อุณหภูมิ 1,200 – 1,300 องศาเซลเซียส นิยมผลิตเป็นของใช้บนโต๊ะอาหาร และเครื่องประดับบ้าน

3. ผลิตภัณฑ์พอร์ซเลน (Porcelain) เป็นเครื่องปั้นดินเผาชั้นดี เนื้อละเอียด บางแข็งแกร่ง เคลือบเป็นมันโปร่งแสง ใช้วัตถุดิบคุณภาพดี เพื่อให้ได้เนื้อปั้นสีขาว เผาที่อุณหภูมิ 1,250 – 1,400 องศาเซลเซียส เนื้อดินพอร์ซเลนจะมีความแกร่งมากกว่าเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์และเนื้อดินสโตนแวร์

เนื้อดินพอร์ซเลน ยังสามารถแบ่งได้อีก 2 ประเภทตามอุณหภูมิการเผา คือ

1. พอร์ซเลน อุณหภูมิต่ำ (Soft Porcelain)

พอร์ซเลน อุณหภูมิต่ำ (Soft Porcelain) เป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสีขาวโปร่งแสง ที่เผาที่อุณหภูมิระหว่าง 1,200 – 1,280 องศาเซลเซียส เช่น โบนไชน่า โฮเต็ลไชน่า นิยมทำภาชนะใส่อาหาร และงานด้านศิลปะ

2. พอร์ซเลน อุณหภูมิสูง (Hard Porcelain)

พอร์ซเลน อุณหภูมิสูง (Hard Porcelain) เป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสีขาวโปร่งแสง เผาในอุณหภูมิสูง 1,300 – 1,400 องศาเซลเซียส มีความแข็งแกร่งเป็นพิเศษ ใช้ในการทำอุปกรณ์เคมีและอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น ลูกถ้วยไฟฟ้า หัวเทียนรถ เป็นต้น

2. วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผา

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาที่จัดว่าเป็นปัจจัยสำคัญ ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ ดิน หิน และแร่ธาตุต่าง ๆ แต่การที่จะคัดเลือกวัตถุดิบเหล่านั้น นับว่าเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะผู้ผลิตต้องมีความเข้าใจและรู้คุณสมบัติส่วนประกอบต่างๆ ทางเคมี (Chemical composition) ความเหนียวของดิน (Plasticity) การหดตัวของดิน (Shrinkage) ตลอดจนสีของดินที่เผาแล้ว (Fire color) ทั้งที่เป็นพื้นฐานอันสำคัญในการนำไปใช้ให้ตรงกับจุดประสงค์ของผู้ผลิต วัตถุดิบที่นำใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผามี 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ วัตถุดิบประเภทที่มีความเหนียวกับวัตถุดิบประเภทที่ไม่มีความเหนียว

1.วัตถุดิบประเภทที่มีความเหนียว

ดินสำหรับเนื้อเซรามิกส์

ดิน (Clay; Al_2O_3 . $2SiO_2$. $2H_2O$) คือสารประกอบไฮดรัส อลูมินัส ซิลิเกต (Hydrous Aluminous Silicate) ที่มีส่วนประกอบและโครงสร้างของผลึกแน่นอน โดยทฤษฎีแล้วจะมีซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) ร้อยละ 46.5 อลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ร้อยละ 39.5 และ น้ำ (H_2O) ร้อยละ 14.0 เมื่อนำดินมาผสมกับน้ำจะทำให้เกิดความเหนียวขึ้น และสามารถปั้นให้เป็นรูปต่าง ๆ ได้ ถ้าปล่อยไว้ให้แห้งจะยังคงรักษารูปร่างเดิมไว้ และมีความแข็งแกร่งดีขึ้น แต่ค่อนข้างเปราะ ถ้าเผาแล้วจะทำให้แกร่งมากขึ้น และเมื่อผสมกับน้ำจะไม่ทำให้ความเหนียวกลับคืนมาอีก

แร่ดินที่สำคัญและมีการพูดถึงมากคือแร่คาโอลินไนต์ (Kaolinite; Al_2O_3 . $2SiO_2$. $2H_2O$) ได้ชื่อมาจากภูเขาในภาคเหนือของจีน ซึ่งเป็นแหล่งแรกที่พบดินขาว โดยคาโอลินไนต์ เป็นแร่สามัญที่เกิดจากการสลายหรือแปรสภาพมาจากแร่จำพวก อลูมิโนซิลิเกตต่าง ๆ (Alumino Silicate) ที่สำคัญ คือ หินฟันม้า และเปกมาไทต์ (Pegmatite) เป็นต้น ดังนั้น คาโอลินไนต์ จึงเป็นแร่ทุติยภูมิ และในแหล่ง คาโอลินไนต์ จะพบ หินฟันม้า หินเขี้ยวหนุมาน และไมกา (Mica) อยู่ สิ่งที่ช่วยทำให้เกิดการผุพังของหินเหล่านี้ได้แก่ น้ำ ลม และปฏิกิริยาเคมีตามสมการ

$$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 + 2H_2O + CO_2 \text{ ----------> } Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O + K_2CO_3 + 4SiO_2$$

หินฟันม้า ดิน

แร่ดินอีกกลุ่มหนึ่งคือ มอนท์มอริลโลไนต์ (Montmorillonite) ส่วนประกอบพื้นฐานจะเหมือนกับ คาโอลินไนต์ แต่อัตราส่วนระหว่างซิลิกอนไดออกไซด์ กับอลูมิเนียมออกไซด์ จะมากเป็นสองเท่าตามสูตร Al_2O_3 . $4SiO_2$. $2H_2O$ จากสมบัติด้านโครงสร้างทำให้มอนท์มอริลโลไนต์ มีความสามารถในการดูดซับน้ำได้มาก โดยจะเก็บไว้ระหว่างแผ่นโครงสร้างผลึก ซึ่งผลึกของแร่ดิน

จะมีขนาดประมาณ 0.01 - 2 ไมโครเมตร โดยอยู่ในช่วงคอลลอยด์ (Colloid) ดังนั้นจึงมีสมบัติของคอลลอยด์ คือสามารถกระจายตัวได้ในน้ำหรือของเหลวอื่น ๆ

หินแกรนิตที่ผุพังแล้ว ทำให้เกิดเป็นดินทับถมอยู่ที่แหล่งเดิม เรียกว่าดินปฐมภูมิ (Primary Clay หรือ Residual Clay) เช่น ดินขาว จึงมักมีหินเดิมปะปน เช่น หินฟันม้า หินเขี้ยวหนุมาน เป็นต้น เมื่อเวลาผ่านไปนาน ๆ ดินจะถูกกระแสน้ำ กระแสลมพัดพา ทำให้แหล่งดินเคลื่อนย้ายออกไปจากแหล่งดินเดิม น้ำได้ช่วยแยกเอาส่วนที่เป็นหินออกไป ทำให้เม็ดดินละเอียดขึ้น และจะตกตะกอนสะสมในบริเวณน้ำนิ่ง เรียกดินชนิดนี้ว่าดินทุติยภูมิ (Secondary Clay หรือ Sedimentary Clay) เช่น ดินดำ ดินแดง ซึ่งดินแต่ละประเภทมีความแตกต่างกันดังจะกล่าวในหัวข้อชนิดของดิน

หากจำแนกชนิดของดิน สามารถแบ่งชนิดของดินได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ได้ คือ

1. แบ่งตามแหล่งกำเนิด แบ่งชนิดของดินเป็น 2 แหล่งคือ
   1.1 ดินปฐมภูมิ ได้แก่ ดินขาว
   1.2 ดินทุติยภูมิ ได้แก่ ดินดำ ดินแดง
2. แบ่งตามความเหนียวของดิน แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ
   2.1 ดินที่มีความเหนียวน้อย ได้แก่ ดินขาว
   2.2 ดินที่มีความเหนียวมาก ได้แก่ ดินดำ ดินแดง

นอกจากนี้ยังมีดินอีกหลายชนิดที่พิจารณาจากสมบัติพิเศษของดินนั้น ๆ เช่น หากเป็นดินที่มีความทนไฟสูง อาจเรียกว่าดินทนไฟ หรือถ้าเป็นดินแดงที่สุกตัวที่อุณหภูมิสูง เรียกว่าดินสโตนแวร์ หากสุกตัวที่อุณหภูมิต่ำเรียกว่าดินเอิร์ทเธินแวร์ เป็นต้น ซึ่งดินแต่ละประเภทมีสมบัติดังต่อไปนี้

ดินขาว

ดินขาว หรือคาโอลิน หรือดินจีน (Kaolin หรือ China Clay) เป็นดินที่มีสีขาวทั้งในธรรมชาติและหลังเผา เป็นสารประกอบของแร่คาโอลินไนต์ ซึ่งประกอบด้วยอลูมินา และซิลิกา เป็นดินที่มีความเหนียวต่ำ มีความแข็งแรงเมื่อแห้งน้อย ทนอุณหภูมิได้สูงถึงโคน 34-35 (1,750-1,770 องศาเซลเซียส) มีความแข็ง 2.0-2.5 ความถ่วงจำเพาะ 2.6 (อุบลศรี ชัยสาม และเยาวลักษณ์ นิสสภา, 2526, หน้า 45) ซึ่งดินขาวที่นำมาใช้มากกว่าครึ่งหนึ่งใช้สำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ส่วนในประเทศไทยแหล่งที่พบดินขาว เช่นที่จังหวัดลำปาง จังหวัดระนอง จังหวัดปราจีนบุรี เป็นต้น โดยเราสามารถจำแนกดินขาวตามลักษณะการเกิดได้ 3 แบบคือ

1. แบบที่เกิดอยู่ที่เดิม (Residual Clay) ได้แก่ ดินขาวที่อยู่ในตำแหน่งเดิม ซึ่งมีการผุพังอยู่กับที่ หินเดิมอาจเป็น แกรนิต ไรโอไรต์ เพกมาไทต์ อัลไบต์ หรือหินอื่น ๆ ตัวอย่างเช่น ดินขาวจากแหล่งแร่ดีบุกทางภาคใต้ ดินขาวแบบนี้จะมีทรายหยาบปนอยู่ปริมาณมาก อาจถึงร้อยละ 75

2. แบบที่ถูกพัดพาไปจากแหล่งกำเนิด (Transported Clay) เกิดจาก ดินขาวในแบบแรกและถูกกระแสน้ำพัดพาไปสะสมตัวยังแหล่งใหม่ จึงมีขนาดอนุภาคเล็ก มีความละเอียดสูงกว่า

3. แบบที่ได้มาจากการแทนที่ด้วยน้ำร้อน (Hydrothermal Replacement) ได้แก่ ดินขาว ที่พบบริเวณแหล่งน้ำแร่ แบบน้ำร้อน

สมบัติของดินขาวที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการทำเนื้อเซรามิกส์ ได้แก่

1. ให้ความขาวแก่ผลิตภัณฑ์
2. เพิ่มอลูมิเนียมไดออกไซด์ เพื่อความแข็งแกร่งของผลิตภัณฑ์หลังเผา
3. เพิ่มอัตราเร็วในการหล่อแบบเนื่องจากดินขาวมีอนุภาคใหญ่ มีความเหนียวน้อย

ผลเสียที่มีดินขาวในส่วนผสมของเนื้อเซรามิกส์มากคือ

1. ความเหนียวของเนื้อเซรามิกส์ลดลง เนื่องจากดินขาว มีอนุภาคขนาดใหญ่ มีความเหนียวต่ำ ดังนั้นหากมี ดินขาว ในอัตราส่วนผสมมากจะทำให้ลำบากต่อการขึ้นรูปที่ต้องใช้ความเหนียว
2. ความแข็งแรงเมื่อแห้งลดลง หากมีปริมาณดินขาวในส่วนผสมมาก
3. เนื้อเซรามิกส์จะมีความทนไฟสูงขึ้น เนื่องจากดินความมีความทนไฟสูง

การนำดินขาวจากแหล่งมาใช้งานต้องผ่านกระบวนการล้างดิน เพื่อแยกแร่และทรายออกจากเนื้อดิน ซึ่งเริ่มจากการขุดดินจากเหมือง มาย่อยให้เป็นก้อนเล็กด้วยเครื่องย่อย (Jaw Crusher) หลังจากนั้นจึงเติมน้ำ กวนให้เนื้อดินละลาย เพื่อแยกทรายหยาบออกด้วยเครื่องล้าง (Spiral Washer หรือ Washing Drum) แล้วจึงแยกทรายละเอียดออก และคัดแยกคุณภาพ ด้วยเครื่องไฮโดรไซโคลน (Hydro Cyclone) ได้เป็นน้ำดิน นำไปผ่านเครื่องแยกเหล็ก และแยกน้ำออกจากดิน ทำให้อยู่ในสภาพที่ต้องการจำหน่าย เช่นเป็นแผ่นเค้ก (Cake) เป็นผงดิน หรือเป็นเส้น (Noodle) อาจอยู่ในสภาพดินแห้ง จะต้องผ่านการอบแห้ง

ดินดำ

ดินดำ เป็นดินเหนียว ที่เกิดจากการตกตะกอนทับถมกันของดินขาว ประกอบด้วยแร่คาโอลินไนต์เป็นส่วนประกอบสำคัญ บางครั้งจะพบแร่ดินชนิดอื่นปะปนอยู่บ้าง เช่น มอนท์มอริลโลไนต์ และอิลไลต์ ดินดำจะมีลักษณะพิเศษคือมีสารอินทรีย์ปนอยู่ด้วยเสมอ ในธรรมชาติจึงอาจมีสี

ต่าง ๆ เช่น สีขาว สีเทาเหลือง และสีดำ เป็นดินที่มีความละเอียดสูง มีความเหนียวดี เมื่อแห้งหรือหลังเผาจะมีความแข็งแรงสูง หลังจากผ่านการเผาแล้วจะให้สีครีม หรือสีขาว ดินดำ หลายชนิดมีช่วงการเปลี่ยนแปลงสภาพของเนื้อดินไปเป็นเนื้อแก้วขณะให้ความร้อน ค่อนข้างนาน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ คือช่วยปรับปรุงผลิตภัณฑ์หลังเผาให้ดีขึ้น ชื่อดินดำ หรือ บอลเคลย์ ได้จากลักษณะของดินที่ถูกตักขึ้นมาในถ้วยตักจากเหมืองดินในประเทศอังกฤษ ที่เป็นลักษณะคล้ายลูกบอล (Ball)

สมบัติทางฟิสิกส์ของดินดำ มีดังต่อไปนี้ (ชลัย ศรีสุข, 2539, หน้า 33-34)

1. ขนาดเม็ดดิน ดินดำจะมีความละเอียดมาก ซึ่งความละเอียดมากหรือน้อยแตกต่างกันขึ้นกับแหล่งที่พบ แต่โดยมากแล้ว ดินดำจะละเอียดกว่า ดินขาว

2. ความเหนียว ดินดำจะมีความเหนียวสูงกว่าดินขาว การผสมดินดำลงไปในเนื้อเซรามิกส์จะช่วยให้การขึ้นรูปที่ใช้ความเหนียว ง่ายขึ้น

3. การหดตัวเมื่อแห้ง ดินดำมีการหดตัวมากน้อยต่างกันตามแหล่งที่พบ ถ้าเป็น ดินดำแหล่งที่มีปริมาณซิลิกาสูง แทบไม่มีการหดตัวเลย แต่ถ้ามีอินทรีย์สารสูง จะมีการหดตัวประมาณร้อยละ 15

4. ความแข็งแรงเมื่อแห้ง ดินดำมีความแข็งแรงเมื่อแห้งมากกว่าดินขาว เมื่อผสม ดินดำในเนื้อเซรามิกส์ จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงเมื่อแห้งสูงขึ้น

5. สมบัติหลังเผา ขึ้นอยู่กับว่าหลังเผาแล้วดินมีสีอย่างไร เนื้อดินดีหรือไม่ ดินดำบางชนิดมีไมกาประกอบอยู่ด้วย เมื่อผสมในเนื้อเซรามิกส์แล้วเผา ไมกาจะทำหน้าที่เป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาในเนื้อเซรามิกส์ ให้เนื้อผลิตภัณฑ์แน่นและเนียนมากขึ้น

เหตุผลที่นำดินดำ มาใช้ในการทำเนื้อเซรามิกส์เนื่องจาก

1. ดินดำช่วยเพิ่มความเหนียวของเนื้อเซรามิกส์ ทำให้สามารถขึ้นรูปได้ดีขึ้น

2. ดินดำช่วยพัฒนาผลิตภัณฑ์เมื่อแห้งให้มีความแข็งแรงมากขึ้น เนื่องจากเมื่อใช้ ดินดำเป็นส่วนผสมของเนื้อเซรามิกส์แล้ว จะทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เปราะและแตกหักง่าย เคลื่อนย้ายสะดวก

3. ดินดำ สามารถช่วยทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างสารในเนื้อเซรามิกส์ขณะทำการเผาได้ดี เป็นผลให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อแน่นเป็นเนื้อเดียวกันตลอด

4. ช่วยทำให้เนื้อเซรามิกส์ที่ใช้ในการเทแบบมีการไหลตัวดีขึ้น

การนำดินดำ มาใช้ในการทำเนื้อเซรามิกส์ มีข้อจำกัดดังนี้คือ

1. ดินดำ มีความบริสุทธิ์ต่ำ มีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่มาก เช่น สารประกอบพวกอินทรีย์สาร เฟอร์ริกออกไซด์ ทิเทเนียมไดออกไซด์ (Titanium Dioxide; TiO_2) ซึ่งเมื่อเผา แล้วจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความขาวลดลง

2. ทำให้ความโปร่งแสงของผลิตภัณฑ์ลดลง

3. ดินดำแหล่งต่างกัน มีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน ทำให้เกิดข้อจำกัดในการใช้งาน

4. ดินดำ มีการหดตัวสูง ทำให้ผลิตภัณฑ์เมื่อแห้ง และหลังการเผาบิดเบี้ยวได้

ดินสโตนแวร์และดินเอิร์ทเธินแวร์

ดินสโตนแวร์ (Stoneware Clay) และดินเอิร์ทเธินแวร์ (Earthenware Clay) เป็นดินที่คล้ายดินดำ นั่นคือเป็นดินทุติยภูมิที่มีความเหนียวสูง แต่แตกต่างที่ดินสโตนแวร์ และดินเอิร์ทเธินแวร์หลังเผาไม่เป็นสีขาว (Singer, 1963, p. 28) เนื่องจากมีเฟอร์ริกออกไซด์ในส่วนผสม หากมีจุดสุกตัวที่อุณหภูมิสูงกว่า 1,200 องศาเซลเซียส เรียกว่าดินสโตนแวร์ ซึ่งได้แก่ดินที่ใช้ทำโอ่งของจังหวัดราชบุรี ส่วนดินที่มีจุดสุกตัวต่ำ ประมาณ 1,000 องศาเซลเซียส เรียกว่าและดินเอิร์ท-เธินแวร์ ได้แก่ดินที่ใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จำพวก กระถาง อิฐมอญ และอิฐแดง ทั่วทุกภาคของประเทศไทย เราอาจเรียกดินในกลุ่มที่หลังเผามีสีน้ำตาลแดงว่าดินแดง (Red Clay หรือ Surface Clay)

ดินทนไฟ

ดินทนไฟ ได้แก่ดินชนิดต่าง ๆ ดังนี้คือ (Singer, 1963, pp. 28-30)

1. ดินทนไฟที่มีความเหนียว (Plastic Fire Clay)

2. ดินทนไฟที่มีความเหนียวคล้ายดินชนิดแรก แต่ทนอุณหภูมิสูงกว่า(Semi Flint Fire Clay)

3. ดินทนไฟที่มีความทนไฟสูง (Flint Fire Clay) นิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมวัสดุทนไฟ

4. ดินทนไฟที่มีส่วนผสมของอลูมิเนียมออกไซด์ จึงมีความทนไฟสูงที่สุด (Nodular Flint Fire Clay)

นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งดินทนไฟตามสมบัติในการทนความร้อนไว้ 4 ระดับดังนี้คือ

1. ทนไฟสูงสุด ต้องทนอุณหภูมิสูงกว่าโคน 33 ได้ (1,730 องศาเซลเซียส)

2. ทนไฟสูง ต้องทนอุณหภูมิ โคน 31 - 33 ได้ (1,690 - 1,730 องศาเซลเซียส)

3. ทนไฟปานกลาง ต้องทนอุณหภูมิ โคน 27 – 30 ได้ (1,610 - 1,670 องศาเซลเซียส)

4. ทนไฟต่ำ ต้องทนอุณหภูมิ โคน 20 - 26 ได้ (1,530 - 1,580 องศาเซลเซียส)

ดินทนไฟนี้นิยมนำมาใช้ในการทำวัสดุทนไฟ เช่น อิฐทนไฟ (Fire Brick) วัสดุก่ออิฐ และฉาบเตา (Furnace Lining) นอกจากนี้อาจใช้เป็นส่วนผสมของสุขภัณฑ์ และกระเบื้องได้ด้วย

ดินอลูมินาสูง

ดินอลูมินาสูง (High Alumina Clay) ได้แก่ ดินที่มีอลูมิเนียมออกไซด์อยู่ในส่วนผสมมาก ได้แก่ (Singer, 1963, p. 30)

1. ดินไดอะสปอร์ (Diaspore Clay) มี อลูมิเนียมออกไซด์ มากกว่าร้อยละ 60

2. ดินบอกซิติก (Bauxitic Clay) มี อลูมิเนียมออกไซด์ ต่ำกว่าร้อยละ 50

3. ดินอาร์กิลลาเซียส บอกไซต์ (Argillaceous Bauxite Clay) มีอลูมิเนียมออกไซด์มากกว่าร้อยละ 50

ดินเบนโทไนต์

ดินเบนโทไนต์ (Bentonite) เป็นดินที่ได้จากขี้เถ้าภูเขาไฟ (Volcanic Ash) มีความเหนียวสูงเมื่อได้รับน้ำ และจะแห้งตัวได้ช้า นอกจากนี้ดินเบนโทไนต์ จะมีมลทินสูง จึงไม่นิยมใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อเซรามิกส์สีขาว (White Ware Bodies) แต่จะเป็นตัวให้เกิดความเหนียว โดยการใช้ดินเบนโทไนต์ ร้อยละ 1 จะมีความเหนียวสูงกว่าการใช้ดินดำ ร้อยละ 10 (Singer, 1963, p. 30) ซึ่งการใช้ในเนื้อเซรามิกส์ชนิดสโตนแวร์ อาจใช้ได้ถึงร้อยละ 2 – 3 หากเป็นเนื้อเซรามิกส์สำหรับขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน ใช้ดินเบนโทไนต์ ได้ถึงร้อยละ 6 (Hamer, 1986, pp. 23–24) สูตรทางเคมีของดินเบนโทไนต์ คือ $Al_2O_3 . 4SiO_2 . H_2O$ แต่โครงสร้าง และสูตรเคมีของดินเบนโทไนต์ จะไม่แน่นอน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสลับที่ของโครงสร้างทางเคมี ระหว่างอลูมิเนียมออกไซด์ และซิลิกอนไดออกไซด์

สมบัติทางฟิสิกส์ของดิน (กายภาพ)

ดินมีหลายประเภทดังที่กล่าวข้างต้น โดยดินทุกประเภทมีสูตรโครงสร้างทางเคมีหลักคือ $Al_2O_3 . 2SiO_2 . 2H_2O$ แต่มีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน แม้ว่าจะเป็นดินชนิดเดียวกัน โดยปกติดินดำจะมีปริมาณเฟอร์ริกออกไซด์ ทิเทเนียมไดออกไซด์ และปริมาณมลทินที่หายไปหลังเผา (LOI.) สูงกว่าดินขาวเล็กน้อย ส่วนดินแดงจะมีปริมาณของเฟอร์ริกออกไซด์สูงกว่าดินทุกประเภท ซึ่งดินมีสมบัติทางฟิสิกส์ดังนี้คือ

1. ขนาดของเม็ดดิน (Particle Size) ดินขาว จะมีขนาดอนุภาคตั้งแต่ 0.5-10 ไมโครเมตร ส่วนดินดำ มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า โดยขนาดของเม็ดดินมีความสำคัญต่อความเหนียวและการหดตัว

เมื่อแห้ง โดยดินที่มีขนาดอนุภาคเล็ก จะมีความเหนียวมาก และหดตัวเมื่อแห้งสูงกว่า เพราะเมื่อน้ำระเหยออกจากโครงสร้าง อนุภาคที่เล็ก สามารถจัดเรียงตัวได้ใกล้ และแน่นกว่า อนุภาคใหญ่

2. สีของดินก่อนเผา สีของดินที่ยังไม่ได้เผามักเกิดจากเฟอร์ริกออกไซด์ และ สารประกอบคาร์บอน (Carbonaceous Matter) ในดิน นอกจากนี้บางครั้งอาจมีแมงกานีสออกไซด์ หรือ ทิเทเนียมไดออกไซด์ ปนด้วย ดินที่ไม่มีองค์ประกอบ หรือมลทินเหล่านี้จะมีสีขาวเสมอ โดยดินที่มีสีดำ หรือสีเทา ก่อนเผา ได้แก่ดินดำ ส่วนดินแดง ก่อนเผาจะมีสีน้ำตาล สีเทา หรือสีดำ ส่วนดินขาว อาจเป็นสีขาว หรือสีครีม ซึ่งอาจเนื่องมาจากทั้งทิเทเนียมไดออกไซด์ หรือความชื้นก็ได้

3. สีของดินหลังเผา ส่วนมากเป็นผลมาจากเฟอร์ริกออกไซด์ และทิเทเนียมไดออกไซด์ เนื่องจากหลังการเผา สารประกอบคาร์บอนจะแตกตัวเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide; CO_2) จึงไม่มีอิทธิพลต่อสีของดินหลังเผา ส่วนเฟอร์ริกออกไซด์ จะให้สีแตกต่างกันเมื่อเผาอุณหภูมิต่างกัน เช่น ให้สีส้ม–แดง ที่อุณหภูมิ ประมาณ 700–1,000 องศาเซลเซียส แต่ถ้าที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส จะให้สีน้ำตาลแดง หรือสีน้ำตาลดำ พบได้ในดินแดง โดยที่เฟอร์ริกออกไซด์เหล่านี้อาจกำจัดออกได้บ้าง ดินที่นิยมกำจัดเฟอร์ริกออกไซด์ออกคือดินขาว นอกจากเฟอร์ริกออกไซด์แล้ว ในดินทุกประเภทจะมีองค์ประกอบของทิเทเนียมไดออกไซด์ มีผลทำให้เกิดสีฟางหลังการเผา ไม่สามารถกำจัดออกได้ การพิจารณาคุณภาพของดินขาว ปริมาณทิเทเนียมไดออกไซด์ในองค์ประกอบทางเคมี เป็นองค์ประกอบหนึ่งในการพิจารณาด้วยเช่นกัน

4. การหดตัวหลังเผา (Firing Shrinkage) ดินจะมีการหดตัวหลังเผาแตกต่างกัน แล้วแต่มลทิน (Impurities) ที่ปะปนมาในดิน ดินขาว จะหดตัวประมาณ ร้อยละ 10-13 ที่อุณหภูมิ 1,280 องศาเซลเซียส ซึ่งน้อยกว่า ดินดำ เนื่องจากดินดำมีอนุภาคเล็กกว่า มีมลทินมากกว่านั่นเอง แต่กรณีดังกล่าวไม่ใช่เสมอไป เพราะดินบางแหล่งมีปริมาณของทรายมาก การหดตัวจะต่ำกว่า

2. วัตถุดิบกลุ่มที่ไม่มีความเหนียว

เนื้อเซรามิกส์นอกจากจะเตรียมจากดินแล้ว จำเป็นต้องใช้หิน และแร่บางประเภทผสมลงในอัตราส่วนผสม เพื่อให้เนื้อเซรามิกส์ที่ได้ มีสมบัติตามความต้องการ ซึ่งหินและแร่จากธรรมชาติที่นำมาใช้นี้ ได้แก่ หินฟันม้า หินเขี้ยวหนุมาน หินปูน หินสบู่ และหินโดโลไมต์ เป็นต้น หินแต่ละชนิดมีสมบัติแตกต่างกันไป บางชนิดช่วยลดอุณหภูมิการเผาทำให้เนื้อเซรามิกส์สุกตัว และหลอมตัวดีขึ้นที่อุณหภูมิต่ำกว่าเดิม บางชนิดช่วยให้เนื้อเซรามิกส์แข็งแกร่งทนทาน ทนอุณหภูมิสูงขึ้น บางชนิดช่วยให้มีสมบัติทางไฟฟ้า ซึ่งรายละเอียดของหินที่นำมาใช้ผสมในเนื้อเซรามิกส์ มีดังต่อไปนี้

หินฟันม้า

หินฟันม้า หรือแร่เฟลด์สปาร์ (Feldspar) เป็นแร่ที่สำคัญมากในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ โดยสมบัติสำคัญที่หินฟันม้า มีผลต่อเนื้อเซรามิกส์ คือ

1. เป็นตัวช่วยเสริมให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นเนื้อแก้วขึ้นระหว่างเผาผลิตภัณฑ์

2. ช่วยลดจุดสุกตัวให้กับผลิตภัณฑ์ ทำให้เราสามารถเผาเนื้อเซรามิกส์และน้ำเคลือบ ที่อุณหภูมิต่ำลงได้

3. ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความโปร่งแสงได้ดีขึ้น

หินฟันม้า เป็นกลุ่มแร่ที่มีส่วนประกอบเป็นอลูมิโน ซิลิเกต ของ โปแตสเซียม (Potassium) โซเดียม (Sodium) และแคลเซียม (Calcium) ที่มีปะปนอยู่ในปริมาณที่ต่างกัน ซึ่งสามารถจำแนกออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ (ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาภาคเหนือ, 1995, หน้า 16 – 19; กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 1996, หน้า 7)

1. อัลคาไลน์ เฟลด์สปาร์ (Alkaline Feldspar) มีส่วนประกอบแปรผันระหว่าง โปแตสเซียม อลูมิเนียม ซิลิเกต (Potassium Aluminium Silicate ; K_2O . Al_2O_3 . $6SiO_2$) และ โซเดียม อลูมิเนียม ซิลิเกต (Sodium Aluminium Silicate ; Na_2O . Al_2O_3 . $6SiO_2$)

2. แพลกจิโอคลาส เฟลด์สปาร์ (Plagioclass Feldspar) มีส่วนประกอบระหว่าง แคลเซียม อลูมิเนียม ซิลิเกต (Calcium Aluminium Silicate ; $CaO.Al_2O_3.2SiO_2$) และโซเดียม อลูมิเนียม ซิลิเกต

ในทางเซรามิกส์ จะมีชื่อเรียกหินฟันม้า ต่างกันตามปริมาณของส่วนประกอบ ซึ่งได้แก่

1. หินฟันม้าชนิดโปแตส (Potash Feldspar) มี 2 ชนิด คือ ออโธแคลส (Orthoclase) และไมโครไคลน์ (Microcline) โดยแร่ทั้งสองมีสูตรทางเคมีเหมือนกันคือ K_2O . Al_2O_3 . $6SiO_2$ หรือ $KAlSiO_8$ แต่มีโครงสร้างทางผลึกแตกต่างกัน มีจุดหลอมประมาณ 1,200 - 1,250 องศาเซลเซียส

2. หินฟันม้าชนิดโซดา (Soda Feldspar) หรืออัลไบต์ (Albite) มีสูตรทางเคมีคือ Na_2O . Al_2O_3 . $6SiO_2$ หรือ $NaAlSiO_8$ มีจุดหลอมต่ำกว่า และมีความหนืดต่ำกว่า หินฟันม้าชนิดโปแตส คือมีจุดหลอมตั้งแต่ 1,100 องศาเซลเซียส โดยมากจะใช้ผสมในน้ำเคลือบ และในเนื้อเซรามิกส์ที่ต้องการความโปร่งแสง

3. หินฟันม้าชนิดไลม์ (Lime Feldspar) หรือหินฟันม้าชนิดแคลเซียม (Calcium Feldspar) หรือ อะนอร์ไทต์ (Anorthite) มีสูตรทางเคมีคือ CaO . Al_2O_3 . $2SiO_2$ หรือ $CaAl_2Si_2O_8$ จะมีโครงสร้างคล้ายกับหินฟันม้าชนิดโปแตส และหินฟันม้าชนิดโซดา แต่ไม่ค่อยพบมากนัก ส่วนมากจะเกิดบริเวณที่หินแปรสัมผัสกับหินปูน หรืออาจจะเป็นเกิดจากปฏิกิริยาในโครงสร้างทางเคมีที่เกิดจากการเผาเนื้อผลิตภัณฑ์

4. หินฟันม้าชนิดแบเรียม (Barium Feldspar) หรือเซลเซียน (Celsian) มีสูตรทางเคมีคือ $BaO . Al_2O_3 . 2SiO_2$ แร่ที่มีสมบัติคล้ายหินฟันม้า แต่มีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน โดยถูกจัดไว้เป็นแร่ในกลุ่มหินฟันม้า มีดังนี้

เนฟฟีไลน์ ไซไนต์ (Nepheline Syenite) เป็นแร่ที่คล้ายหินแกรนิต แต่ไม่มี ควอร์ตซอิสระ (Free Quartz) ในส่วนประกอบ แต่จะมีแร่เนฟฟีไลน์ (Nepheline ; $K2O . 3Na_2O . 4Al_2O_3 . 9SiO_2$) ไมโครไคลน์ และอัลไบต์ ในส่วนประกอบ สูตรทางเคมีคือ $K_2O . 3Na_2O . 4Al_2O_3 . 8SiO_2$ หรือมีองค์ประกอบทางเคมีดังนี้คือ โปแตสเซียมออกไซด์ (Potassium Oxide; K_2O) ร้อยละ 7.67 โซเดียมออกไซด์ (Sodium Oxide; Na_2O) ร้อยละ 15.14 อลูมิเนียมออกไซด์ ร้อยละ 33.19 และซิลิกอนไดออกไซด์ ร้อยละ 44.0 ประโยชน์ของเนฟฟีไลน์ ไซไนต์ คือใช้แทนบางส่วนของหินฟันม้า จะทำให้อุณหภูมิการหลอมลดลง โดยมากใช้ผสมในเนื้อเซรามิกส์สำหรับทำเครื่องสุขภัณฑ์ กระเบื้องปูพื้น กระเบื้องบุผนัง พอร์สเลนใช้งานทางไฟฟ้า เนื้อเซรามิกส์กึ่งวิเทรียสไชนา และเนื้อเซรามิกส์วิเทรียสไชนา

หินเขี้ยวหนุมาน

หินเขี้ยวหนุมาน หรือ แร่ควอร์ตซ (Quartz) เป็นสารประกอบของซิลิกา ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ มีความแข็งแกร่ง และความถ่วงจำเพาะสูง คือมีค่าความแข็ง 7 และมีความถ่วงจำเพาะ 2.65 มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายใต้อุณหภูมิต่าง ๆ อยู่ 3 แบบ คือ ควอร์ตซ ไทรดีไมต์ (Tridymite) และคริสโตบาไลต์ (Cristobalite) แต่ละชนิดจะมีโครงสร้างที่จะคงที่อยู่ภายในช่วงอุณหภูมิ และความดันช่วงหนึ่งเท่านั้น และนอกจากนี้แต่ละชนิดยังมี 2 รูปคือ แบบอุณหภูมิสูง หรือเบต้า (Beta) และแบบอุณหภูมิต่ำ หรืออัลฟา (Alpha) การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างนี้มี 2 ลักษณะคือ ชนิดที่เกิดอย่างรวดเร็ว และเกิดการเปลี่ยนแปลงช้า ๆ ซึ่งได้แก่

1. การเปลี่ยนแปลงที่เกิดอย่างช้า ๆ ใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยานาน

Quartz <-------> Tridymite <--------> Cristobalite

570^{O} C $1,470\ ^{O}$C

2. การเปลี่ยนแปลงที่เกิดอย่างรวดเร็ว

Alpha Quartz <-------> Beta Quartz

$573\ ^{O}$C

Alpha Cristobalite <--------> Beta Cristobalite

220-260 ^{O}C

Alpha Tridymite <--------> Beta Tridymite <--------> Gamma Tridymite

117 ^{O}C 163 ^{O}C

ในการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างนี้ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางปริมาตรด้วย กล่าวคือ เนื้อผลิตภัณฑ์ที่มีซิลิกามาก จะมีการขยายตัวอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิที่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง และจะหดตัวอย่างรวดเร็ว ในขณะที่ปล่อยให้เย็นตัวลงผ่านช่วงอุณหภูมิดังกล่าว จึงจำเป็นต้องระมัดระวังการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ในขณะที่ทำการเผา

นอกจากหินเขี้ยวหนุมานแล้ว ซิลิกา ซึ่งเป็นออกไซด์ที่มีมากที่สุดในธรรมชาติ และสามารถจับตัวกับออกไซด์อื่น ๆ โดยมากจะเกิดในหินแกรนิต ในรูปของหินควอร์ตซ หรืออาจเกิดจากการผุพังจนกระทั่งทรายไปสะสมตัวเป็นหินทราย (Sand Stone) หรืออยู่ในรูปทราย หรือฟลินต์ (Flint หรือ Chert) ซึ่งหินเขี้ยวหนุมาน ที่นำมาใช้ในงานเซรามิกส์ จะมีซิลิกาในองค์ประกอบทางเคมีเกือบทั้งหมด (ร้อยละ100) มีสิ่งเจือปน เช่น เฟอร์ริกออกไซด์ และอลูมินา อยู่น้อยมาก การนำมาใช้งาน จะใช้ผสมในเนื้อเซรามิกส์ หรือในน้ำเคลือบ โดยกรณีที่การนำหินเขี้ยวหนุมาน มาผสมกับวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ เพื่อทำเนื้อเซรามิกส์เรามักจะพบกับปัญหาคือ การแตกของผลิตภัณฑ์และความทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน (Thermal Shock) ของผลิตภัณฑ์ปรุงอาหารจะลดลง สาเหตุเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของซิลิกาดังที่กล่าวข้างต้น แต่อย่างไรก็ตาม การทดแทนด้วยวัตถุดิบอื่นยังไม่สามารถที่จะทำได้ เนื่องจากหินเขี้ยวหนุมานมีราคาถูก ปัจจุบันโรงงานส่วนใหญ่นิยมใช้ทรายแก้วแทนหินเขี้ยวหนุมาน เพราะทรายแก้วในประเทศมีคุณภาพดีและสม่ำเสมอ หาง่าย สะดวกในการนำมาใช้งาน รวมทั้งมีแหล่งสำรองปริมาณมาก

บทบาทหน้าที่ของซิลิกาในเนื้อเซรามิกส์ จะเป็นตัวเสริมความแข็งแรงและคงรูปร่าง (Filler) ในผลิตภัณฑ์ไฟต่ำ เช่น เอิร์ทเธินแวร์ ส่วนในผลิตภัณฑ์ไฟสูง ซิลิกาจะทำหน้าที่เป็นตัวสร้างเนื้อแก้ว ในขณะที่เผาอุณหภูมิสูง และช่วยเพิ่มความแข็งแกร่งให้แก่ผลิตภัณฑ์

หินปูน

หินปูน (Limestone) หรือแร่แคลไซต์ (Calcite) มีองค์ประกอบทางเคมีคือ แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate; $CaCO_3$) นอกจากหินปูนแล้ว ยังมีหินและแร่ที่มีองค์ประกอบทางเคมีเป็นแคลเซียม คาร์บอเนต ได้แก่ หินอ่อน (Marble) ดินมาร์ล (Marls) ชอล์ค (Chalk) ซึ่งใน

ประเทศอังกฤษจะรู้จักชอล์ค ในชื่อว่าไวติง (Whiting) และ ในประเทศสหรัฐอเมริกาจะรู้จักหินปูนในชื่อไวติง เช่นเดียวกัน (Singer, 1963, p. 116) ส่วนประกอบของหินปูนโดยทั่วไปประกอบด้วย แคลเซียมออกไซด์ ร้อยละ 56.03 คาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 43.97 และ เฟอร์ริกออกไซด์ น้อยกว่าร้อยละ 3 ส่วนสมบัติอื่น ๆ ได้แก่ มีความแข็ง 3 ความถ่วงจำเพาะ 2.7 จุดหลอม 2,850 องศาเซลเซียส แต่จะสลายตัวให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ 900 องศาเซลเซียส

แหล่งที่พบหินปูนในประเทศไทย คือ จังหวัดราชบุรี สระบุรี และกาญจนบุรีเป็นต้น (ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาภาคเหนือ, 1995, หน้า 24) การนำหินปูนมาใช้งานทางเซรามิกส์ นิยมใช้ในเคลือบไฟสูง จะช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้ผิวเคลือบ มีสมบัติเป็นด่างชนิดอัลคาไลน์เอิร์ท (Alkaline Earth) นั่นคือมีสมบัติ เป็นตัวทนไฟที่อุณหภูมิต่ำ แต่จะเป็นตัวลดอุณหภูมิ คือช่วยหลอมละลายที่อุณหภูมิสูง ในเนื้อเซรามิกส์ หากต้องการองค์ประกอบทางเคมีของแคลเซียมออกไซด์ จะนิยมใช้หินปูน เพราะเป็นวัตถุดิบที่มีปริมาณมาก หาง่าย และราคาถูก

หินโดโลไมต์

หินโดโลไมต์ (Dolomite) หรือโดโลไมต์ ไลม์สโตน (Dolomite Limestone) หรือ แมกนีเซียม ไลม์สโตน (Magnesium Limestone) มีสูตรทางเคมีคือ $CaCO_3$. $MgCO_3$ หรือ $CaMg(CO_3)_2$ เป็นหินที่เกิดจากตะกอนของแคลเซียม และแมกนีเซียม ทับถมกัน มีสีต่าง ๆ หลายสี เช่น เทา ชมพู ขาว ผิวมันใสเหมือนแก้ว มีลักษณะคล้ายแร่แคลไซต์ แต่ละลายในกรดเกลือได้น้อยกว่า ส่วนประกอบทางเคมีของหินโดโลไมต์ จะประกอบด้วย แคลเซียมคาร์บอเนต ร้อยละ 54.35 แมกนีเซียมคาร์บอเนต ($MgCO_3$) ร้อยละ 45.65 หรือ แมกนีเซียมออกไซด์ ร้อยละ 21.7 แคลเซียมออกไซด์ ร้อยละ 30.4 และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 47.9 นั่นคือส่วนมากจะประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนต มากกว่า แมกนีเซียมคาร์บอเนต นอกจากนี้จะมีเฟอร์รัสคาร์บอเนต (Ferrous Carbonate; $FeCO_3$) เมื่อนำหินโดโลไมต์มาใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อเซรามิกส์ โครงสร้างทางเคมีของหินโดโลไมต์จะเริ่มเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 350 องศาเซลเซียส นั่นคือสูญเสียคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากโครงสร้าง และจะสิ้นสุดปฏิกิริยาที่ประมาณ 800 องศาเซลเซียส ตามสมการ

$$CaMg(CO_3)_2 + FeCO_3 \xrightarrow{800\ ^{O}C} CaO + MgO + FeO + 3CO_2$$

สมบัติทางฟิสิกส์ของหินโดโลไมต์ คือมีความแข็ง 3.5 - 4 ความถ่วงจำเพาะ 2.85 ในประเทศไทยพบหินโดโลไมต์ที่ อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี หากนำหินโดโลไมต์ ไปเผา (Calcinations) ที่ 1,700 องศาเซลเซียส ในเตาหมุน และผสมแคลเซียมคาร์บอเนต และแมกนีเซียมคาร์บอเนต หรือแมกนีเซีย (Magnesia) จะได้เป็นโดโลไมต์ (Dolomite) มีลักษณะเนื้อแน่นมากกว่า

เพราะถูกเผาไล่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกไป (Singer, 1963, pp. 116-117) การนำหินโดโลไมต์มาใช้ในงานเซรามิกส์ ส่วนมากใช้ในน้ำเคลือบ สำหรับเนื้อเซรามิกส์ นอกจากจะใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อให้แคลเซียมออกไซด์ และแมกนีเซียมออกไซด์แล้ว ยังมีเนื้อเซรามิกส์ชนิดหนึ่งที่มีส่วนผสมของหินโดโลไมต์มากกว่าร้อยละ 20 คือเนื้อเซรามิกส์ชนิดโดโลไมต์นั่นเอง

หินสบู่

หินสบู่ หรือทัลค์ (Talc) หรือทัลคัม (Talcum) โดยคำว่าทัลค์ เป็นคำที่เข้าใจว่ามาจากภาษาอาหรับว่า ทอล์ค (Talk) อาจเรียกในชื่ออื่น เช่น เฟรนช ชอล์ค (French Chalk) หรือโซป สโตน (Soap Stone) หรือสเตียไตต์ (Steatite) (ลักษณะพิเศษคือเนื้อแน่น) ซึ่งเป็นสารประกอบของแมกนีเซียม ซิลิเกต (Magnesium Silicate) เกิดตามธรรมชาติจะมีสีขาว จนถึงสีเขียวอ่อน สีของวัตถุดิบแม้จะแตกต่างกัน แต่เมื่อนำมาเผาที่ 1,350 องศาเซลเซียส บรรยากาศแบบเผาไหม้สมบูรณ์ (Oxidation) แล้วจะมีสีขาว หินสบู่มีสูตรเคมีคือ $3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$ หรือ $(OH)2Mg_3(Si_2O_5)_2$ โดยประกอบด้วย แมกนีเซียมออกไซด์ ร้อยละ 31.8 ซิลิกอนไดออกไซด์ ร้อยละ 63.5 และน้ำ ร้อยละ 4.7 ส่วนสเตียไตต์มีสูตรเคมีคือ $4MgO \cdot 5SiO_2 \cdot H_2O$ โดยประกอบด้วยแมกนีเซียมออกไซด์ ร้อยละ 33.5 ซิลิกอนไดออกไซด์ ร้อยละ 62.7 และน้ำ ร้อยละ 3.8 ทั้งสองชนิดมีความแข็ง 1 ความถ่วงจำเพาะ 2.6 - 2.8 จุดหลอม 1,490 องศาเซลเซียส

ตามมาตรฐาน หากต้องการนำหินสบู่มาใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อเซรามิกส์สเตียไตต์สำหรับทำผลิตภัณฑ์ทางไฟฟ้านั้น หินสบู่ต้องมีองค์ประกอบทางเคมีดังนี้

SiO_2	ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60
MgO	ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 30
Al_2O_3	ไม่เกินร้อยละ 2.5
CaO	ไม่เกินร้อยละ 1.0
Fe_2O_3	ไม่เกินร้อยละ 1.5
Na_2O+K_2O	ไม่เกินร้อยละ 0.4
LOI	ไม่เกินร้อยละ 6.0

ตามปกติ หินสบู่จะมีมลทินที่สูญเสียไปหลังการเผาประมาณร้อยละ 5.5 ซึ่งเกิดจากการสูญเสียน้ำ ร้อยละ 0.4 ที่อุณหภูมิ 120 – 200 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 350 – 500 องศาเซลเซียส รวมทั้งสูญเสียส่วนประกอบอื่นในโครงสร้างที่อุณหภูมิ 600 - 1,050 องศาเซลเซียส อีกประมาณร้อยละ 5.1 และเนื่องจากหินสบู่ มีสมบัติช่วยให้เนื้อเซรามิกส์ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดย

กะทันหัน ป้องกันการรานตัวเนื่องจากการขยายตัวเมื่อได้รับความชื้น (Moisture Expansion) ดังนั้นจึงนิยมใช้เป็นวัตถุดิบในการทำผลิตภัณฑ์สำหรับปรุงอาหาร อุปกรณ์ใช้ในเตาเผาและกระเบื้อง ซึ่งมีปริมาณการใช้ เช่น (Singer, 1963, pp. 92-93)

1. หินสบู่ ร้อยละ 70 - 90 ในเนื้อเซรามิกส์สเตียไตต์ เพื่อทำฉนวนไฟฟ้า เผาที่อุณหภูมิ โคน 12 - 14 (1,350 - 1,410 องศาเซลเซียส)

2. ใช้หินสบู่ มากกว่า ร้อยละ 50 ในเนื้อเซรามิกส์สำหรับทำกระเบื้อง เพื่อป้องกันการราน

3. ใช้หินสบู่ มากกว่า ร้อยละ 10 ในผลิตภัณฑ์เครื่องโต๊ะอาหาร (Dinnerware) ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ทนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉียบพลัน และป้องกันการราน

4. การใช้หินสบู่ เพื่อให้เกิดคอร์เดียไรต์ (Cordierite ; $2MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2$) ในเนื้อเซรามิกส์ จะช่วยให้เนื้อเซรามิกส์เกิดการขยายตัวอันเนื่องมาจากความร้อนน้อย และทนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกระทันหันได้ดี

หินวอลลาสโตไนต์

หินวอลลาสโตไนต์ (Wollastonite) เป็นสารประกอบของแคลเซียมซิลิเกต เริ่มนำมาใช้ในทางเซรามิกส์เมื่อปี ค.ศ. 1952 (พ.ศ. 2495) เนื่องจากขุดพบแหล่งใหญ่และมีความบริสุทธิ์สูง ที่วิลส์โบโร (Willsboro) และนิวยอร์ค (New York) โดยหินวอลลาสโตไนต์ ทำหน้าที่คล้ายหินสบู่ จึงใช้ร่วมกับหินสบู่ในการทำกระเบื้อง เป็นตัวให้แคลเซียมเช่นเดียวกับหินปูน ข้อดีของหินวอลลาสโตไนต์ คือ ไม่มีการสลายตัวให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ไฟต่ำ และต้องการเผาเพียงครั้งเดียว (Single Firing) นอกจากนั้น เพราะโครงสร้างที่คล้ายเส้นใยของหินวอลลาสโตไนต์ ทำให้การหดตัวมีน้อยกว่าวัตถุดิบอื่น และยังเพิ่มความแข็งแรงขึ้นอีกร้อยละ 50 แต่ไม่นิยมใช้เนื่องจากมีราคาแพงกว่าการเลือกใช้หินปูน และหินเขี้ยวหนุมาน

หินวอลลาสโตไนต์ มีสูตรทางเคมี คือ $CaSiO_3$ หรือ $CaO.SiO_2$ โดยประกอบด้วย แคลเซียมออกไซด์ ร้อยละ 48.3 ซิลิกอนไดออกไซด์ ร้อยละ 51.7 มีความถ่วงจำเพาะ 2.9 ความแข็ง 4.5 - 5.0 จุดหลอม 1,540 องศาเซลเซียส (ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาภาคเหนือ, 1995, หน้า 23)

หินไพโรฟิลไลต์

หินไพโรฟิลไลต์ (Pyrophyllite) มีสมบัติทางฟิสิกส์คล้ายกับหินสบู่ โดยปกติมีความนุ่ม แต่เนื่องจากมีหินเขี้ยวหนุมานเป็นแร่ที่เจือปนอยู่ จึงทำให้แข็ง หินไพโรฟิลไลต์ มีสูตรเคมีคือ $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$ ซึ่งประกอบด้วย อลูมิเนียมออกไซด์ ร้อยละ 28.35 ซิลิกอนไดออกไซด์ ร้อยละ 66.7

และน้ำ ร้อยละ 5.0 มีช่วงการหลอม (Vitrification Rang) ระหว่างโคน 8 – 15 (1,250 – 1,400 องศาเซลเซียส) มีจุดหลอมที่ 1,700 องศาเซลเซียส และความแข็ง 1 - 2 (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 1996, หน้า 9) การนำมาใช้งานคือ

1. ใช้แทนส่วนที่เป็นดิน หินเขี้ยวหนุมาน และหินฟันม้า จะทำให้การขยายตัวเมื่อถูกความร้อนลดน้อยลง

2. เพิ่มช่วงการเผา (Firing Range) และเพิ่มความแข็งแรงหลังเผา

3. ใช้เช่นเดียวกับหินสบู่ โดยผสมลงในเนื้อเซรามิกส์เพื่อทำกระเบื้องห้องน้ำ และผลิตภัณฑ์เครื่องโต๊ะอาหาร โดยใส่ไม่เกิน ร้อยละ 40 ของดิน เพราะหากใส่มากจะทำให้ความเหนียวของเนื้อเซรามิกส์ลดลง นอกจากนี้ใช้ผสมทำอิฐทนไฟ

การพัฒนาคุณภาพวัตถุดิบให้ดีขึ้น มีความคงที่สม่ำเสมอ และมีความหลากหลายจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง การเลือกใช้แต่วัตถุดิบคุณภาพดี แล้วคัดส่วนคุณภาพต่ำทิ้งไม่ใช่หนทางที่ถูกต้อง ผู้ใช้ควรคิดหาวิธีที่จะใช้ให้ได้ทั้งหมด โดยอาจใช้วิธีการผสม (Blending) เพื่อให้ได้ วัตถุดิบชนิดใหม่ที่มีคุณภาพดีและมีคุณสมบัติที่หลากหลายขึ้น หรือพัฒนาปรับปรุงเนื้อดินแหล่งใหม่วิธีการนี้นอกจากจะช่วยในการควบคุมคุณภาพให้คงที่แล้วยังช่วยเพิ่มปริมาณวัตถุดิบที่จะใช้ให้มีปริมาณมากขึ้นด้วย หรือวิธีหนึ่ง คือการพัฒนาผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ ๆ ให้เหมาะสมกับวัตถุดิบที่มีอยู่ นอกจากนี้การค้นคว้าวิจัยโดยนำของเสียจากกระบวนการผลิตมาใช้อีกครั้ง (Recycle) และการค้นคว้าหาวัตถุดิบประเภทอื่นมาทดแทน ก็เป็นอีกเรื่องหนึ่งที่ควรให้ความสนใจ

ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาพัฒนาดินและวัตถุดิบที่มีอยู่ในจังหวัดบุรีรัมย์ ให้สามารถทำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา เพื่อนำวัตถุดิบที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด คือ นำเนื้อดินมาขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เป็นของประดับตกแต่ง โดยยังคงลักษณะเด่นของเนื้อดินท้องถิ่นไว้ เพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าของดินท้องถิ่น

3. การปรับปรุงคุณภาพเนื้อดินในงานเครื่องปั้นดินเผา

เนื้อดินปั้น (Clay bodies) หมายถึง ดินที่มีเตรียมขึ้นตามธรรมชาติ หรือดินที่นำไปผสมกับวัตถุดิบชนิดอื่นเพื่อให้เนื้อดินมีคุณสมบัติตามต้องการ เช่น เพิ่มหรือลดความเหนียวให้แก่เนื้อดินปั้น เพิ่มหรือลดความหนาแน่นในอุณหภูมิที่ต้องการเผา เพิ่มความโปร่งแสงและปรับเปลี่ยนสีของเนื้อดินปั้น เป็นต้น

การเตรียมเนื้อดินปั้นเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการทำผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผา ซึ่งจะต้องวางหลักการอันแน่นอนว่าจะทำผลิตภัณฑ์ประเภทใด ชนิดใด และจะปรับปรุงคุณสมบัติอย่างไรจึงจะเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่จะทำ ดังนั้น ผู้ที่จะเตรียมเนื้อดินปั้นจึงจำเป็น

จะต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติทางเคมีของดินและสมบัติทางกายภาพของวัตถุดิบที่จะใช้ผสมทำเนื้อดินปั้นตลอดจนวัตถุประสงค์และหลักการของการเตรียมเนื้อดินปั้น

วัตถุประสงค์ของการเตรียมเนื้อดินปั้น โดยทั่วไปมีวัตถุประสงค์ดังนี้ คือ

1. เพื่อเปลี่ยนแปลงสี หรือพื้นผิวภายหลังการเผา
2. เพื่อเปลี่ยนแปลงความเหนียวของเนื้อดินปั้นให้มีความเหนียวเพิ่มมากขึ้นหรือลดลง
3. เพื่อลดการหดตัวของเนื้อดินปั้น หรือไม่ให้เนื้อดินมีการบิดงอ หรือแตกร้าว
4. เพื่อเปลี่ยนแปลงระดับอุณหภูมิในการเผาของเนื้อดินปั้น ให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นหรือต่ำลง หรือเพื่อเพิ่มความหนาแน่นของเนื้อดินในระดับอุณหภูมิที่ต้องการเผา
5. เพื่อเปลี่ยนแปลงเนื้อดินให้เหมาะสมกับวิธีการขึ้นรูปแบบหล่อน้ำดินและน้ำเคลือบที่ใช้เคลือบผลิตภัณฑ์

การเตรียมเนื้อดินปั้นโดยทั่วไปเริ่มต้นด้วยการตั้งข้อกำหนดที่เกี่ยวกับเนื้อดินปั้นที่ต้องการจะทำเช่น

1. ต้องการนำเนื้อดินปั้นไปทำผลิตภัณฑ์ประเภทใด
2. ผลิตภัณฑ์ที่จะทำ เผาที่อุณหภูมิเท่าไร
3. ผลิตภัณฑ์จะมีความหนาแน่นหรือความสามารถในการดูดซึมน้ำได้เท่าไร
4. ต้องการให้เนื้อของผลิตภัณฑ์มีสีอะไร
5. ต้องการให้เนื้อของผลิตภัณฑ์มีความละเอียดหรือหยาบ

เมื่อทราบข้อกำหนดดังกล่าวแล้ว จึงทำการตรวจสอบคุณสมบัติของดินที่มีอยู่ว่าขาดคุณสมบัติข้อใด หรือมีข้อบกพร่องที่จะต้องปรับปรุงอะไรบ้าง แล้วจึงดำเนินการเตรียมหรือปรับปรุงเนื้อดินปั้นที่มีอยู่ให้เป็นเนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ ตามหลักการเตรียมเนื้อดินปั้น

หลักในการเตรียมเนื้อดินปั้น หรือการปรับปรุงเนื้อดินปั้นให้มีคุณสมบัติเป็นเนื้อดินปั้นที่ต้องการนั้น มีหลักการดังต่อไปนี้ คือ

1. เนื้อดินที่มีความเหนียวมากเกินไป ทำให้เป็นปัญหาต่อการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ และมีผลให้การหดตัวของเนื้อดินมากเกินไป ผลิตภัณฑ์อาจแตกเสียหายในขณะแห้งหรือเผาได้ง่าย โดยปกติเนื้อดินปั้นสโตนแวร์จะมีการหดตัวหลังการเผาอยู่ในช่วงร้อยละ 13 – 20 ซึ่งจะเหนียวพอที่จะใช้ขึ้นรูปด้วยได้ วิธีการลดความเหนียวของดินลงโดยการเติมวัตถุดิบที่ไม่มีความเหนียวลงไปในเนื้อดินปั้น ซึ่งได้แก่ ดินขาว ควอทซ์ หรือดินเชื้อ เป็นต้น

2. เนื้อดินที่มีความเหนียวน้อยเกินไป ทำให้ไม่สามารถขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้ วิธีเพิ่มความเหนียวโดยการเติมวัตถุดิบที่มีความเหนียวลงไปในเนื้อดินปั้น ได้แก่ดินเหนียว ซึ่งจะช่วยเพิ่มความเหนียวและความแข็งแกร่งให้แก่เนื้อดินปั้น ดินเหนียวบางแหล่งอาจมีความเหนียวมาก ฉะนั้นจึงควรใช้ในปริมาณน้อย การใช้ดินเหนียวผสมในเนื้อดินปั้นโดยปกติจะใช้ในอัตราส่วนไม่เกินร้อยละ 40

3. เนื้อดินอาจหลอมเป็นแก้วหรืออาจบิดงอ เสียรูปทรง มีผลให้ผลิตภัณฑ์เกิดการยุบตัวเมื่อเผา ซึ่งหมายความว่าเนื้อดินปั้นมีจุดหลอมละลายต่ำ ปรับปรุงแก้ไขโดยลดอุณหภูมิที่เผาให้ต่ำลง หรือเพิ่มวัตถุดิบที่มีความทนไฟ เช่น ดินขาว ควอตซ์ และดินทนไฟ เป็นต้นในเนื้อดินปั้น

4. เนื้อดินเมื่อเผาแล้วไม่แกร่ง เนื้อดินโปร่ง ไม่แน่น สามารถดูดซึมน้ำได้และร่วนเหมือนชอล์ก แสดงว่าเผายังไม่ถึงจุดสุกตัวของเนื้อดิน แก้ไขโดยเพิ่มอุณหภูมิในการเผาหรือเพิ่มวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติช่วยในการหลอมละลายลงในเนื้อดินปั้น ซึ่งได้แก่ หินฟันม้า ดินแดง ฟริต (Frit) หรือตัวหลอมละลายอื่น ๆ เพื่อช่วยลดจุดสุกตัวของเนื้อดินปั้นให้มีอุณหภูมิของจุดสุกตัวต่ำลง

5. เนื้อดินเมื่อเผาแล้วมีสีเข้มหรืออ่อนกว่าที่ต้องการ ถ้าเนื้อดินที่เผาแล้วมีสีเข้มเกินไปอาจใช้ดินขาวหรือดินเหนียวขาวผสมลงไปในเนื้อดินปั้น จะช่วยให้เนื้อดินปั้นมีสีอ่อนลงได้ ถ้าต้องการให้เนื้อดินมีสีเข้มขึ้นอาจใช้ดินแดงหรือดินเอิร์ทเทินแวร์หรือออกไซด์ที่ให้สี เช่น เหล็กออกไซด์ แมงกานีสออกไซด์ เป็นต้น ผสมลงในเนื้อดินปั้นจะช่วยให้เนื้อดินมีสีต่าง ๆ

เมื่อทราบข้อกำหนดที่จะต้องปรับปรุงเนื้อดินปั้นแล้ว การเตรียมเนื้อดินปั้นจะต้องศึกษาดูว่าวัตถุดิบที่จะนำมาใช้ในการปรับปรุงเนื้อดินปั้นแต่ละตัวมีคุณสมบัติอย่างไร เพื่อให้สามารถเลือกใช้วัตถุดิบได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมเพื่อให้ดินปั้นที่มีคุณสมบัติตามต้องการ

4. การหาอัตราส่วนผสมเนื้อดินที่ใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผา

เนื้อดินที่ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผามีหลายชนิด เช่น เนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ สโตนแวร์ ปอร์ซเลน และโบนไชน่า เนื้อดินแต่ประเภทจะใช้วิธีการหาอัตราส่วนผสมต่างกันตามความต้องการว่าอยากได้เนื้อดินปั้นแบบใด ซึ่งวิธีการหาค่าอัตราส่วนผสมจะมีหลากหลายวิธี เช่น การผสมโดยการปรับอัตราส่วนวัตถุดิบเข้าหากัน การผสมโดยใช้ตารางสามเหลี่ยม และการผสมโดยใช้ตารางสี่เหลี่ยม เป็นต้น

ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้เลือกใช้วิธีการผสมเนื้อดิน โดยใช้ทฤษฎีเชิงเส้น (Line Blend) มีวัตถุดิบ 2 ชนิด

การผสมโดยใช้ทฤษฎีเชิงเส้น (Line Blend) ได้ส่วนผสมที่มีวัตถุดิบ 2 ชนิด ได้แก่ วัตถุดิบ A กับวัตถุดิบ B กำหนดจุดในการทดลอง ดังตารางที่ 1

ตาราง 1 อัตราส่วนผสมจากทฤษฎีเชิงเส้น (Line Blend)

วัตถุดิบ	สูตรที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
วัตถุดิบ A	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
วัตถุดิบ B	90	80	70	60	50	40	30	20	10	-
รวม	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

เมื่อได้อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบทุกตัวแล้ว ทุกจุดจะเท่ากับ 100 หน่วย

ขั้นตอนในการเตรียมตัวอย่าง

คำนวณปริมาณวัตถุดิบตามอัตราส่วนแต่ละจุด ชั่งวัตถุดิบตามอัตราส่วน บดเนื้อดินด้วยโกร่งบดมือ บดแห้งให้วัตถุดิบเข้ากัน 15 นาที ปริมาณน้ำที่ใช้จะค่อย ๆ เพิ่มเข้าไป โดยไม่ควรเกินร้อยละ 20 นวดให้เข้ากันก่อน จดบันทึกปริมาณน้ำที่ใช้ อัดเป็นแท่งทดสอบ ถ้าต้องการทำแท่งทดสอบหลายชุด ให้เพิ่มปริมาณวัตถุดิบตามอัตราส่วน

การเผาแผ่นทดสอบ

นำแผ่นทดสอบที่แห้งสนิทแล้ว ไปเรียงไว้บนแผ่นรองเตาเผาซิลิกอนคาร์ไบด์ (SiC) ควรโรยผงอะลูมินาไว้บนแผ่นรองเตาเผาด้วย เพราะบางตัวอย่างอาจหลอมละลายติดแผ่นรองเตาเผาได้ เมื่อเรียงแผ่นทดสอบครบทุกตัวอย่างแล้ว นำไปเผาในอุณหภูมิและบรรยากาศที่ต้องการทดสอบ

เผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส 1 ชุด

เผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส 1 ชุด

เมื่อถึงอุณหภูมิสูงสุดของการเผาแช่อุณหภูมิทิ้งไว้ 15 นาทีทุกเตา

5. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

การขึ้นรูปจัดได้ว่าเป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญในขบวนการผลิตเครื่องปั้นดินเผา เพราะการแปรสภาพจากวัตถุดิบหรือเนื้อดินปั้นไปเป็นตัวผลิตภัณฑ์ การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี การกำหนดหรือเลือกวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาขึ้นอยู่กับความเหมาะสมหลายประการ เช่น ปริมาณการผลิต รูปทรงของผลิตภัณฑ์ เป้าหมายการผลิต และความเหมาะสมของเนื้อดินปั้น (สาธร ชลชาติภิญโญ. 2538 : 17 – 18) การเตรียมเนื้อดินปั้นต้องสอดคล้องกับวิธีการขึ้นรูป ลักษณะวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาจะเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลัก สอง อย่าง คือ ความเหนียวและปริมาณน้ำที่มีอยู่ในเนื้อดินปั้น

ซิงเกอร์ (Singer. 1978 : 716) ได้แบ่งวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้

1. การขึ้นรูปด้วยน้ำดินเหลว (Liquid) หรือวิธีการหล่อน้ำดิน (slip casting)
2. การขึ้นรูปด้วยดินข้นหนืด (Thick sulrry)
3. การขึ้นรูปด้วยดินเหนียว (Plastic)
4. การขึ้นรูปด้วยดินผงชื้น (Semi – dry)
5. การขึ้นรูปด้วยดินผงแห้ง (Dry)

จากวิธีการขึ้นรูปดังกล่าว สามารถจัดเตรียมเนื้อดินปั้นเพื่อให้เหมาะสมกับการขึ้นรูปได้หลายแบบด้วยกันดังนี้

1. ดินแห้ง ดินผง (Powder clay) เนื้อดินปั้นสภาพนี้มีอัตราส่วนผสมของน้ำอยู่ประมาณร้อยละ 5 – 16 (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 21) เหมาะสมกับการขึ้นรูปด้วยวิธีการอัด (Pressing) ผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยวิธีนี้ ได้แก่ กระเบื้องปูพื้น กระเบื้องประดับ เป็นต้น

2. ดินปั้นหรือดินที่มีความเหนียว (Plastic clay) เนื้อดินปั้นสภาพนี้เหมาะสมกับการขึ้นรูปแบบอิสระ (Hand forming) แบบแป้นหมุน (Throwing) แบบรีด (Extruding) แบบใบมีด (Jiggering) และการขึ้นรูปด้วยเครื่องโรลเลอร์เฮด แมชชีน (Roller Head Machine) ผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยวิธีเหล่านี้ ได้แก่ งานเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร งานศิลป์ งานประดับตกแต่ง เป็นต้น

3. น้ำดิน เนื้อดินปั้นสภาพนี้เป็นส่วนผสมที่ได้จากเตรียมดินกับน้ำในสัดส่วนที่เหมาะสม โดยมีสารเคมีบางชนิดเป็นตัวช่วยให้น้ำดินกระจายตัวหรือลอยตัวได้ดีในน้ำ (ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาภาคเหนือ. 2539 : 44) ทำให้น้ำดินมีคุณสมบัติไหลตัวดีขึ้น โดยใช้ปริมาณน้ำน้อยลง เนื้อดินปั้นสภาพนี้เหมาะสมกับการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อ ซึ่งเป็นวิธีการผลิต

แบบอุตสาหกรรมวิธีหนึ่ง ผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยวิธีนี้ ได้แก่ แจกัน จาน ชาม ถ้วย สุขภัณฑ์ เป็นต้น

การขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อต้องอาศัยพิมพ์ซึ่งทำจากปูนปลาสเตอร์ (Plaster mold) เป็นหลัก เพราะปูนปลาสเตอร์มีคุณสมบัติช่วยดูดน้ำจากน้ำดินให้แห้งและคงรูปตามแบบของพิมพ์ การขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

3.1. การหล่อกลวง (Drain or hollow casting) หมายถึง การเทน้ำดินลงในพิมพ์ทิ้งไว้ระยะเวลาหนึ่งให้พิมพ์ดูดน้ำออกจากดิน เมื่อได้ความหนาตามความต้องการเทน้ำดินที่เหลือออกจากพิมพ์

3.2. การหล่อตัน (Solid casting) หมายถึง การเทน้ำดินลงในพิมพ์โดย ให้น้ำดินที่เทลงในพิมพ์เกิดการแข็งตัวอยู่ในพิมพ์ และได้รูปร่างผลิตภัณฑ์ตามแบบของพิมพ์โดยไม่มีการเทน้ำดินออกจากพิมพ์ ดังตัวอย่างการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อตัน

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ตัวอย่างด้วยเครื่องโรลเลอร์เฮดแมชชีน การขึ้นรูปด้วยวิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมนำมาใช้ในการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา ทั้งขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก ซึ่งมีข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องโรลเลอร์เฮดแมชชีน ดังนี้

การขึ้นรูปด้วยเครื่องโรลเลอร์เฮด แมชชีน

เครื่องโรลเลอร์เฮด แมชชีน มีการใช้เป็นครั้งแรกที่ประเทศอังกฤษเมื่อปี ค.ศ.1960 ประมาณ 40 กว่าปีมาแล้ว ที่ผ่านมา การทำงานของเครื่องชนิดนี้สามารถขึ้นรูปได้รวดเร็วกว่าวิธีขึ้นรูปแบบจิกเกอร์ธรรมดา เนื่องจากแรงกดของเครื่องสูงกว่าและตัวใบมีดที่ดัดแปลงเป็นหัวหมุนโลหะลักษณะเป็นจานหรือแท่งสามารถหมุนรอบตัวเองในขณะที่กดลงมาบนแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่หมุนไปพร้อมๆกันโดยใช้ความเร็วต่างกัน

การทำงานของเครื่องโรลเลอร์แมชชีน

แม่พิมพ์ด้านล่างถูกดูดด้วยระบบสุญญากาศ ขณะทำงานแม่พิมพ์จะหมุนด้วยความเร็วรอบประมาณ 500 รอบต่อนาที ส่วนหัวโรลเลอร์จะมีรอบหมุนประมาณ 400 รอบต่อนาที ความแตกต่างในความเร็วรอบของการหมุนจะทำให้ก้อนดินถูกเฉือนด้วยแรงกดจึงแผ่ออกกว้างไปบนผิวหน้าของแม่พิมพ์ หัวโรลเลอร์ทำจากเหล็กกล้าทนต่อการเสียดสีได้ดีถูกทำให้ร้อนเพื่อป้องกันเนื้อดินติดกับเหล็กกล้าผิวมัน เนื้อดินที่ใช้ต้องมีน้ำหนักมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่จะผลิตประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ ในการขึ้นรูปเพื่อให้แน่ใจว่ามีปริมาณพอที่จะปกคลุมผิวหน้าของแม่พิมพ์ได้หมด ดินส่วนเกินจะถูก

ปาดทิ้งโดย สเคปเปอร์ ซึ่งเป็นแขนยื่นออกไปอยู่พอดีกับขอบของแม่พิมพ์ ดินส่วนที่เหลือนำกลับมาใช้ได้อีก

เมื่อการขึ้นรูปเสร็จเรียบร้อยแล้วเครื่องจะหยุดการทำงานชั่วขณะ แม่พิมพ์พร้อมจานจะถูกเคลื่อนย้ายไปเข้าตู้อบแห้ง การอบแห้งได้มีการพัฒนาทำให้แห้งได้เร็วโดยไม่ให้เกิดความเสียหายต่อชิ้นงาน หากการอบแห้งทำได้ช้าจากตัวโรลเลอร์ไปสู่ขั้นการอบแห้งต้องใช้พิมพ์ถึง 700 พิมพ์ในการหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ แต่ถ้าการอบแห้งทำได้รวดเร็วจะใช้พิมพ์ประมาณ 112 พิมพ์เท่านั้น ก่อนที่อายุการใช้งานของแม่พิมพ์ประมาณ 100 -150 ครั้ง ก่อนที่ผิวหน้าจะถูกกัดกร่อนเสื่อมคุณภาพในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่การทำงานของเครื่องเป็นระบบอัตโนมัติควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ แต่โรงงานขนาดกลางและโรงงานขนาดเล็กยังต้องใช้คนคอยควบคุมเครื่องกึ่งอัตโนมัติ โรงงานที่ใช้เครื่องโรลเลอร์จะต้องมีช่างประจำคอยปรับแต่งการทำงานของเครื่องโดยปรับอุณหภูมิของหัวหมุนให้พอดีกับขนาดของผลิตภัณฑ์ประมาณ 90 – 100 องศาเซลเซียส ปรับความเร็วรอบของการหมุนและตัวพิมพ์ด้านล่าง ปกติผลิตภัณฑ์ขนาดเล็กจำพวกแก้วกาแฟจะตั้งความเร็วรอบ 500 – 600 รอบต่อนาที จานอาหารขนาด 10 นิ้ว ตั้งที่ 320 รอบต่อนาที และจานรองแก้วกาแฟขนาดเล็กลงมาใช้ความเร็วรอบสูงขึ้น 380 – 400 รอบต่อนาที แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์จะวางอยู่ในเบ้าโลหะซึ่งอยู่ด้านล่างของเครื่องถูกดูดด้วยระบบสุญญากาศ การปรับเครื่องต้องทดสอบความชื้นของดินที่ใช้ผลิต

แบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์สำหรับเครื่องโรลเลอร์ต้องใช้ปูนที่ค่อนข้างแข็ง มีอัตราส่วนของน้ำน้อยกว่าพิมพ์จิกเกอร์ เนื่องจากตัวเครื่องมีแรงกดมากและมีแรงดูดพิมพ์สุญญากาศประกอบกับมีรอบหมุนเร็วพิมพ์จะแตกง่าย การผสมปูนปลาสเตอร์ในการทำพิมพ์สำหรับเครื่องโรลเลอร์ควรผสมด้วยเครื่องผสมปูนปลาสเตอร์ซึ่งมีระยะเวลาในการกวนนานเพิ่มความแข็งแรงทนทานต่อการใช้งานมากขึ้น ทำให้ชิ้นงานหลุดร่อนออกจากแบบพิมพ์ได้ง่าย แบบพิมพ์ถ้าผสมไม่ดีจะไม่ร่อนออกจากพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ เนื่องจากเนื้อปูนบางส่วนจะดูดซับน้ำไว้

ปัญหาข้อผิดพลาดของเครื่องโรลเลอร์แมชชีน

1. ก้นจานแอ่นขึ้นหรือยุบลง สาเหตุโดยปกติเวลาทำพิมพ์จะต้องออกแบบให้พิมพ์ก้นจานนูนขึ้นกว่าระดับ 1 – 2 มิลลิเมตร เพื่อการยุบตัวหลังการเผา มีศัพท์ทางเทคนิคเรียกว่าสปริงในการออกแบบจาน

2. รอยแตกบริเวณก้นจาน สาเหตุเกิดจากดินที่มีความเหนียวน้อยเกินไปหรือมีอัตราส่วนของน้ำต่ำมากเกินไป ควรตรวจสอบความชื้นของก้อนดินทุกๆระยะในการผลิต ถ้าดินอ่อนเกินไปก็จะติดหัวโรลเลอร์ทำให้ขึ้นรูปได้ช้าถอดแบบพิมพ์ได้ช้าและหดตัวหลังการเผามากว่า

เครื่องโรลเลอร์เฮด

เครื่องโรลเลอร์เฮดมีประสิทธิภาพในการผลิตสูงกว่าเครื่องจิกเกอร์ธรรมดามาก การทำงานง่ายเพราะไม่ต้องใช้ช่างฝีมือในการขึ้นรูป สามารถผลิตชิ้นงานโบนไชน่าและปอร์เลนได้ดีทั้ง ๆ ที่เนื้อดินมีความเหนียวน้อยแต่ก็สามารถผลิตได้เร็วเป็น 6 เท่าของเครื่องจิกเกอร์ธรรมดา

ส่วนเนื้อดินที่จะนำมาใช้กับเครื่องนั้นจะต้องมีคุณสมบัติคือ เป็นดินเนื้อละเอียดผ่านการบดและนวดด้วยเครื่องอัดสุญญากาศมาแล้ว มีความละเอียดมากกว่าน้ำดินหล่อเพื่อเพิ่มความเหนียว ดินที่ใช้ในการขึ้นรูปด้วยเครื่องเครื่องโรลเลอร์เฮดจะต้องเป็นดินที่ค่อนข้างแข็งหรือเป็นดินที่มีอัตราส่วนของน้ำน้อยกว่าดินที่กดจิกเกอร์ด้วยมือ นิยมใช้ดินก้อนที่ตัดจากแท่งดินที่นวดด้วยเครื่องสุญญากาศ เนื้อดินจะถูกตัดเป็นแผ่นแบนโดยคำนวณจากน้ำหนักของชิ้นงานที่ขึ้นรูปโดยใช้ดินเหนียวและบวกเพิ่มอีก 25 เปอร์เซ็นต์ ความแข็งของเนื้อดินสโตนแวร์ประมาณ 10 – 12 และเนื้อดินปอร์สเลนประมาณ 8 – 9 ด้วยเครื่องวัดชนิดกดจิ้มเป็นเข็มสปริง ขนาดของดินก้อนจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่าขนาดของพิมพ์จาน ไม่จำเป็นต้องรีดดินให้เป็นแผ่นบางก่อน เนื้อดินที่ใช้ในการขึ้นรูปด้วยเครื่องโลเลอร์เฮดต้องมีความเหนียวมากกว่าน้ำดินหล่อและมีความละเอียดมากกว่า

6. การทดสอบสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้น

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ หมายถึง การพิจารณาลักษณะของวัตถุ โดยใช้คุณสมบัติที่สามารถจับต้องได้ด้วยการสัมผัสหรือตรวจสอบด้วยสายตาและใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาเป็นการทดสอบ เช่น การตรวจสอบ ดูสีของวัตถุดิบ ความชื้น ความเหนียว ความหดตัว ความแข็งแรง การดูดซึมน้ำ เป็นต้น (ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์. 2541 : 244)

การทดสอบคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นมีความสำคัญมาก ทำให้สามารถจำแนกความแตกต่างของเนื้อดินปั้นแต่ละชนิดได้ และยังสามารถนำผลต่างของคุณสมบัติไปใช้ในการตัดสินใจที่จะเลือกเนื้อดินปั้นให้เหมาะสมกับลักษณะงานแต่ละประเภทได้อย่างถูกต้องอีกด้วย ซึ่งโดยปกติการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

การตรวจสอบคุณสมบัติก่อนการเผา

การตรวจสอบคุณสมบัติหลังการเผา

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นเฉพาะการตรวจสอบสมบัติทางกาย ดังนี้

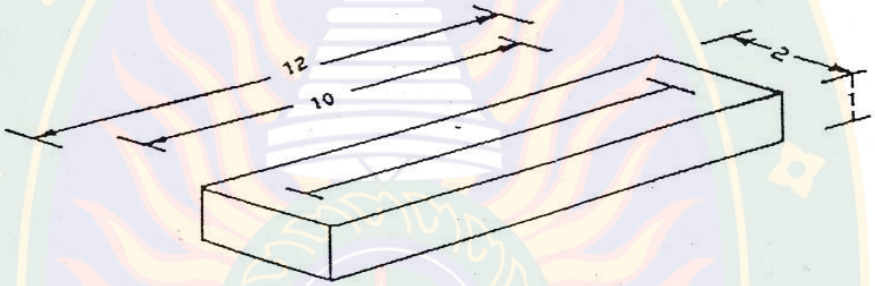
1. การทดสอบความเหมาะสมในการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อ โดยปกตินำ้ดินที่นำมาขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อนั้น จำเป็นต้องเตรียมดินกับน้ำในสัดส่วนที่เหมาะสม มีการกระจายตัวที่ดี จึงจะ

มีคุณสมบัติไหลตัวที่ดี ทำให้หล่อง่าย การพิจารณาจากความง่ายในการถอดชิ้นงานจากพิมพ์ ไม่ติดพิมพ์ ไม่แตกร้าวหรือเกิดการสูญเสียในการผลิต

2. ทดสอบการหดตัวของเนื้อดินปั้น เนื้อดินปั้นที่มีการหดตัวมากย่อมเป็นสาเหตุอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดการแตกร้าว การงอ และการบิดเบี้ยวของผลิตภัณฑ์ การทดสอบการหดตัวของเนื้อดินปั้นหลังการเผาสามารถทำได้ดังนี้

2.1 นำเนื้อดินปั้นที่เตรียมแล้วมาทำเป็นชิ้นทดลอง โดยวัดเป็นความยาว 12 เซนติเมตร กว้าง 2 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร

2.2 ทำเครื่องหมายบนผิวชิ้นทดลอง โดยวัดเป็นความยาว 10 เซนติเมตร



ภาพที่ 1 แสดงชิ้นทดลองการหดตัวของเนื้อดิน

2.3 นำชิ้นทดลองไปผึ่งให้แห้งแล้วนำเข้าเผาตามอุณหภูมิที่กำหนด

2.4 วัดความยาวของเครื่องหมายบนชิ้นทดลองที่ทำไว้ภายหลังจากที่เผาแล้ว

2.5 คำนวณหาร้อยละของการหดตัวของเนื้อดินปั้นหลังเผาโดยใช้สูตร ดังนี้ ที่มา (ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์. 2541 : 260)

$$\text{ร้อยละของการหดตัว} = \frac{\text{ความยาวดินเปียก} - \text{ความยาวของดินที่เผาแล้ว}}{\text{ความยาวดินเปียก}} \times 100$$

3. ความทนไฟของเนื้อดินปั้น เป็นการทนสอบหาค่าการยุบตัวของเนื้อดินปั้นเนื่องจากเป็นเนื้อดินปั้นแต่ละชนิดจะมีจุดสุกตัวไม่เท่ากัน ระยะเวลาในการเผาต่างกัน เนื้อดินบางชนิดสามารถทนต่อช่วงการเผาได้ยาว เนื้อดินบางชนิดมีช่วงการเผาสั้น เมื่ออุณหภูมิสูงเนื้อดินจะเกิดการหลอมละลายและอ่อนตัว เนื่องจากในเนื้อดินปั้นมีวัตถุดิบเป็นตัวช่วยหลอมละลาย เช่นหินฟันม้า แคลเซียมคาร์บอเนตและเหล็กออกไซด์ วัตถุดิบเหล่านี้เป็นตัวช่วยให้เนื้อดินมีจุกสุกตัวใน

อุณหภูมิที่ต้องการ แต่ถ้าเผาเกินอุณหภูมิ เนื้อดินปั้นก็จะอ่อนตัวลงอย่างรวดเร็ว การทดสอบหาค่าการยุบของเนื้อดินปั้นนี้ สามารถเปรียบเทียบค่าความทนไฟของเนื้อดินชนิดต่าง ๆ ได้ (ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์. 2541 : 259) วิธีการทดสอบมีดังต่อไปนี้ (สาธร ชลชาติภิญโญ. 2538 : 25)

3.1 นำเนื้อดินปั้นที่เตรียมไว้มาทำชิ้นทดลองเป็นทุนทนไฟ ให้มีขนาดเท่ากับทุนทนไฟขนาดใหญ่ตามมาตรฐานของเซเกอร์ แล้วผึ่งให้แห้ง

3.2 นำชิ้นทดลองเข้าเตาเผาใช้ระดับอุณหภูมิในการเผาสูงจนชิ้นทดลองหลอมละลายล้มลงราบกับพื้น บันทึกอุณหภูมิที่วัดได้ ซึ่งเป็นค่าความทนไฟของเนื้อดินปั้นของเนื้อดินปั้นที่นำมาทนสอบ

สำหรับการทดลองครั้งนี้ จะเผาชิ้นทดลองในระดับอุณหภูมิที่กำหนดคือ 1,230 องศาเซลเซียส เพื่อดูว่าอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ทดลองจะสามารถทนต่อระดับอุณหภูมิที่กำหนดได้หรือไม่

4. สีของเนื้อดิน สีของดิน มีความสำคัญต่อการผลิตเครื่องปั้นดินเผาอย่างยิ่ง เนื่องจากดินแต่ล่ะแหล่งจะมีสิ่งเจือปนและแร่ธาตุต่าง ๆ ไม่เหมือนกัน โดยปกติแล้วสีของดินจะเปลี่ยนแปลงหลังการเผา เช่น ดินขาว ก่อนเผาจะมีสีดำคล้ำ หรือเทา แต่เมื่อเผาแล้วจะเปลี่ยนเป็นสีขาว หรือ ดินเหนียวเมื่อเผาแล้วจะเปลี่ยนเป็นสีแดงเข้มขึ้น เป็นต้น

วิธีการทดสอบสีของดิน ทำโดยการ สังเกตจากแผ่นทดสอบความหดตัวหรือความแกร่งก็ได้ ปล่อยให้แห้งสนิทแล้วเผาในอุณหภูมิต่าง ๆ ที่ต้องการทดสอบ อุณหภูมิแต่ละช่วงจะปรากฏสีดินที่แตกต่างกัน ทำให้สามารถเลือกใช้หรือนำไปผสมกับวัตถุดิบอื่น เพื่อพัฒนาสีผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมกับความต้องการได้ (อายุวัฒน์ สว่างผล. 2543 : 25)

5. ความแข็งแรง ทำได้ 2 ขั้นตอน

5.1 การทดสอบความแกร่งก่อนเผา (Green strength)

5.2 การทดสอบความแกร่งหลังเผา (Fired strength)

การทดสอบความแกร่งก่อนเผา

การทดสอบความแกร่งก่อนเผาเป็นการหาค่าความเหนียวและค่าความละเอียดของเนื้อดินทางอ้อม เนื้อดินที่มีความละเอียดมากจะมีความแกร่งสูงดินที่พบในแหล่งใหม่สามารถนำมาเปรียบมาตรฐานเดิม ถ้าผลที่ได้ออกมาใกล้เคียงก็สามารถนำมาใช้แทนกันได้อย่างปลอดภัย

การเตรียมตัวอย่างเพื่อการทดสอบควรทำตามกรรมวิธีการผลิตด้วย เช่น ดินที่ขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อน้ำดิน แท่งทดสอบจะต้องหล่อขึ้นรูปด้วย เป็นต้น

แท่งทดสอบที่ใช้วิธีการหล่อน้ำดิน ควรใช้น้ำดินที่เตรียมเพื่อการผลิตมาทดสอบมาตรฐานเดิม หล่อแท่งทดสอบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 ซม. ความยาวประมาณ 13 – 15 ซม. ทำกรวยหล่อให้มีน้ำดินสำรองในการหล่อ จนกว่าแท่งทดสอบจะเต็ม นำแท่งทดสอบผึ่งให้แห้ง และอบตามขั้นตอน ก่อนเข้าเครื่องทดสอบ

สูตร การคำนวณค่าความแกร่งของแท่งทดสอบสี่เหลี่ยม

$$MOR = \frac{3\,LD}{2\,bd^{2}}$$

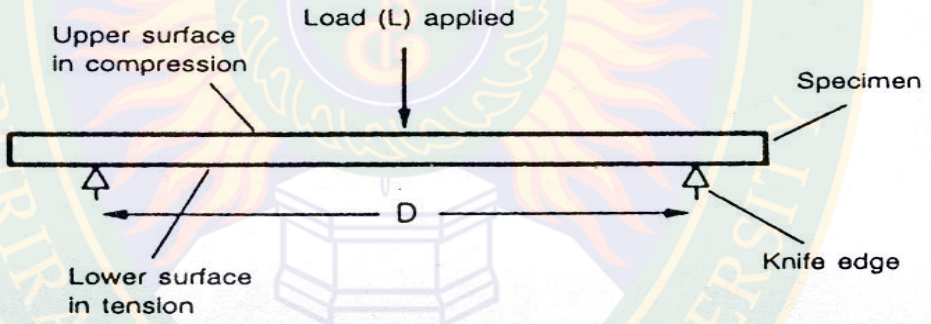
L = ค่าน้ำหนักแรงกดที่หัก

D = ระยะห่างของลิ่มที่รองรับแผ่น

b = ความกว้างของแผ่นทดสอบ

d = ความหนาของแผ่นทดสอบ

หมายเหตุ หน่วยที่ใช้คำนวณเป็นเซนติเมตรและกิโลกรัม ค่าที่ได้เป็นกิโลกรัม / ตารางเซนติเมตร



ภาพที่ 2 การทดสอบค่าแกร่งของเนื้อดินก่อนเผา – หลังเผา

ที่มา (ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์. 2541 : 265)

ตารางที่ 2 แสดงความแกร่งของดินชนิดต่าง ๆ ก่อนเผา

เนื้อดิน	ปอนด์ / ตารางนิ้ว	กก. / ตารางเซนติเมตร
เอร์ทเทนแวร์	450 – 650	32 –46
วิทเทรียส โฮเต็ลแวร์	500 – 700	35 – 49
สโตนแวร์	800	56
โบนไชน่า	350 – 450	25 – 32
กระเบื้องบุผนัง	300	21
วิทเรียส (สุขภัณฑ์)	400 – 500	28 – 35

ที่มา (ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์. 2541 : 265)

การทดสอบความแข็งแรงหลังเผา นำแผ่นทดสอบที่ผ่านการเผาในอุณหภูมิที่ต้องการทดสอบ มาทดสอบค่าความแกร่งหลังเผาแต่ละอุณหภูมิ เพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานเดิม

6. การดูดซึมน้ำ การทดสอบการดูดซึมน้ำของเนื้อดินปั้น เป็นวิธีที่จะช่วยให้เราทราบว่าเนื้อดินปั้นนั้นเผาถึงจุดสุกตัวหรือไม่ เนื้อดินปั้นที่มีความพรุนตัวมากจะดูดซึมน้ำได้มาก เนื้อดินปั้นที่มีความพรุนน้อยก็จะดูดซึมน้ำได้น้อย วิธีการหาร้อยละของการดูดซึมน้ำของเนื้อดินปั้นมีวิธีการดังนี้

6.1 นำชิ้นทดลองที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิที่กำหนดอย่างต่ำ 5 ชิ้นไปอบให้แห้งสนิทที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส หรือ150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อชิ้นทดลองเย็นลง นำไปชั่งน้ำหนักแห้งก่อนการดูดซึมน้ำ และจดบันทึกค่าน้ำหนักแห้งไว้

6.2 นำชิ้นทดลองไปต้มในจุดน้ำเดือดเป็นเวลา 5 ชั่วโมง และทิ้งไว้ให้เย็นลงโดยแช่ทิ้งไว้ในน้ำอีก 24 ชั่วโมง

6.3 นำชิ้นทดลองขึ้นมา แล้วใช้หมาด ๆ ซับผิวทดสอบให้ทั่ว แล้วชั่งน้ำหนักเพื่อหาจุดอิ่มตัวของชิ้นทดลองจดบันทึกไว้

6.4 นำมาคำนวณตามสูตร ทุกตัวอย่างแล้วหาค่าเฉลี่ย

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

= ค่าร้อยละของการดูดซึมน้ำ

7. น้ำเคลือบ

ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผา การเคลือบจัดเป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญ การกำหนดหรือเลือกชนิดของน้ำเคลือบที่จะนำมาใช้เคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผานั้นขึ้นรูปอยู่กับความเหมาะสมหลายประการ เช่น เป้าหมายการผลิตและความเหมาะสมของเนื้อดินปั้น ดังนั้น ผู้ที่สามารถกำหนดหรือเลือกชนิดของน้ำเคลือบที่จะนำมาใช้เคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาควรมีความรู้เบื้องต้นเรื่องน้ำเคลือบ ดังนี้

ความหมายของน้ำเคลือบ

เคลือบ คือชั้นของแก้วบาง ๆ ที่หลอมละลายติดอยู่กับผิวดินซึ่งขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์รูปทรงต่าง ๆ วัตถุดิบที่เป็นน้ำเคลือบถูกบดจนละเอียดมากกว่าดินหลายเท่า ก่อนนำมาเคลือบบนผิวดินเผาเป็นชั้นหนา ๆ 1 – 1.5 มิลลิเมตร เมื่อเคลือบแล้วต้องทิ้งให้ผลิตภัณฑ์แห้ง เช็ดก้นผลิตภัณฑ์ให้สะอาดก่อนนำเข้าเตาเผา ผลิตภัณฑ์ที่เคลือบแล้วโดนเผาผ่านความร้อนที่อุณหภูมิสูงวัตถุดิบที่เป็นแก้ว ในเคลือบเมื่อถึงจุดหลอมละลาย ชั้นของเคลือบบนผิวดินจะกลายเป็นแก้วมันวาวติดอยู่กับผิวดินโดยไม่ไหลนองไปกองรวมอยู่บนพื้นเตาขณะหลอมตัว เนื่องจากเคลือบมีดินเป็นส่วนผสมอยู่ด้วย ซึ่งช่วยให้แก้วหรือเคลือบที่หลอมละลายมีความหนืดสามารถเกาะติดผิวดินของผลิตภัณฑ์ได้ดี เคลือบช่วยให้การชำระล้างภาชนะเป็นไปได้สะดวก เนื่องจากเคลือบมีคุณสมบัติลื่นมือสามารถทำความสะอาดได้ง่ายกว่าผิวดินที่มีลักษณะค่อนข้างหยาบเคลือบมีคุณสมบัติเป็นแก้วไม่ดูดซึมน้ำ เคลือบบนผิวภาชนะยังแข็งแรง ทนทาน ทำให้ภาชนะเครื่องปั้นดินเผาไม่บิ่นง่ายเมื่อกระทบกันบ่อย ๆ ขณะล้างทำความสะอาด และสามารถใส่ของเหลวได้โดยไม่รั่วซึม (ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์. 2537 : 1)

น้ำเคลือบ คือสารประกอบของซิลิเกตผสมกับสารประกอบอย่างอื่นที่เป็นตัวช่วยหลอมละลาย ซึ่งอาจจะมีออกไซด์ของโลหะผสมลงไปด้วย เพื่อทำให้เกิดสีและทึบในเคลือบเมื่อเผาส่วนผสมของน้ำเคลือบถึงอุณหภูมิที่ทำให้หลอมละลายแล้ว น้ำเคลือบจะรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันและเมื่อทิ้งไว้ให้เย็นจะมีลักษณะเหมือนแก้วบาง ๆ ฉาบติดอยู่กับผิวผลิตภัณฑ์
(สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2531 : 1)

น้ำเคลือบ หมายถึง วัสดุที่มีลักษณะเหมือนแก้วฉาบอยู่บนผิวผลิตภัณฑ์เซรามิกส์เป็นสารประกอบของซิลิเกตที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิสูงหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกัน สารประกอบที่ใช้ทำน้ำเคลือบได้จากวัตถุดิบธรรมชาติ และเคมีภัณฑ์จำพวกออกไซด์ของโลหะ นำมาบดให้เข้ากันอย่างละเอียดตามอัตราส่วนที่เหมาะสมแล้วนำมาเคลือบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ หลังจากเคลือบเสร็จแล้วก็นำไปเผาให้เคลือบหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกันอยู่ในสภาพเป็นแก้ว

(โกมล รักษ์วงศ์. 2538ข : 7)

สรุป น้ำเคลือบ หมายถึง สารประกอบของซิลิเกตผสมกับสารประกอบอย่างอื่นที่เป็นตัวช่วยหลอมละลาย ซึ่งอาจจะมีออกไซด์ของโลหะผสมลงไปด้วย เพื่อทำให้เกิดสีและทึบในเคลือบนำมาเคลือบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ เมื่อเผาส่วนผสมของน้ำเคลือบถึงอุณหภูมิที่ทำให้หลอมละลายแล้ว น้ำเคลือบจะหลอมละลายรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน และเมื่อทิ้งไว้ให้เย็นจะมีลักษณะเหมือนแก้วบาง ๆ ฉาบติดอยู่กับผิวผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

ประโยชน์ของการเคลือบน้ำเคลือบลงบนผิวภาชนะ

การเคลือบน้ำเคลือบลงบนผิวภาชนะจะเกิดประโยชน์ขึ้นหลายประการ ซึ่งพอจะรวบรวมเป็นข้อ ๆ ได้ดังต่อไปนี้ (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2531 : 1)

1. เพื่อป้องกันการซึมผ่านของแก๊สและน้ำ คือ เมื่อมีน้ำหรือแก๊สซึมผ่านเข้าในเนื้อผลิตภัณฑ์ย่อมทำให้ผลิตภัณฑ์ชื้น อาจทำให้เกิดตะไคร่น้ำได้ และโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ใช้ใส่อาหารจำเป็นต้องเคลือบอย่างยิ่ง
2. เพื่อให้มีความแข็งแกร่งทนต่อการกัดกร่อนต่าง ๆ คือภาชนะบางชนิดที่เราผลิตขึ้นเพื่อใช้เป็นภาชนะเพื่อใส่หรือบรรจุ ของที่มีคุณสมบัติเป็นกรดหรือด่าง เช่นน้ำส้ม กระเทียมดอง เกลือ ฯลฯ ภาชนะเหล่านี้ควรมีการเคลือบ ถ้าไม่เคลือบพวกกรดหรือด่างนี้อาจกัดกร่อนภาชนะได้
3. เพื่อให้มีความสวยงามน่าใช้ ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาเมื่อมีการเคลือบจะมีความสวยงามน่าใช้ยิ่งขึ้น
4. เพื่อให้ง่ายต่อการทำความสะอาด ยิ่งถ้าเป็นพาชนะที่ใส่อาหารแล้วต้องมีการล้างทำความสะอาดอยู่ประจำ ถ้าผิวไม่เรียบก็จะทำความสะอาดยาก
5. เพื่อให้มีความทนต่อการกระแทกเสียดสีได้ดี คือ ผลิตภัณฑ์ที่มีการเคลือบผิวจะทำให้เพิ่มความแข็งแกร่งขึ้น

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยไม่ได้ทดสอบเกี่ยวกับน้ำเคลือบ แต่จะใช้เคลือบใสและเคลือบผงหินบะซอลต์ อุณหภูมิปานกลางคือในช่วง 1,230 องศาเซลเซียส ในการเคลือบผลิตภัณฑ์ตัวอย่างบางส่วนเท่านั้น

8. เตาเผาและการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

เตาเผาเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญอย่างยิ่งของงานอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผา ทั้งนี้เพราะเป็นตัวกำหนดความแกร่งของดินเหนียวให้ได้ความแกร่งตามต้องการ ซึ่งแต่เดิมอาจกระทำโดยการผึ่งแดดหรือเผาโดยใช้เศษหญ้า เศษไม้หรือแกลบเผา แต่ไม่สามารถคุมคุณภาพของดินได้จึงเกิดเตาเผาขึ้น การสร้างเตาเผาได้จะต้องสร้างให้ถูกวิธี และเหมาะสมกับเครื่องปั้นดินเผา เช่น เตาบางชนิดให้ความร้อนตั้งแต่ 700 – 800 องศาเซลเซียส บางชนิดให้ความร้อนตั้งแต่ 1,200 องศาเซลเซียสขึ้นไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ที่ทำ ฉะนั้นเตาเผาจึงเป็นหัวใจสำคัญของการทำเครื่องปั้นดินเผารองจากดิน เตาที่ใช้ในการเผาผลิตภัณฑ์มีอยู่หลายแบบหลายชนิด ซึ่งอาจจะจำแนกตามเชื้อเพลิงของการเผา เช่น เตาไฟฟ้า เตาแก๊ส เตาฟืน เตาน้ำมัน บางครั้งก็แบ่งตามรูปร่างลักษณะของเตา เช่น เตามังกร สำหรับเผางานจำนวนมากๆ หรืออาจแบ่งตามทางระบายความร้อนขึ้นหรือระบายความร้อนลง

ในปัจจุบันอาจกล่าวได้ว่าความรู้เกี่ยวกับเตาเผาได้ประสบผลสำเร็จ และเผาได้ในอุณหภูมิสูง และสามารถควบคุมอุณหภูมิตามวัตถุประสงค์ได้ด้วย จะทำให้สร้างเตาที่มีคุณภาพเป็นความต้องการของเจ้าของกิจการ

ชนิดของเตาเผา

เตาเผาเครื่องปั้นดินเผา จัดแบ่งเป็นประเภทใหญ่ๆ ตามทางเดินทางไฟได้ 3 ชนิด คือ

1. เตาเผาแบบทางระบายความร้อนขึ้น (Updraft kiln) เตาเผาแบบระบายความร้อนขึ้น คือ เตาเผาที่มีปล่องที่ติดต่อกับหัวเตาทางด้านข้าง หรือด้านบนของเตา ยื่นขึ้นไปสูงพอประมาณ มีทางเดินของความร้อนจากจุดปากเตาที่ใส่เชื้อเพลิงผ่านภาชนะที่กำลังเผา แล้วระบายไปสู่ปล่องไฟเป็นเตาที่ใช้กันตั้งแต่เริ่มทำเครื่องปั้นดินเผา ใช้ฟืนหรือถ่านหิน หรือน้ำมันก๊าดเป็นเชื้อเพลิง

2. เตาเผาแบบระบายความร้อนลง (Downdraft kiln) เป็นเตาที่มีช่องทางเดินของไฟอยู่ใต้เตา เป็นเตาที่มีปล่องติดต่อกับช่องทางเดินของไฟ ส่วนปล่องอยู่ด้านนอก เตาความร้อนของเชื้อเพลิงเริ่มจากปากเตาพุ่งขึ้นหลังคา เตาที่เป็นส่วนโค้งแล้วม้วนตัวระบายความร้อนผ่านเครื่องปั้นดินเผาลงสู่พื้นเตาไปตามช่องทางเดินความร้อน แล้วออกสู่ปล่อง เตาชนิดนี้สามารถทำหลายเตาติดต่อกันโดยมีจุดของเชื้อเพลิงเริ่มต้นจากปากเตาเพียงแห่งเดียว มี 2 แบบคือ

- แบบเตากลม
- แบบเตาสี่เหลี่ยม

3. เตาอุโมงค์ (Tunnel kiln) เป็นเตาที่มีประสิทธิภาพในการเผา ในทางประหยัดค่าใช้จ่ายและเผาได้ผลดีกว่า มีประโยชน์กับโรงงานใหญ่ๆ ที่มีผลิตภัณฑ์คอยป้อนเตาตลอดเวลา

และใช้ครั้งละมากๆ เตาชนิดนี้เริ่มติดไฟเตาแล้วจะใช้เผาติดต่อกันไปโดยไม่ต้องดับไฟ ได้เป็นแรมเดือน ซึ่งต่างจากเตาเผาชนิดอื่น ลักษณะของเตาคล้ายรถไฟลอดเข้าอุโมงค์ตอนกลางมีช่องใส่เชื้อเพลิงสำหรับเผาให้ความร้อนอยู่ตลอดเวลา เชื้อเพลิงที่เหมาะใช้น้ำมันหรือก๊าซ แต่สามารถใช้ถ่านหินหรือฟืนก็ได้

การเผาเครื่องเคลือบดินเผา คือการให้ความร้อนเผาเครื่องเคลือบดินเผาเพื่อให้เนื้อดินสุกและมีความแกร่ง แต่ก่อนที่จะนำผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผาเข้าในเตานั้น ต้องตากหรือผึ่งหรืออบให้ผลิตภัณฑ์แห้ง ผลิตภัณฑ์จะดีหรือเลวขึ้นอยู่กับการควบคุมอุณหภูมิในการเผา ให้เป็นไปตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ กล่าวคือ การเผาดิบผลิตภัณฑ์ทุกชนิด ส่วยใหญ่นิยมเผาไฟต่ำ คือประมาณ 600 – 900 องศาเซลเซียส หรือการเคลือบที่ต้องใช้อุณหภูมิที่สูง เพื่อให้น้ำยาเคลือบสลายตัวพอดี ส่วนการเผาเคลือบขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของน้ำเคลือบเป็นหลักที่มีจุดหลอมเหลวในอุณหภูมิ 1,250 – 1,450 องศาเซลเซียส

บรรยากาศการเผาไหม้ (Firing Atmosphere)

การเผาในทางเซรามิกส์ คือการเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ในเตาภายใต้บรรยากาศที่เหมาะสม เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์มีคุณสมบัติที่ดีขึ้น

บรรยากาศที่ใช้ในการเผาโดยทั่วไป

1. บรรยากาศแบบออกซิเดชัน (Oxidation Firing) เป็นการเผาเตาที่มีการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ และใช้ออกซิเจน (Oxygen) มากเกินพอ ซึ่งเมื่อเกิดการเผาไหม้แล้วจะมีออกซิเจนเหลืออยู่ ดังปฏิกิริยาการเผาไหม้นี้

OF : $CH_4 + SO_2$ (Excess) $\longrightarrow$ $CO_2 + O_2 + Energy$

2. บรรยากาศแบบรีดักชัน (Reduction Firing) เป็นการเผาเตาที่มีการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ในเตาเผามีออกซิเจนไม่เพียงพอ ซึ่งเมื่อเกิดการเผาไหม้แล้วจะมีคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เหลืออยู่ดังปฏิกิริยาการเผาไหม้

RF : $2CH_4 + SO_2 \longrightarrow 2CO_2 + 4H_2O + Energy$

3. บรรยากาศแบบนิวทรัล (Neutral Firing) เป็นการเผาไหม้ที่สมบูรณ์และไม่มีออกซิเจน (Oxygen) เหลืออยู่เลย การเผาไหม้มีออกซิเจน (Oxygen) ที่พอดีดังปฏิกิริยาการเผาไหม้นี้

NF : $CH_4 + SO_4 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O + Energy$

การเผาเซรามิกส์ มี 3 ขั้นตอนดังนี้

1. การเผาดิบ (Biscuit Firing)

2. การเผาเคลือบ (Glost Firing)

3. การเผาตกแต่ง (Decoration Firing)

การเผาดิบ คือ การให้ความร้อนและการเปลี่ยนแปลงปริมาณความร้อนทีละน้อย ไม่ว่าจะเป็นเตาแก๊ส น้ำมัน ฟืน และไฟฟ้าก็ตาม ควรให้ระยะการเผาเป็นไปอย่างช้าๆ (Slow rate) สม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ในการเผาไม่ควรเผาเร็วจนเกินไป อาจทำให้ผลิตภัณฑ์เสียหายได้โดยง่าย โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ ควรใช้เวลาในการเผาดิบให้ยาวนานขึ้น เพื่อความปลอดภัย และมีความเชื่อมั่นได้ไม่ให้ผลิตภัณฑ์แตกหรือเสียหายได้ อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาดิบโดยทั่วไป ประมาณ 750 – 850 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการเผาไม่ต่ำกว่า 8 – 10 ชั่วโมง แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของผลิตภัณฑ์และขนาดของเตา การให้เตาเย็นลงภายหลังจากการเผาควรระมัดระวังเช่นกัน ควรให้เวลานานๆไม่ต่ำกว่า 24 ชั่วโมง การวางแนวทางการเผาดิบ ในขั้นต้นใช้ความร้อนแบบไฟอ่อนๆ และการควบคุมอุณหภูมิ ควรขึ้นอยู่กับขนาดของผลิตภัณฑ์และการเผา ถ้าเป็นเตาขนาดเล็กใช้เวลาไม่มากนักส่วนเตาขนาดใหญ่ เผาผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ การเผาก็ใช้เวลานานขึ้น การปล่อยให้เตาเย็นตัว ควรให้เป็นไปอย่างช้าๆ มิฉะนั้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์แตกได้

การเผาเคลือบ หมายถึง การเผาให้น้ำเคลือบที่ชุบบนผลิตภัณฑ์ละลาย เป็นเนื้อเดียวกันมีความมันแวววาว (Glassy) บางชนิดเป็นเคลือบด้าน ผิวเรียบมีความแข็ง สามารถต้านทานต่อกรดและด่างได้เป็นอย่างดี การเผาเคลือบไม่ว่าจะเป็นเคลือบชนิดไฟต่ำหรือไฟสูงก็ตาม จะต้องเผาให้ได้อุณหภูมิตามข้อกำหนดของน้ำเคลือบแต่ละชนิด มิฉะนั้นการเผาจะเกิดการเสียหายได้ เช่น การเผาที่ไฟเกิน (Over fire) ย่อมทำให้น้ำเคลือบไหลมาก อาจจะติดพื้นเตา หรือ ชั้นรอง ยากแก่การเอาออกทำให้เสียหายได้ และการเผาที่อุณหภูมิไม่ถึง (Under fire) ทำให้เคลือบไม่เป็นมันเท่าที่ควร การเผาเคลือบนับว่ามีความสำคัญมาก โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์แต่ละชั้นจะบรรจุเข้าเตาเผาเคลือบต้องระมัดระวังและวางห่างกัน จะวางให้ติดกันซ้อนกันเหมือนเผาดิบไม่ได้ ขาของผลิตภัณฑ์หรือก้น (Foot) ต้องเช็ดเคลือบออกก่อนทำการเผาเคลือบ

ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ก่อนที่จะบรรจุเข้าเตา ต้องทำความสะอาดภายในเตาเสียก่อนทุกๆครั้ง เช่น หลังคาเตา กำแพงเตา พื้นเตา ตลอดจนชั้นรอง ทั้งนี้เพื่อป้องกันเศษหิน เศษละออง หล่นมาติดผลิตภัณฑ์ได้ในขณะทำการเผาเคลือบ ทำให้เสียหายหมดคุณค่าได้ ชั้นรองที่นำมารองผลิตภัณฑ์เผาเคลือบไม่โค้งหรืองอแล้ว ควรทาด้วยวัตถุทนไฟ (Kiln wash) เพื่อป้อกันการไหลของน้ำเคลือบ

การเผาตกแต่ง ชิ้นงานที่เผาเคลือบแล้ว นิยมตกแต่งด้วยสีหรือสติ๊กเกอร์ (Sticker) ที่ทำสำหรับตกแต่งสีโดยเฉพาะ ติดลงไปบนภาชนะที่เคลือบแล้วนำไปเผาเพื่อให้สิ่งตกแต่งติดทนกับ

ชิ้นงาน เรียกว่า ตกแต่งบนเคลือบ (Over glaze decoration) อุณหภูมิที่ใช้เผาตกแต่งบนเคลือบประมาณ 650 –800 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับประเภทวัตถุดิบที่นำมาทำสีว่าจะสุกตัวที่อุณหภูมิใด (ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์. 2541 : 288 – 291)

ในการวิจัยในครั้งนี้จะใช้เตาไฟฟ้าในการเผาผลิตภัณฑ์ เผาแกร่งในอุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส วัดอุณหภูมิในเตาเผาโดย ไพโรแมตตริกเทอร์โมคัพเปิล บรรยากาศในการเผาแบบบรรยากาศแบบออกซิเดชัน (Oxidation firing)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ทำการสุ่มเลือกตัวอย่างเนื้อดิน โดยใช้ทฤษฎีเชิงเส้น (Line Blend) มีวัตถุดิบ 2 ชนิด เพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมระหว่าง ดินพื้นบ้านบุรีรัมย์ และดินดำ กำหนดจุดในการทดลอง 10 จุด เผาแกร่งที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่อง โรลเลอร์เฮด แมชชีน ซึ่งการวิจัยครั้งนี้จะอธิบายรายละเอียดตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการศึกษาวิจัย
2. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการศึกษาวิจัย
3. การหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น
4. ตัวแปรที่ศึกษา
5. เกณฑ์ที่ใช้ในการคัดเลือกเนื้อดินปั้น
6. การขึ้นรูปชิ้นทดลองและผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง
7. วิธีดำเนินการศึกษาทดลอง
8. สูตรที่ใช้ในการทดลอง
9. สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

1. ดินพื้นบ้าน จากอำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์
2. ดินดำ จากบริษัทเคลย์ แอนด์ มิเนอรัลส์ (ประเทศไทยจำกัด)

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการศึกษาวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ดังนี้

1. ตะแกรงร่อนขนาด 80 , 100 เมช
2. เครื่องชั่งชนิดละเอียด
3. กระบอกตวง, ถ้วยตวง
4. เวอร์เนีย
5. เครื่องทดสอบความแข็งของเนื้อดิน

6. พิมพ์ปูนปลาสเตอร์สำหรับทำชิ้นทดลองและผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง
7. เครื่องโรลเลอร์เฮด แมชชีน
8. โคนเทียบอุณหภูมิ โคน 5 และโคน 6
9. เครื่องมือวัดอุณหภูมิ
10. เตาไฟฟ้า บรรยากาศในการเผาแบบ บรรยากาศแบบออกซิเดชัน (Oxidation firing)

การหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น

การหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดิน ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้เลือกใช้วิธีการผสมเนื้อดิน โดยใช้ทฤษฎีเชิงเส้น (Line Blend) มีวัตถุดิบ 2 ชนิด เพื่อให้ได้อัตราส่วนผสมที่มีวัตถุดิบ คือ ดินกระสัง และดินดำทั้งหมด 10 จุด (10 สูตรส่วนผสม) ทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพแล้ววิเคราะห์เพื่อเลือกจุดที่มีความเหมาะสมที่สุดนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง เผาแกร่งที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ทดสอบสมบัติทางกายภาพแล้ววิเคราะห์เพื่อเลือกจุดที่มีความเหมาะสมที่สุด ตามมาตรฐานเนื้อดินชนิดสโตนแวร์ นำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง

1. การผสมโดยใช้ทฤษฎีเชิงเส้น (Line Blend) ได้ส่วนผสมที่มีวัตถุดิบ 2 ชนิด ได้แก่ วัตถุดิบ A กับวัตถุดิบ B กำหนดจุดในการทดลอง ดังตารางที่ 1

ตาราง 3 อัตราส่วนผสมจากทฤษฎีเชิงเส้น (Line Blend)

วัตถุดิบ	สูตรที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ดินบุรีรัมย์	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ดินดำ	90	80	70	60	50	40	30	20	10	-
รวม	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

เมื่อได้อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบทุกตัวแล้ว ทุกจุดจะเท่ากับ 100 หน่วย

ตัวแปรที่ศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดตัวแปรที่ศึกษา ดังนี้

1. ตัวแปรต้น ได้แก่ อัตราส่วนผสมของเนื้อดิน

อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ผสมวัตถุดิบ 2 ชนิด จำนวน 10 สูตร

2. ตัวแปรตามได้แก่ คุณสมบัติทางกายภาพ ดังนี้

2.1. สีหลังเผา

2.2 ความหดตัว

2.3 ความทนไฟ

2.4 ความแข็งแรง

2.5 การดูดซึมน้ำ

2.6 ความเหมาะสมในการขึ้นรูปด้วยเครื่องโรลเลอร์เฮดแมชชีน

เกณฑ์ที่ใช้ในการคัดเลือกส่วนผสมเนื้อดินปั้น

ผลการทดลองเบื้องต้นจากสูตรเนื้อดิน 10 สูตร ผู้วิจัยได้เลือกจุดที่มีความเหมาะสมในการเลือกเพื่อนำสูตรที่ได้ไปใช้งาน จากเกณฑ์ที่ใช้ในการคัดเลือกเนื้อดินปั้นดังนี้

1. ผู้วิจัยต้องการรักษาเอกลักษณ์ ลักษณะเดิมของเนื้อดินบ้านกรวด ไว้ให้มากที่สุด เช่น ลักษณะสีหลังการเผา และผิวที่เป็นเอกลักษณ์ของดินบ้านกรวด โดยอิงกับคุณสมบัติด้านอื่นของเนื้อดินชนิดสโตนแวร์ประกอบด้วย

2. ความเหมาะสมในการขึ้นรูปด้วยเครื่องโรลเลอร์เฮดแมชชีน จะเตรียมวัตถุดิบบดผสมโดยการขึ้นรูปต้องสามารถถอดชิ้นงานออกจากพิมพ์ซึ่งทำจากปูนปลาสเตอร์ได้โดยไม่ติดพิมพ์ ไม่แตกร้าวสูญเสียในการผลิต หรือเกิดการสูญเสียน้อยที่สุด

3. การหดตัว ต้องมีการหดตัวไม่เกินร้อยละ ร้อยละ 15 ซึ่งเป็นคุณสมบัติโดยทั่วไปของเนื้อดินสโตนแวร์

4. การดูดซึมน้ำของเนื้อดินปั้น ต้องมีการดูดซึมน้ำหลังเผาแกร่งถึงจุดสุกตัวแล้วอยู่ไม่เกินร้อยละ 3 (ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์. 2541 : 146)

5. ความทนไฟ ต้องสามารถทนทานต่อความร้อนโดยไม่หลอมละลายในระดับอุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

6. ค่าความแข็งแรงของเนื้อดินก่อนเผาจะอยู่ระหว่าง 56 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าความแกร่งของเนื้อดินหลังเผาจะอยู่ระหว่าง 985 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งเป็นค่าความแข็งแรงของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ที่ดี (ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์. 2541 : 265 – 266)

วิธีดำเนินการศึกษาทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งลำดับขั้นตอนออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นจากอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบจำนวน 10 จุด ผสมเนื้อดินตามสูตร และทดสอบสมบัติทางกายภาพวิเคราะห์ผล

ตอนที่ 2 การทดลองทำผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง จากอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ดีที่สุด หรือ ตามมาตรฐานเนื้อดินสโตนแวร์ ด้วยเครื่องโรลเลอร์เฮดแมชชีน

รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

ตอนที่ 1 การทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นจุดที่ดีที่สุดจากอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบจำนวน 10 จุด มีลำดับขั้นตอนดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. เตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ดินพื้นบ้านจังหวัดบุรีรัมย์ และดินดำ โดยบดวัตถุดิบและกรองผ่านตะเกรงขนาด 100 เมช

2. หาอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบจำนวน 10 จุด แล้วชั่งวัตถุดิบ ตามอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบจุดละ 1,000 กรัม ซึ่งเมื่อรวมปริมาณของอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นแต่ละจุดทุกจุดจะมีค่าเท่ากับ 1,000 กรัม

3. เนื้อดินเตรียมโดยนำวัตถุดิบมาบดผสม เติมน้ำผสมลงไปประมาณร้อยละ 20 – 25 โดยน้ำหนักของเนื้อดินปั้น นำมาอัดชิ้นทดลองออกจากพิมพ์ที่เตรียมไว้บันทึกผลลงตารางและทำเครื่องหมายความยาวและรหัสบนชิ้นทดลอง

4. ทำชิ้นทดลอง โดยการอัดเป็นแท่งทดลอง จากนั้นผึ่งชิ้นทดลองให้แห้งในบรรยากาศปกติประมาณ 1 สัปดาห์ ทดสอบสมบัติทางกายภาพก่อนเผา

5. นำชิ้นทดลอง ที่แห้งแล้วเข้าเผาดิบที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ทดสอบสมบัติทางกายภาพหลังเผา และเผาแกร่งที่ 1,230 องศาเซลเซียส แล้วนำชิ้นทดลอง ไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพดังนี้

5.1 การทดสอบการหดตัวโดยนำชิ้นทดลองที่เผาแล้วมาวัดความยาวของเครื่องหมายทำไว้และนำมาคำนวณหาร้อยละของการหดตัวของเนื้อดินปั้น

5.2 การทดสอบความทนไฟโดยดูผลจากการเผาชิ้นทดลองความทนไฟว่าชิ้นทดลองความทนไฟชิ้นใดหลอมละลายล้มลงราบกับพื้น ถ้าชิ้นทดลองความทนไฟชิ้นใดหลอมละลายล้มลงราบกับพื้นแสดงว่าเนื้อดินปั้นนั้นไม่สามารถทนทานต่อความร้อนในระดับอุณหภูมิตั้งแต่ 1,230 องศาเซลเซียส ขึ้นไปได้

5.3 การทดสอบการดูดซึมน้ำของเนื้อปั้นโดยชั่งน้ำหนักของชิ้นทดลองแต่ละชิ้น

และจดบันทึกไว้ จากนั้นนำชิ้นทดองไปต้มในน้ำเดือดเวลา 5 ชั่วโมง และทิ้งไว้ให้เย็นลงโดยแช่ทิ้งไว้ในน้ำนั้นอีก 24 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำชิ้นทดลองมาซับให้แห้ง แล้วชั่งน้ำหนักอีกครั้งแล้วจดบันทึกไว้ แล้วจึงคำนวณหาค่าร้อยละของการดูดซึมน้ำ

6. คัดเลือกอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ดีที่สุดจากผลการทดสอบโดยเลือกอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ผ่านหรือใกล้เกณฑ์การทดสอบมากที่สุด รายละเอียดของขั้นตอนดังกล่าวแสดงดังภาพที่ 3

ภาพที่ 3 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ดีที่สุดจากอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ จำนวน 10 จุด

ตอนที่ 2 การทดลองทำผลิตภัณฑ์ตัวอย่างจากอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นจุดที่ดีที่สุดมีลำดับขั้นตอนดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. เตรียมวัตถุดิบตามอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ดีที่สุด จากการทดลองในตอนที่ 1

2. ชั่งวัตถุดิบตามอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ดีที่สุดจากการทดลอง เมื่อรวมอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบจะมีค่าเท่ากับ 5,000 กรัม นวดผสมให้เข้ากัน

3. ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง (ผู้วิจัยได้ทำผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง เป็นถ้วยกาแฟ พร้อมจานรอง)

4. ผึ่งผลิตภัณฑ์ตัวอย่างให้แห้งในอุณหภูมิปกติประมาณ 1 สัปดาห์

5. นำผลิตภัณฑ์ตัวอย่างมาเผาดิบที่ที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส

6. เตรียมน้ำเคลือบ เป็นเคลือบใสเพื่อให้เห็นถึงสีของเนื้อดินที่ชัดเจน และทดลองใช้เคลือบจากผงหินบะซอลต์เพื่อทดสอบศักยภาพในการใช้งานของเคลือบที่ใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นและเคลือบทั่ว ๆ ไป
(ในการวิจัยในครั้งนี้ไม่ได้ทดสอบเรื่องน้ำเคลือบ แต่จะเคลือบชิ้นงานตัวอย่างบางส่วนเท่านั้น)

7. นำผลิตภัณฑ์ตัวอย่างมาชุบเคลือบด้วยน้ำเคลือบที่เตรียมไว้ แล้วนำเข้าเตาเผาโดยเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

8. นำผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ผ่านการเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส สรุปผลการทดลอง ซึ่งรายละเอียดของขั้นตอนดังกล่าวแสดงดังภาพที่ 4

ภาพที่ 4 แสดงการทดลองทำผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง จากอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ดีที่สุด

สถานที่และระยะเวลาในการทดลอง

1. สถานที่ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือสาขาวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

2 ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เริ่มตั้งแต่เดือน มีนาคม 2554 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2555

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาวิจัยการพัฒนาเนื้อดินอำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์เพื่อใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาด้วยเครื่อง โรลเลอร์เฮด แมชชีน (Roller Head Machine) ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ในหัวข้อดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นจากอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบจำนวน 10 จุด ผสมเนื้อดินตามสูตร และทดสอบวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของเนื้อดินดังนี้

1 สีของเนื้อดินหลังเผา (Fired Color)

2 ความหดตัว (Shrinkage)

3 ความทนไฟ (Refractoriness)

4 ความแข็งแรง (Modulus of rupture)

5 การดูดซึมน้ำ (Water Adsorption)

6 ความเหมาะสมในการปั้นขึ้นรูปด้วยเครื่อง โรลเลอร์เฮด แมชชีน (Roller Head Machine)

ตอนที่ 2 วิเคราะห์ลักษณะของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ใช้เนื้อดินจากผลการทดลองของเนื้อดินจุดที่ดีที่สุดจากตอนที่ 1

1. ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน

อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบสองชนิดโดยการปรับอัตราส่วนผสมเข้ากัน

ตารางที่ 4 อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบสองชนิด

สูตรที่	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
ดินบ้านกรวด (%)	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
ดินดำ (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90

เนื้อดินทุกสูตรจะใช้น้ำผสมลงในเนื้อดินร้อยละ 20 เท่ากันทุกสูตร พบว่าเนื้อดินสูตรที่ 1 ที่มีลักษณะเนื้อดินหยาบมีความเหนียวน้อย ไม่เหมาะสมกับการขึ้นรูปด้วยเครื่อง โรลเลอร์เฮด แมชชีน (Roller Head Machine) เนื่องจากว่าสูตรที่ 1 เป็นเนื้อดินที่เป็นเนื้อดินบ้านกรวดเพียงอย่างเดียว สูตรที่ 2 ที่มีลักษณะเนื้อดินหยาบมีความเหนียวน้อยเมื่อใช้นิ้วขยี้ดูจะรู้สึกได้ชัดเจน เนื่องจากว่าเนื้อดิน มีอัตราส่วนผสมของเนื้อดินบ้านกรวดในปริมาณมาก ไม่เหมาะสมกับการขึ้นรูปด้วยเครื่องโรลเลอร์เฮด แมชชีน (Roller Head Machine) เนื้อดินสูตรที่ 3 ถึงสูตรที่ 8 เนื้อดินมีความเหนียวที่สามารถใช้ปั้นขึ้นรูปได้ดี เนื่องจากเนื้อดินกลุ่มนี้มีปริมาณวัตถุดิบทั้งสองชนิดใกล้เคียงกัน และสูตรที่ 9 และ สูตรที่ 10 เนื้อดินมีความเหนียวดีแต่เนื้อดินละเอียดมากเกินไป เมื่อนำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องโรลเลอร์เฮด แมชชีน แล้วจะมีการหดตัวมาก เกิดปัญหาเรื่องการบิดเบี้ยวของชิ้นงาน

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพก่อนเผา และหลังเผาดิบ 800 องศาเซลเซียส

จุดที่	สีของเนื้อดิน		การหดตัว (%)	
	ก่อนเผา	หลังเผา	ก่อนเผา (%)	หลังเผา (%)
1	สีน้ำตาล	สีน้ำตาลออกส้ม	5.4	6
2	สีเทาอมน้ำตาล	สีน้ำตาลออกส้ม	5.4	5.6
3	สีเทาอมน้ำตาล	สีน้ำตาลออกส้ม	5.4	5.8
4	สีเทาอมน้ำตาล	สีน้ำตาล	5	5.2
5	สีเทาอมน้ำตาล	สีน้ำตาล	5.4	5.8
6	สีเทาอมน้ำตาล	สีน้ำตาลอ่อน	4.6	5.4
7	สีเทา	สีน้ำตาลอ่อน	5.6	5.6
8	สีเทา	สีน้ำตาลอ่อน	4.8	5
9	สีเทา	สีครีม	5	5
10	สีเทา	สีครีม	5.4	5

จากตารางข้างต้น แสดงผลการทดลองเนื้อดินหลังเผาดิบ 800 องศาเซลเซียส พบว่าสีของเนื้อดินสูตรที่ 1 – 6 ก่อนเผาจะมีสีน้ำตาล และสีเทาอมน้ำตาล เมื่อหลังเผาจะออกสีน้ำตาลออกส้มจนถึงสีน้ำตาลอ่อนไล่ระดับกัน เนื่องจากมีปริมาณเนื้อดินบ้านกรวดปริมาณที่มาก และสีเริ่มลดความเข้มลงตามปริมาณการเพิ่มของดินดำ สูตรที่ 7 – 10 ก่อนเผามีสีออกเทา และหลังเผาจะมีสีออกน้ำตาลอ่อนจนถึงสีครีม เนื่องจากกลุ่มนี้มีปริมาณของดินดำเพิ่มมากขึ้น ตามลำดับ

การหดตัวของเนื้อดินในช่วงนี้จะมีการหดตัวที่ไม่แตกต่างกันมากนัก จะอยู่ระหว่างร้อยละ 5 - 6 เนื่องจากเนื้อดินยังมีความพรุนตัวมากอยู่

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน หลังการเผา 1,230 องศาเซลเซียส

จุดที่	ความทนไฟ	สีหลังเผา	การหดตัว (%)	การดูดซึมน้ำ (%)	ความแกร่ง (กก / ตร.ซม.)
1	ผ่าน	น้ำตาลเข้ม	7.33	5.88	204.57
2	ผ่าน	น้ำตาลเข้ม	7.4	5.88	265.51
3	ผ่าน	น้ำตาลเข้ม	7.9	5.88	326.35
4	ผ่าน	น้ำตาลเข้ม	8	4.09	406.72
5	ผ่าน	น้ำตาลอ่อน	9.5	3.70	413.80
6	ผ่าน	น้ำตาลอ่อน ครีม	9.8	3.70	461.23
7	ผ่าน	น้ำตาลอ่อน ครีม	10.6	3.18	491.73
8	ผ่าน	น้ำตาลอ่อน ครีม	11.2	2.56	541.95
9	ผ่าน	ครีม	11.6	1.98	616.46
10	ผ่าน	ครีม	11.8	1.98	637.21

จากตารางแสดงผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน เมื่อนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส พบว่าเนื้อดินทุกสูตรสามารถทนความร้อนที่อุณหภูมิในระดับ 1,230 องศาเซลเซียส ได้โดยไม่หลอมละลาย สีของเนื้อดินสูตรที่ 1,2,3 และสูตรที่ 4 มีสีน้ำตาลเข้ม สูตรที่ 5 และสูตรที่ 6 มีสีน้ำตาลอ่อน และสูตรที่ 7,8,9 และสูตรที่ 10 มีสีออกน้ำตาลอ่อน จนถึงครีม เมื่อนำไปทดสอบค่าการหดตัวของเนื้อดินพบว่าทุกสูตรมีค่าการหดตัวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของเนื้อดินสโตนแวร์คือมีค่าการหดตัวไม่เกินร้อยละ 15 และสูตรที่มีการหดตัวมากที่สุด คือสูตรที่ 10 หดตัวร้อยละ 11.8 และสูตรที่มีการหดตัวน้อยที่สุดคือสูตรที่ 1 มีค่าการหดตัวร้อยละ 7.33 เมื่อนำแท่งทดสอบไปทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ พบว่าเนื้อดินสูตรที่มีค่าดูดซึมน้ำมากกว่าร้อยละ 5 มีอยู่ 3 สูตรได้แก่สูตรที่ 1,2 และ3 มีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 5.88 และสูตรที่มีค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุดคือสูตรที่ 10 คือหดตัวร้อยละ 1.98 เมื่อนำแท่งทดสอบไปทดสอบค่าความแกร่งของเนื้อดิน พบว่าสูตรที่มีค่าความแกร่งมากที่สุด คือ สูตรที่ 10 มีค่าความแกร่งที่ 637.21 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สูตรที่มีค่าความแกร่งน้อยที่สุด คือ สูตรที่ 1 มีค่าความแกร่งที่ 204.57 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับลักษณะของเนื้อดินเซรามิกส์ กล่าวคือ เนื้อดินที่ผ่านการเผาแล้วมีค่าการหดตัวมาก เนื้อดินจะมีค่าความแกร่งมากด้วย เนื้อดินมี

ความพรุนตัวน้อยจึงมีค่าการดูดซึมน้ำน้อยด้วย และในทางตรงกันข้าม เนื้อดินที่ผ่านการเผาแล้วมีค่าการหดตัวน้อย เนื้อดินก็จะมีค่าความแกร่งน้อยด้วย เนื้อดินมีความพรุนตัวมาก และจะมีค่าการดูดซึมน้ำมาก

จากผลการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกสูตรที่ 6 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมระหว่างดินบ้านกรวดซึ่งเป็นวัตถุดิบในท้องถิ่นมากถึงร้อยละ 50 และดินดำร้อยละ 50 ซึ่งจะเป็นการลดต้นทุนการผลิตได้เป็นอย่างมาก และเมื่อทำทดสอบสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินหลังการเผาแกร่งแล้วเนื้อดินมีสีน้ำตาลอ่อนออกครีม มีค่าการหดตัวของเนื้อดินอยู่ที่ร้อยละ 9.8 มีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 3.70 และมีค่าความแกร่งของเนื้อดิน 461.23 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ของเนื้อดินเซรามิกส์ชนิด สโตนแวร์ คือมีค่าการหดตัวไม่เกินร้อยละ 15 ค่าการดูดซึมน้ำไม่เกินร้อยละ 5 มีค่าความแกร่งมาก เมื่อเคาะแล้วจะมีเสียงดังกังวาน ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มเนื้อดินชนิด สโตนแวร์

วิเคราะห์ลักษณะของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ใช้เนื้อดินจากผลการทดลองของเนื้อดินจุดที่ดีที่สุดจากตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมในการขึ้นรูปด้วยเครื่องโรลเลอร์เฮด แมชชีนของเนื้อดิน

ความเหมาะสมในการขึ้นรูปด้วยเครื่องโรลเลอร์เฮด แมชชีน

จากการนำเนื้อดินสูตรที่ 6 มาทำการขึ้นรูปด้วยเครื่องโรลเลอร์เฮด แมชชีน ซึ่งเป็นการขึ้นรูปที่มีวิวัฒนาการมาจากการขึ้นรูปแบบแป้นหมุน และแบบใบมีด วิธีการขึ้นรูปด้วยวิธีนี้สามารถทำได้รวดเร็วโดยไม่ต้องอาศัยช่างผู้มีประสบการณ์มากนัก ขนาดของผลิตภัณฑ์มีความสม่ำเสมอเท่ากันทั้งหมด จึงถือได้ว่าเป็นการผลิตในระบบอุตสาหกรรมที่สามารถผลิตชิ้นงานได้ดี ผลการวิเคราะห์เนื้อดินที่ใช้ขึ้นรูปด้วยเครื่องโรลเลอร์เฮด แมชชีน สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

วิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องโรลเลอร์เฮด แมชชีน

1. คุณสมบัติด้านความเหนียว พบว่าเนื้อดินที่ได้จากการทดสอบมีความเหนียวอยู่ในระดับดีมาก เหมาะสำหรับขึ้นรูปด้วยเครื่อง โรลเลอร์เฮด แมชชีน (Roller Head Machine) ซึ่งต้องใช้ดินที่มีความเหนียวเป็นหลัก ใช้ปริมาณน้ำน้อยกว่าเนื้อดินที่ขึ้นรูปแบบใบมีด การขึ้นรูปเริ่มจากขั้นการเตรียมดิน 1 ก้อนขนาดเหมาะกับชิ้นงาน แล้ววางบนแม่พิมพ์เมื่อเปิดเครื่องแล้วเนื้อดินไม่หลุด ร่อนออกจากแม่พิมพ์

2. ขั้นตอนการขึ้นรูปเริ่มเปิดเครื่องโรลเลอร์ ให้หมุนในขณะที่กดหัวโรลเลอร์ ลงมาที่แม่พิมพ์ พบว่าหัวโรลเลอร์สามารถรีดเนื้อดินให้เข้าตามแม่พิมพ์ ซึ่งถูกออกแบบให้เป็นชุด

เดียวกันกับแบบพิมพ์ สำหรับขนาดความหนาของผลิตภัณฑ์จะควบคุมโดยการตั้งระยะที่หัวโรลเลอร์ไว้แล้ว เมื่อเสร็จเรียบร้อยแล้วยกหัวโรลเลอร์ออกจากแบบพิมพ์จากนั้นแป้นสำหรับวางแม่พิมพ์จะหยุดชั่วคราว ทำการยกแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่ขึ้นรูปเสร็จแล้วออกไปผึ่งแห้งหรืออบแห้ง เตรียมนำพิมพ์ชุดใหม่มาวาง

3. เมื่อขึ้นรูปเสร็จแล้วออกไปผึ่งแห้งหรืออบแห้ง ใช้เวลาประมาณ 20 – 30 นาที พบว่าเนื้อดินจะเริ่มหลุดร่อนออกจากพิมพ์ ทำการเคาะและแกะชิ้นงานออกจากแบบพิมพ์ได้ดีและเนื้อดินสามารถทรงตัวตามรูปแบบที่ได้ออกแบบไว้ ไม่แตกร้าว ไม่บิดเบี้ยว

4. การตกแต่งชิ้นงาน โดยการนำมาตกแต่งเก็บรายละเอียดขูดขีดตกแต่งในขณะที่เป็นดินหมาดทำได้อย่างสะดวก มีการแตกร้าวก่อนเผาน้อยมาก

5. ติดส่วนประกอบชิ้นงาน ส่วนหู

โดยสรุปสามารถวิเคราะห์ได้ว่าเนื้อดินที่นำมาทดสอบเพื่อวิเคราะห์ศักยภาพในการขึ้นรูปด้วยเครื่องโรลเลอร์ เฮด แมชชีน เนื้อดินมีความเหนียว การกดวางหัวด้วยเครื่องโรลเลอร์ ลงและการรีดเนื้อดินเข้าตามขนาดความหนาของแบบพิมพ์ได้ดี ระยะเวลาในการหลุดร่อนออกจากแม่พิมพ์อยู่ในระเวลาที่เหมาะสมคือไม่มากเกินและไม่น้อยจนเกินไป คือใช้เวลาประมาณ 20 – 30 นาที และที่สำคัญเนื้อดินสามารถทรงตัวตามรูปแบบที่ได้ออกแบบไว้ ไม่แตกร้าว ไม่บิดเบี้ยว ซึ่งสามารถที่จะนำไปพัฒนาใช้ในการผลิตเชิงอุตสาหกรรมได้

บทที่ 5

สรุปผล และข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนาเนื้อดินพื้นบ้าน มาทดลองทำเป็นเนื้อดินในงานเซรามิกส์ ให้มีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปด้วยเครื่องโรลเลอร์ เฮด แมชชีน ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูล เอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเนื้อดิน เพื่อใช้เป็นเนื้อดินปั้น ในงานอุตสาหกรรมของใช้ของตกแต่ง ทำการหาอัตราส่วนผสมทำเนื้อดินปั้นโดยการหาอัตราส่วนผสมจากทฤษฎีเชิงเส้น (Line Blend) ได้ส่วนผสมที่มีวัตถุดิบ 2 ชนิด ได้แก่ ดินจากอำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ กับดินดำ (Ball clay) กำหนดจุดในการทดลอง 10 จุด เผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส โดยใช้เตาไฟฟ้า ซึ่งผู้วิจัยได้สรุปผลการทดลองดังนี้

สรุปผลการทดลอง

จากการนำเนื้อดินพื้นบ้านจากอำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ ทำการทดลองพัฒนาเนื้อดิน โดยการหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นจากทฤษฎีเชิงเส้น (Line Blend) อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบจำนวน 10 จุด เมื่อเตรียมเนื้อดินปั้นแล้วนำไปขึ้นรูปชิ้นทดลอง และทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นพบว่า เนื้อดินทุกสูตรจะใช้น้ำผสมลงในเนื้อดินร้อยละ 20 เท่ากันทุกสูตร เนื้อดินสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ที่มีลักษณะเนื้อดินหยาบมีความเหนียวน้อยเมื่อใช้นิ้วขยี้ดูจะรู้สึกได้ชัดเจน เนื่องจากว่าเนื้อดิน มีอัตราส่วนผสมของเนื้อดินบ้านกรวดในปริมาณมากกว่า ทุกสูตร ไม่เหมาะสมกับการขึ้นรูปแบบโรลเลอร์ เฮดแมชชีน เนื้อดินสูตรที่ 3 ถึงสูตรที่ 8 เนื้อดินมีความเหนียวที่สามารถใช้ปั้นขึ้นรูปได้ดี เนื่องจากเนื้อดินกลุ่มนี้มีปริมาณวัตถุดิบทั้งสองชนิดใกล้เคียงกัน และสูตรที่ 9 และ สูตรที่ 10 เนื้อดินมีความเหนียวดีแต่เนื้อดินละเอียดมากเกินไป เมื่อนำไปขึ้นรูปแบบโรลเลอร์ เฮดแมชชีน แล้วจะมีการหดตัวมาก เกิดปัญหาเรื่องการบิดเบี้ยวของชิ้นงาน

และเมื่อนำแท่งทดสอบไปเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส พบว่าเนื้อดินทุกสูตรสามารถทนความร้อนที่อุณหภูมิในระดับ 1,230 องศาเซลเซียส ได้โดยไม่หลอมละลาย สีของเนื้อดินสูตรที่ 1,2,3 และสูตรที่ 4 มีสีน้ำตาลเข้ม สูตรที่ 5 และสูตรที่ 6 มีสีน้ำตาลอ่อน และสูตรที่ 7,8,9 และสูตรที่ 10 มีสีออกน้ำตาลอ่อน จนถึงครีม เมื่อนำไปทดสอบค่าการหดตัวของเนื้อดินพบว่าทุกสูตรมีค่าการหดตัวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของเนื้อดินสโตนแวร์คือมีค่าการหดตัวไม่

เกินร้อยละ 15 และสูตรที่มีการหดตัวมากที่สุด คือสูตรที่ 10 หดตัวร้อยละ 11.8 และสูตรที่มีการหดตัวน้อยที่สุดคือสูตรที่ 1 มีค่าการหดตัวร้อยละ 7.33 เมื่อนำแท่งทดสอบไปทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ พบว่าเนื้อดินสูตรที่มีค่าดูดซึมน้ำมากกว่าร้อยละ 5 มีอยู่ 3 สูตรได้แก่สูตรที่ 1,2 และ3 คือมีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 5.88 และสูตรที่มีค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุดคือสูตรที่ 10 คือดูดซึมน้ำร้อยละ 1.98 เมื่อนำแท่งทดสอบไปทดสอบค่าความแกร่งของเนื้อดิน พบว่าสูตรที่มีค่าความแกร่งมากที่สุด คือ สูตรที่ 10 มีค่าความแกร่งที่ 637.21 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สูตรที่มีค่าความแกร่งน้อยที่สุด คือ สูตรที่ 1 มีค่าความแกร่งที่ 204.57 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับลักษณะของเนื้อดินเซรามิกส์ กล่าวคือ เนื้อดินที่ผ่านการเผาแล้วมีค่าการหดตัวมาก เนื้อดินจะมีค่าความแกร่งมากด้วย เนื้อดินมีความพรุนตัวน้อยจึงมีค่าการดูดซึมน้ำน้อยด้วย และในทางตรงกันข้าม เนื้อดินที่ผ่านการเผาแล้วมีค่าการหดตัวน้อย เนื้อดินก็จะมีค่าความแกร่งน้อยด้วย เนื้อดินมีความพรุนตัวมาก และจะมีค่าการดูดซึมน้ำมาก

จากผลการทดลองครั้งนี้ กลุ่มผู้วิจัยได้คัดเลือกสูตรที่ 6 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมดังนี้ ดินพื้นบ้าน อ.บ้านกรวด ร้อยละ 50 และดินดำ ร้อยละ 50

เมื่อทำทดสอบสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินหลังการเผาแกร่งแล้วเนื้อดินมีสีน้ำตาลอ่อนออกครีม มีค่าการหดตัวของเนื้อดินอยู่ที่ร้อยละ 9.8 มีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 3.70 และมีค่าความแกร่งของเนื้อดิน 461.23 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ของเนื้อดินเซรามิกส์ชนิดสโตนแวร์ คือมีค่าการหดตัวไม่เกินร้อยละ 15 ค่าการดูดซึมน้ำไม่เกินร้อยละ 5 มีค่าความแกร่งมาก เมื่อเคาะแล้วจะมีเสียงดังกังวาน ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มเนื้อดินชนิด สโตนแวร์

เนื้อดินเมื่อนำมาทดสอบเพื่อวิเคราะห์ศักยภาพในการขึ้นรูปด้วยเครื่องโรลเลอร์ เฮด แมชชีน แล้ว เนื้อดินมีความเหนียว การกดหัวโรเลอร์ลง และการรีดเนื้อดินเข้าตามขนาดความหนาของแบบพิมพ์ได้ดี ระยะเวลาในการหลุดร่อนออกจากแม่พิมพ์อยู่ในระเวลาที่เหมาะสมคือไม่มากและไม่น้อยจนเกินไป อยู่ที่ระหว่างเวลา 20 – 25 นาที และที่สำคัญเนื้อดินสามารถทรงตัวตามรูปแบบที่ได้ออกแบบไว้ ไม่แตกร้าว ไม่บิดเบี้ยว เนื้อดินมีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปด้วยเครื่องโรลเลอร์เฮด แมชชีน ทดแทนการซื้อเนื้อดินสำเร็จรูปที่มีราคาค่อนข้างสูง และเป็นการสร้างเอกลักษณ์ให้กับผลิตภัณฑ์ ในส่วนของการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ได้อย่างยั่งยืนต่อไปซึ่งสามารถที่จะนำไปพัฒนาใช้การผลิตในเชิงอุตสาหกรรมได้

ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองพัฒนาเนื้อดิน จากดินพื้นบ้าน อ.บ้านกรวด กับดินดำเพื่อใช้เป็นเนื้อดินปั้นในงานเซรามิกส์นั้น ผู้วิจัยได้พบปัญหาและแนวทางการแก้ไข ตลอดจนข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1. ในการเตรียมวัตถุดิบที่เป็นดินพื้นบ้าน ต้องมีการบด ร่อน และทดสอบสมบัติทางกายภาพ ก่อนนำไปใช้งานทุกครั้ง

2. การขึ้นรูปด้วยเครื่องโรลเลอร์ เฮด แมชชีน ในส่วนของการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่แต่ละชุด โดยเริ่มตั้งแต่การออกแบบ การทำพิมพ์ และจะมีปัญหาที่ต้องมีการกลึงโลหะให้เป็นหัวโรลเลอร์ตามที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งช่างจะต้องมีความรู้ในเรื่องของเครื่องจักรกล ในการติดตั้งการประกอบและการปรับขนาดความหนาบางของชิ้นงาน

3. ในโอกาสต่อไปควรมีการพัฒนาในด้านการทำชุดหัวโรลเลอร์ และแม่พิมพ์ สำหรับการขึ้นรูปด้วยเครื่องโรลเลอร์ เฮด แมชชีน ชุดใหม่ซึ่งจะได้รูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่เป็นเอกลักษณ์ของตนเอง

บรรณานุกรม

กิติชัย ระมิงค์วงศ์. (2543) **การพัฒนาเนื้อดินเทอราคอตต้าที่ใช้เป็นเนื้อดินปั้น และเนื้อดินหล่อแบบงานอุตสาหกรรมตกแต่ง.** ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร.

โกมล รักษ์วงศ์. (2538) **งานวิจัยเตาเผาเครื่องปั้นดินเผา เตาเผาแม่น้ำน้อยเพื่อสืบสานและอนุรักษ์ศิลปวัตถุโบราณของจังหวัดสิงห์บุรี.** กรุงเทพ ฯ : ภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏพระนคร.

ชลัย ศรีสุข (2539) **ดินบอลเคลย์เพื่ออุตสาหกรรมเซรามิก** . วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ

ทวี พรมพฤกษ์. (2523) **เครื่องเคลือบดินเผาเบื้องต้น.** กรุงเทพ ฯ : โอเดียนสโตร์.

ปราโมทย์ ปิ่นสกุล. (2548) **การทำเนื้อดินสโตนแวร์อุณหภูมิต่ำจากเนื้อดินอำเภอกระสังจังหวัดบุรีรัมย์.** ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร.

ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. (2538) **เซรามิกส์พิมพ์ครั้งที่ 4** . กรุงเทพ ฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

_____. (2539) **เซรามิกส์พิมพ์ครั้งที่ 5** . กรุงเทพ ฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ **ปลาสเตอร์.** กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 41(129) :~ 33-34 ; พฤษภาคม

วัชระ วชิรภัทรกุล และคณะ. (2550) **การศึกษารูปแบบและลวดลายเพื่อพัฒนาการผลิตเครื่องเคลือบดินเผาบุรีรัมย์.** รายงานการวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวัฒนธรรมแห่งชาติ กระทรวงวัฒนธรรม.

ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์. (2537) **รวมสูตรเคลือบเซรามิก.** กรุงเทพ ฯ : โอเดียนสโตร์.

———— (2541) **เนื้อดินเซรามิกส์.** กรุงเทพ ฯ : โอเดียนสโตร์.

ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาภาคเหนือ. (2538) **ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเซรามิกส์.** กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม.

_____. (2544) **คู่มือการผลิตเครื่องใช้เซรามิกบนโต๊ะอาหาร.** กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, พิมพ์ครั้งที่ 2.

สาธร ชลชาติภิญโญ. (2538) **การทดลองทำภาชนะทนความร้อนชนิดเนื้อแน่นจากอัตราส่วนผสมระหว่าง อลูมินา ดินขาว หินฟันม้า และดินเหนียว.** ปริญญานิพนธ์หลักสูตรปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, อัดสำเนา.

สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. (2534) **น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา.** กรุงเทพ ฯ ไทยวัฒนาพานิช.

แสงโสม ตั้งสินพูลเพิ่ม. (2545) **การทดลองทำภาชนะเครื่องปั้นดินเผาสำหรับประกอบอาหารในเตาไมโครเวฟ.** วิทยานิพนธ์หลักสูตร ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏพระนคร.

อายุวัฒน์ สว่างผล. (2543) **วัตถุดิบที่ใช้แพร่หลายในงานเซรามิกส์ (Raw Materials of Ceramics).** กรุงเทพ ฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

อุบลศรี ชัยสาม และ เยาวลักษณ์ นิสสภา (2526) **คุณลักษณะของแร่ตามมาตรฐานการให้งานและมาตรฐานการซื้อขาย ในตลาดแร่** : กองเศรษฐกิจและเผยแพร่ กรมทรัพยากรธรณี, กรุงเทพ ฯ

อุษณีย์ มาลี. (2549) **ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์และเทคโนโลยี.** เอกสารประกอบการสอน. คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.

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

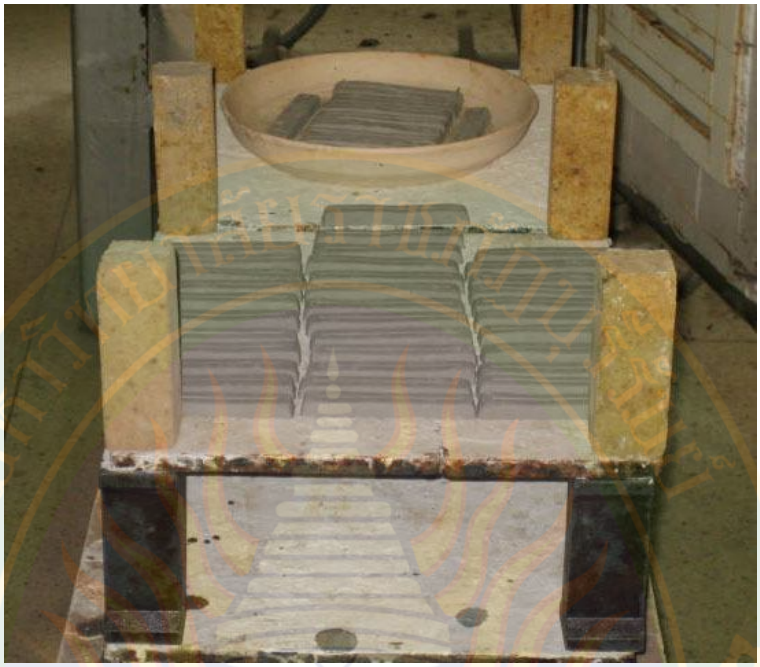
Rhodes,Daniel. (1959) **Stoneware and Porcelain the Art of High – Fired Pottery** Pennsylvania : Chilton Book Company.

Singer,Felix and Singer, Sonja S. (1963) **Industrial Ceramics.** London : Champan and Hall Ltd.

ภาคผนวก

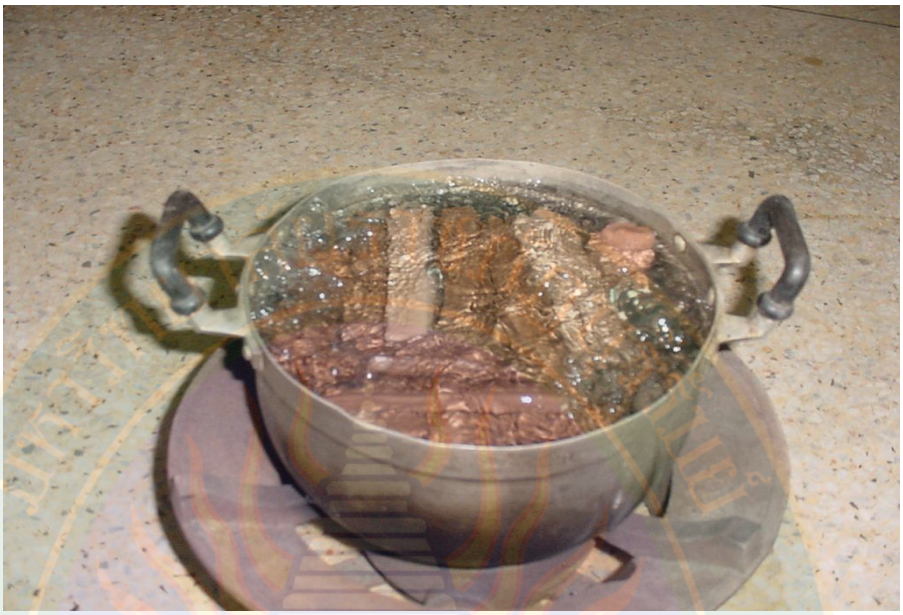
ภาพที่ 5 การเตรียมพิมพ์ สำหรับอัดเป็นแท่งทดสอบเนื้อดิน

ภาพที่ 6 การอัดแท่งทดสอบเนื้อดิน



ภาพที่ 7 การเตรียมเผาแท่งทดสอบเนื้อดิน

ภาพที่ 8 การทดสอบค่าความแข็งแรงของเนื้อดิน



ภาพที่ 9 ต้มทดสอบการดูดซึมน้ำของเนื้อดิน

ภาพที่ 10 แท่งทดสอบเนื้อดินจำนวน 10 สูตร

ภาพที่ 11 การเตรียมทำแม่พิมพ์ทำสำหรับการใช้งาน

ภาพที่ 12 เทปูนปลาสเตอร์ทำแบบพิมพ์สำหรับใช้งาน

ภาพที่ 13 เทปูนปลาสเตอร์ทำแบบพิมพ์

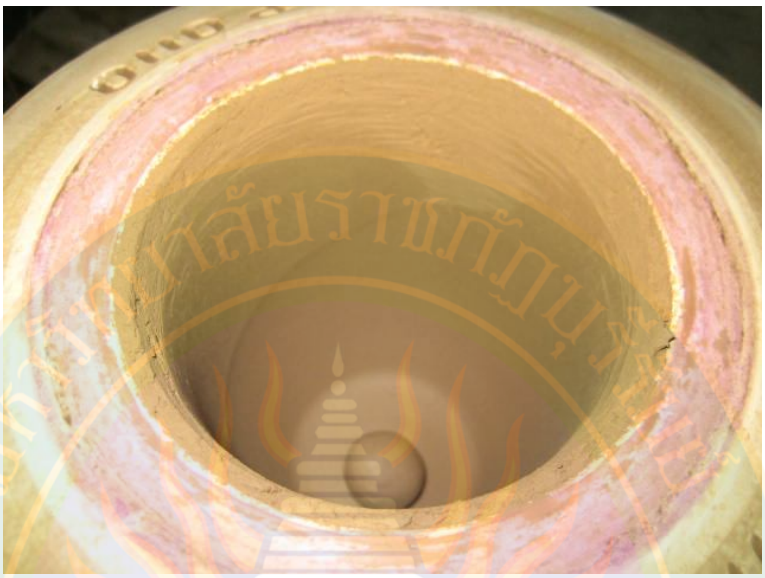
ภาพที่ 14 แบบพิมพ์สำหรับใช้ในการขึ้นรูปแบบโรลเลอร์ เฮด แมชชีน

ภาพที่ 15 แบบพิมพ์สำหรับใช้ในการขึ้นรูปแบบโรลเลอร์ เฮด แมชชีน

ภาพที่ 16 แบบพิมพ์สำหรับใช้ในการขึ้นรูปแบบโรลเลอร์ เฮด แมชชีน

ภาพที่ 17 การเตรียมแม่พิมพ์สำหรับประกอบส่วนหู

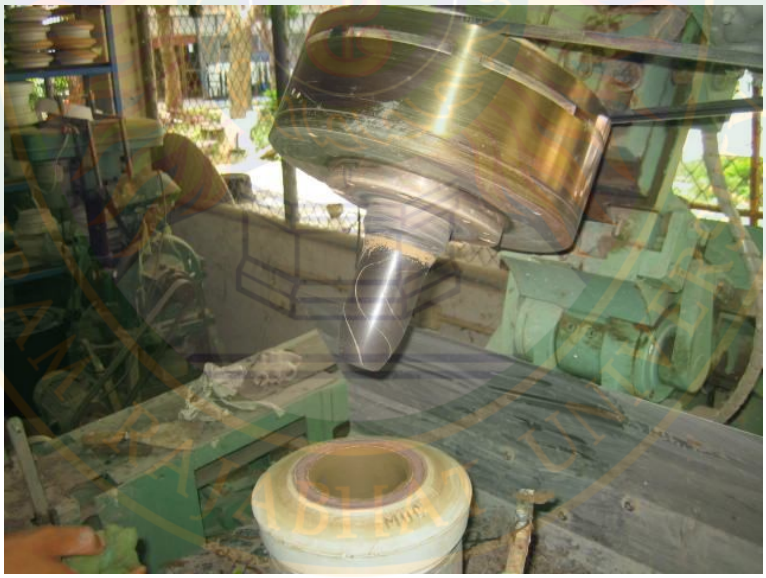
ภาพที่ 18 การขึ้นรูปด้วยเครื่องโรลเลอร์ เฮด แมชชีน



ภาพที่ 19 เนื้อดินที่มีปริมาณของเนื้อดินพื้นบ้านมาก เหนียวน้อย การรีดอัดเข้ากับแม่พิมพ์ไม่ดีเท่าที่ควร

ภาพที่ 20 เนื้อดินที่มีปริมาณน้ำในเนื้อดินมาก จะติดหัวโรลเลอร์

ภาพที่ 21 ใช้ผ้าหรือฟองเช็ดทำความสะอาดหัวโรลเลอร์ ก่อนทำการขึ้นรูป



ภาพที่ 22 ลักษณะการขึ้นรูปด้วยเครื่องโรลเลอร์เฮด แมชชีน

ภาพที่ 23 การเตรียมยกแม่พิมพ์ที่ขึ้นรูปเสร็จ และนำแม่พิมพ์ตัวใหม่มาขึ้นรูปใหม่

ภาพที่ 24 ชิ้นงานเริ่มหลุดร่อนจากแม่พิมพ์ การแกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์

ภาพที่ 25 การต่อประกอบส่วนหู กับชิ้นงานที่ได้จากการทดลอง

ภาพที่ 26 ชิ้นงานที่ได้จากการทดลอง รอแห้ง เตรียมเผาดิบ

ภาพที่ 27 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเนื้อดินสูตรที่ 6 ที่ทดลองใช้เคลือบจากผงหินบะซอลต์

ภาพที่ 28 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเนื้อดินสูตรที่ 6 ที่ทดลองใช้เคลือบจากผงหินบะซอลต์

ภาพที่ 29 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเนื้อดินสูตรที่ 6 ที่ทดลองใช้เคลือบจากผงหินบะซอลต์ เคลือบหนา

ภาพที่ 30 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากทดลอง และการนำไปใช้งาน