

การทดลองผลิตโถงบดด้วยเนื้อดินปั้นฮาร์ดพอร์สเลน
ที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส

จุมพฏ พงศ์ศักดิ์ศรี

เพียรพิน ชัยบ

สุภาพร อรรถโกมล

รัชฎาภรณ์ เกษมสัสดี

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์

สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม จ.พิษณุโลก

รายงานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม จ.พิษณุโลก

พ.ศ. 2544

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเชิงทดลองครั้งนี้ ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากสถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม โดยได้รับความอนุเคราะห์และให้คำแนะนำพร้อมทั้งข้อมูลเกี่ยวกับการจัดทำกรวิจัย จากสำนักวิจัยและบริการวิชาการ จนทำให้งานวิจัยสำเร็จ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณไว้ในโอกาสนี้

ขอขอบคุณ อาจารย์นิวัตร หัตถนะ ที่ให้คำแนะนำและเสนอแนะข้อมูลซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยนี้ให้สำเร็จด้วยดี

ขอขอบคุณ อาจารย์สุนทร คล้ายอ่ำ และ อาจารย์บังการ ที่พึ่ง ที่ให้คำแนะนำตรวจแก้ไขการเขียนบทคัดย่อภาษาต่างประเทศ

ขอขอบคุณ โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเรามาิกส์ สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม จ.พิษณุโลก ที่ได้อนุเคราะห์ เครื่องมือวัสดุอุปกรณ์ ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณดีทั้งหมดของงานวิจัยนี้ แต่คุณพ่อ คุณแม่ ครู อาจารย์อันเป็นที่เคารพอย่างสูงของคณะผู้วิจัย

นายจุมพฏ	พงศ์ศักดิ์ศรี
นางสาวเพ็ชรทิณ	ชัยบ
นางสาวสุภาพร	อรรถโกมล
นางสาววิภาภรณ์	เกษมส์ลดี

ชื่อเรื่อง : การทดลองผลิตโกร่งบดด้วยเนื้อดินปั้นยาร์ตพอร์สเลน ที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส

ชื่อผู้วิจัย : นายจุมพฏ พงศ์ศักดิ์ศรี
นางสาวเพียรพิน ขยับ
นางสาวสุภาพร อรรถโกมล
นางสาวรัชฎาภรณ์ เกษมสัสดี

ที่ปรึกษา : อาจารย์นิวัตร พัฒนะ

วิจัยในกลุ่มวิชาการ : สาขาวิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรมวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างส่วนผสมของเนื้อดินปั้น ยาร์ตพอร์สเลนอุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส ที่เหมาะกับการนำไปผลิตเป็นโกร่งบด โดยใช้วัตถุดิบ 3 ชนิด คือ Kaolin Feldspar Quartz ซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองได้จากการสุ่มแบบเจาะจงจากตารางตามเหลี่ยม ได้ส่วนผสมเพื่อทำการทดลองทั้งหมด จำนวน 20 ส่วนผสม ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัย โดยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ตอนที่ 1 นำส่วนผสมที่ได้จากการสุ่มตัวอย่าง 20 ส่วนผสม ชั่ง บด ผสมและขึ้นรูปเป็นแท่งทดลองเผาที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบรีดักชัน ภายหลังจากการเผาได้ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพได้แก่ การหดตัว การดูดซึมน้ำ และความแข็งแรง บันทึกรผลการทดลอง ตอนที่ 2 คัดเลือกส่วนผสมที่มีความเหมาะสม 1 ส่วนผสม ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกส่วนผสมที่ 7 มีส่วนผสม คือ Kaolin 50 % Feldspar 30% Quartz 20.6 ซึ่ง บดผสมในหม้อบดขนาดเล็ก นำไปขึ้นรูปด้วยใบมีดเป็นโกร่งบด และขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อเป็นลูกโกร่งในแบบพิมพ์บนพลาสติกเตอร์ ผึ่งให้แห้ง แล้วเผาที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบรีดักชัน ปรากฏว่าส่วนผสมเนื้อดินปั้นที่คัดเลือกมาขึ้นรูปและเผาเป็นผลิตภัณฑ์ชุดโกร่งบด สามารถทนความร้อนตามอุณหภูมิที่เผาได้โดยไม่เสียรูปทรงและไม่เกิดตำหนิใดๆ

Title : AN EXPERRIMENT OF PRODUCT A MORTAR BY
PROCELAIN BODY 1,300 DEGREES CELCIUS

Author : MR.Jumpot phongsaksri
Miss.Phianphin Kayab
Miss.Supaporn Atthagomol
Miss.Ratchadaporn Kaseamsad

Adviser : Niwat Patthana

Type of Work : Engineering and industrial Research

The purpose of the study were : To build composition of Hard porcelain body in temperature at 1,300 °c . This temperature is be appropriate to make a mortar by use 3 kinds of material are Kaolin, Feldspar, and Quartz.

The sampling technique of the study were use purposive sampling to get the mixing formula tests = 20 formula Researchers had to divided 2 part of the thesis Part 1 was use the mixing by sampling technique = 20 formula mixing tests after that weight, to crush, mix, test piece forming and burning at 1,300 °c in reduction atmosphere type after burning has physical specific test for firing shrinkage , water absorption, modulus of rupture. Collection data.

Part 2. Select 1 mixing formula that appropriate. The researcher has select formula No. 7 that content Kaolin 50% Quartz 20 % weight and crush in jar mill and forming by jiggering machine and mold casting a mortar in plaster molding, Guying after that burning, at 1,300 °c in reduction atmosphere. The result of this study were the composition of body that the researcher was selected for forming and burning to make a mortar product can be stand for the heat temperature with no reflected to shape and any defection of the making product.

สารบัญ

บทที่

หน้า

1 บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
ขอบเขตของการวิจัย.....	2
ข้อตกลงเบื้องต้น.....	2
คำนิยามศัพท์เฉพาะ.....	3

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความรู้เกี่ยวกับเนื้อดินบนชนิดพอร์สเลน.....	6
วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง.....	11
ความรู้เกี่ยวกับเนื้อดินปั้น.....	15
การทำพิมพ์และการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์.....	23
น้ำเคลือบ.....	29
เตาเผาและการเผา.....	46
การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นภายหลังการเผา.....	52

3 วิธีดำเนินการทดลอง

วัตถุดิบ.....	56
กลุ่มตัวอย่าง.....	56
ตัวแปรที่ศึกษา.....	59
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	59
การดำเนินการวิจัย.....	60
การวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	62

สารบัญ(ต่อ)

บทที่

หน้า

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการทดสอบคุณสมบัติทางการรียภาพภายหลังการเผา..... 63

ผลการทดลองนำส่วนผสมผลิตเป็นรูปโถงบด..... 65

5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง..... 68

อภิปรายผล..... 68

ข้อเสนอแนะ..... 69

บรรณานุกรม..... 71

ภาคผนวก..... 74

ประวัติย่อของผู้วิจัย..... 80

บัญชีตาราง

ตาราง

หน้า

1. ตัวอย่างเนื้อดินชนิดพอร์สเลนรีงเผาในอุณหภูมิ 1,260-1,285 องศาเซลเซียส.....10

2. แสดงส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อดินปั้นฮาร์ดพอร์สเลน.....58

3. แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส.....64

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
Pibulsongkram Rajabhat University

บัญชีภาพ

ภาพ

หน้า

1. แสดงตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า.....	22
2. แสดงการขึ้นรูปด้วยใบมีดแบบภายนอก.....	27
3. แสดงการขึ้นรูปด้วยใบมีดแบบภายใน.....	28
4. แสดงการขึ้นรูปด้วยใบมีดแบบภายใน.....	28
5. ตารางสามเหลี่ยมแสดงส่วนผลรวมของเนื้อดินปั้นชาร์ตพอร์สเลน.....	57
6. พิมพ์ปูนพลาสเตอร์.....	75
7. พิมพ์ปูนพลาสเตอร์.....	75
8. พิมพ์ปูนพลาสเตอร์.....	76
9. เครื่องขึ้นรูปด้วยใบมีด.....	76
10. โถงบดภายหลังการขึ้นรูปด้วยใบมีด.....	77
11. โถงบดก่อนทำการเผา.....	77
12. โถงบดภายหลังการเผา.....	78
13. ลูกโถงภายหลังการเผา.....	78
14. ชิ้นทดลองภายหลังการทดสอบ.....	79

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

โถงบดเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญ โดยให้ประกอบการทำงานปฏิบัติการทางเคมี หรือประกอบ การทดลองต่างๆและผลิตภัณฑ์โถงบดนั้นนิยมใช้เนื้อเซรามิกสในการผลิต ซึ่งราคาของโถงบดแต่ละชุดจะมีราคาค่อนข้างแพง เพราะเนื้อผลิตภัณฑ์เป็นเนื้อดินปั้นชนิดฮาร์ดพอร์สเลน ซึ่ง โทมัส รัทวอร์ค (2531 : 166) ได้กล่าวถึงคุณสมบัติเฉพาะของเนื้อดินปั้นฮาร์ดพอร์สเลนว่า เป็นเนื้อดินปั้นที่มีความแข็งแรง แข็งแกร่ง ทนทาน โปร่งแสง สีขาว มีจุดสุกตัวสูงไม่มีการดูดซึมน้ำ ช่วงอุณหภูมิ การเผา ยาว ทนความร้อนสูง เป็นฉนวนไฟฟ้า ทนต่อการกัดกร่อนทางเคมีได้ดี จากคุณสมบัติดังกล่าวข้างต้น ทำให้เนื้อดินปั้นชนิดฮาร์ดพอร์สเลนเหมาะสมกับการผลิตเป็นโถงบดได้ดี เนื่องจาก โถงบดชุดหนึ่งๆ นั้น จะมีลูกโถงที่มีส่วนช่วยให้เกิดการบดได้สมบูรณ์ โดยใช้หลักการ คือ แรงเสียดสีระหว่างโถงบดกับลูกโถง เพื่อให้สารหรือวัตถุดิบที่ต้องการบดละเอียดรวดเร็วยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองศึกษาส่วนผสมเนื้อดินปั้นฮาร์ดพอร์สเลนเพื่อนำไปผลิตโถงบด ซึ่งผลการทดลองวิจัยผลิตโถงบดด้วยเนื้อดินปั้นฮาร์ดพอร์สเลนครั้งนี้ จำเป็นต่อการเรียนการสอน ในรายวิชาเชิงปฏิบัติและสามารถนำไปสู่การผลิตในระบบอุตสาหกรรมซึ่งจำหน่ายในราคาถูกได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อสร้างเนื้อดินปั้นฮาร์ดพอร์สเลนอุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส ที่เหมาะกับการนำไปผลิตโถงบดได้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. หน่วยงานที่จะได้รับประโยชน์จากผลการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ สถานศึกษา ห้องทดลอง สถาบันวิจัย โรงงานอุตสาหกรรม

2. บุคคลที่จะได้รับประโยชน์จากการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษา นักเรียน นักวิจัย และบุคคลที่มีความเกี่ยวข้องกับการใช้อุปกรณ์ชุดโรงแบบด

ขอบเขตของการวิจัย

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ Kaolin Feldspar และ Quartz
2. กลุ่มตัวอย่าง ได้จากการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากตารางสามเหลี่ยม (Triaxial Blend) ซึ่งได้สัดส่วนของกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้ Kaolin 30 – 70 % Feldspar 10–50% และ Quartz 10 – 60 % จำนวน 20 ส่วนผสม

3. ตัวแปรที่ศึกษา

3.1 ตัวแปรต้น คือ สัดส่วนของวัตถุดิบที่เปลี่ยนแปลง

3.2 ตัวแปรตาม คือ คุณสมบัติภายหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบรีดักชัน

3.2.1 ค่าการหดตัว (Firing Shrinkage) ภายหลังจากการเผา

3.2.2 ค่าการดูดซึมน้ำ (Water Absorption) ภายหลังจากการเผา

3.2.3 ค่าความแข็งแรง (Modulus of Rupture) ภายหลังจากการเผา

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่

1.1 Kaolin จากแหล่ง จังหวัดระนอง มีผลวิเคราะห์ทางเคมี ดังนี้

47.6		36.8	1.22	0.11	0.40	1.92	0.15	12.20
------	--	------	------	------	------	------	------	-------

1.2 Feldspar จากแหล่งทั่วไป มีผลวิเคราะห์ทางเคมี ดังนี้

72.38	0.02	15.5	0.08	0.31	0.04	9.06	2.27	0.34
-------	------	------	------	------	------	------	------	------

1.3 Quartz จากแหล่ง ทัวโป มีผลวิเคราะห์ทางเคมี ดังนี้

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
98.98	0.51	0.16

2. ชั่งวัตถุดิบด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้า
3. บดผสมวัตถุดิบด้วย หม้อบดขนาดเล็ก (Jar Mill)
4. ขึ้นรูปแท่งทดลองด้วยการอัด
5. เผาดิบที่ อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส
6. เผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซียส ในบรรยากาศแบบ ไร้ดักชั้น
7. เคลือบพอร์สเลนที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ได้แก่
 - 7.1 Feldspar 34.3 %
 - 7.2 Quartz 34.2 %
 - 7.3 Kaolin 9.0 %
 - 7.4 Dolomite 15.8 %
 - 7.5 Whiting 6.0 %
 - 7.6 Zincoxide 0.7 %
8. เผายืนไฟที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซียส 20 นาที
9. นำแท่งทดลองออกจากเตาเผาที่อุณหภูมิไม่เกิน 150 องศาเซียส
10. คัดเลือกส่วนผลมที่เหมาะสม 1 ส่วนผลม ทดลองขึ้นรูปด้วยใบมีดเป็นโกร่งบด

คำนิยามศัพท์เฉพาะ

1. เนื้อดินปั้นยาร์ดพอร์สเลน หมายถึง เนื้อดินปั้นที่ได้จากส่วนผสม ของ Kaolin Feldspar และ Quartz เผาที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส
2. บรรยากาศแบบไร้ดักชั้น หมายถึง การเผาไหม้ ที่ไม่สมบูรณ์ หรือการเผาที่มีควันเนื่อง จากเชื้อเพลิงกับออกซิเจนทำปฏิกิริยากันอย่างไม่สมบูรณ์
3. ค่าการหดตัว หมายถึง การหดตัวเชิงเส้นของแท่งทดลอง ภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบไร้ดักชั้น

4. ค่าการดูดซึมน้ำ หมายถึง เปอร์เซ็นต์ของน้ำที่แทรกซึมอยู่ในเนื้อแท่งทดลอง
5. ค่าความแข็งแรง หมายถึง ความสามารถในการรับแรงกดกลางแท่ง ของแท่งทดลอง

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาข้อมูลและเอกสารจากแหล่งต่าง ๆ ตามลำดับชั้นหัวข้อ แบ่งออกเป็นหัวข้อได้ดังต่อไปนี้

1. ความรู้เกี่ยวกับเนื้อดินปั้นชนิดพอร์สเลน
 - 1.1 ประวัติความเป็นมาของพอร์สเลน
 - 1.2 เนื้อดินปั้นชนิดพอร์สเลน
 - 1.3 การเตรียมเนื้อดินปั้นพอร์สเลน
2. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองเนื้อดินปั้น ได้แก่
 - 2.1 Kaolin
 - 2.2 Feldspar
 - 2.3 Quartz
3. ความรู้เกี่ยวกับเนื้อดินปั้น
 - 3.1 เนื้อดินปั้นและการเตรียมเนื้อดินปั้น
 - 3.2 การคำนวณวัตถุดิบจากตารางสามเหลี่ยม
4. การทำพิมพ์และการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์
 - 4.1 การทำพิมพ์ปูนปลาสเตอร์
 - 4.2 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์
5. น้ำเคลือบ
 - 5.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเคลือบ
 - 5.2 วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมในเคลือบพอร์สเลน
 - 5.3 การเตรียมและการชุบเคลือบ
 - 5.4 ลักษณะทางกายภาพและตำหนิของผิวเคลือบ
6. เตาเผาและการเผา
 - 6.1 เตาเผา
 - 6.2 การเผาผลิตภัณฑ์
 - 6.3 บรรยากาศในการเผา

7. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นภายหลังการเผา

ความรู้เกี่ยวกับเนื้อดินปั้นชนิดพอร์สเลน (Porcelain)

1.1 ประวัติความเป็นมาของพอร์สเลน

จีน เป็นชาติแรกที่สามารถทำเครื่องปั้นดินเผาด้วยดินสีขาวเนื้อโปร่งแสงคล้ายแก้ว ได้ตั้งแต่สมัยราชวงศ์ซ้อง ค.ศ. 960 – 1279 (พ.ศ. 1503 – 1822) ผลิตภัณฑ์พอร์สเลนในสมัยซ้องโหว้เนื้อดินและน้ำเคลือบสีขาวขุ่น ไม่มีการเขียนสีครามได้เคลือบ ต่อมาในสมัยจักรพรรดิยฺวู ค.ศ.1369 (พ.ศ. 1912 สมัยสุโขทัย) มองโกลเข้ามามีอำนาจปกครองประเทศจีน ได้นำลายเขียนสีฟ้าได้เคลือบอิทธิพลปอร์เซ็ลเข้ามาใช้ในการตกแต่งตลอดกลายผลิตภัณฑ์พอร์สเลน และได้ตั้งเตาหลวขึ้นที่เมืองจิงเตอะเจิน นับตั้งแต่นั้นมาเมืองจิงเตอะเจินก็กลายเป็นศูนย์กลางการทำเครื่องปั้นดินเผาเนื้อพอร์สเลน ในคริสต์ศตวรรษที่ 18 เนื้อดินได้มีการพัฒนาจนพูดกันมาว่ามีความขาวบริสุทธิ์เหมือนหยก มีความบางเหมือนกระดาษ และมีเสียงไพเราะเหมือนเสียงระฆังต่อมาเมืองจิงเตอะเจินถูกญี่ปุ่นทำลายโดยการทิ้งระเบิดในสงครามโลกครั้งที่ 2 เมืองถูกไฟไหม้ครั้งใหญ่หลายครั้งทำให้เมืองล่มสลาย เมืองจิงเตอะเจินได้ถูกบูรณะขึ้นใหม่ทั้งหมด เริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ.1955 (พ.ศ.2492) หลังสงครามโลกครั้งที่ 2 และในระยะเวลาเพียงไม่ถึง 10 ปี ค.ศ. 1955 (พ.ศ.2498) เมืองจิงเตอะเจินก็กลายเป็นศูนย์กลางในการผลิตถ้วยชามปอร์สเลนเหมือนเดิม และได้ส่งไปจำหน่ายในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกมาจนกระทั่งทุกวันนี้ (ไพจิตร อังศิริวัฒน์. 2541 : 174)

พอร์สเลนในยุโรป (Introduction of Porcelain into Europe)ประวัติความเป็นมาของอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาในยุโรป เริ่มจากคริสต์ศตวรรษที่ 16 (พ.ศ.2043-2143) ได้มีพ่อค้าชาวเวนิสนำเครื่องลายครามจากจีนไปขายในยุโรปเป็นครั้งแรก เครื่องลายครามเหล่านี้มีราคาแพงมากเมื่อไปถึงยุโรป ชาวยุโรปไม่เคยมีเครื่องปั้นดินเผาสีขาวโปร่งแสงมาก่อนจึงสันนิษฐานว่า ถ้วยชามปอร์สเลนทำมาจากแร่มีค่าหายากซึ่งมีอยู่เฉพาะในประเทศจีนเท่านั้น ในคริสต์ศตวรรษที่ 16 ทางยุโรปยังผลิตถ้วยชามเนื้อดินสีน้ำตาลทึบแสงเนื้อหนาเผาในอุณหภูมิต่ำ และยังมีนิยมการเล่นแร่แปรธาตุอื่น ๆ ให้กลายเป็นทองคำ

คำว่า พอร์ซเลน มีต้นกำเนิดมาจากภาษาอิตาเลียนว่าปอร์เซลลานา (Porcellana) ซึ่งแปลว่า หอยเบี้ย ซึ่งคงจะเปรียบเทียบความขาวและความเนียนโป่งแสงของผิวปอร์ซเลนว่าเหมือนผิวสัมผัสของเปลือกหอยนั่นเอง

ราคาซื้อขายพอร์ซเลนในยุโรปในขณะนั้นมีราคาแพงเท่าทองคำทีเดียว เป็นที่นิยมของกษัตริย์และขุนนางในแคว้นต่าง ๆ ของยุโรป ซึ่งเก็บสะสมไว้ ต่อมาพระเจ้าออตโตมันได้ส่งทหารไปยึดเมืองจีนได้ครองแคว้นแรกในทางเหนือของเยอรมันได้สังเกตเห็นการถลุงดิน ถ้าพระองค์สามารถผลิตเครื่องลายครามออกขายแข่งกับจีนคงจะนำความมั่งคั่งมาให้กับพระองค์เป็นแน่ พระองค์จึงได้ตั้งองค์อุปถัมภ์โรงงานในการค้นคว้าเพื่อทำเครื่องปั้นดินเผาในสมัยนั้น นักฟิสิกส์ในยุคนั้นก็ได้นำวัตถุดิบต่าง ๆ มาทดสอบผ่านการเผาในอุณหภูมิสูงหลายชนิด จนค้นพบว่าวัตถุดิบหลายชนิดหลอมละลายในอุณหภูมิสูง แล้วให้สีขาวหรือโป่งแสง พระองค์ทรงอุปถัมภ์นักค้นคว้าทดลองหลายท่านเป็นระยะเวลาจนหลายประเทศในยุโรปได้ตื่นตัวและค้นคว้าตาม ในจีนต้นมานานกว่าหนึ่งศตวรรษแต่ก็ยังทำเนื้อดินปอร์ซเลนแบบจีนไม่สำเร็จ เช่นสมัยเรอเนซองในอิตาลีได้พยายามทำดินเผาเนื้อละเอียดสีแดงแล้วเคลือบด้วยสีขาวที่บดบั้งเนื้อเดิมและเขียนลายทับด้วยลายเส้นสีฟ้า และสีต่าง ๆ เลียนแบบเครื่องลายคราม ต่อมาเรียกผลิตภัณฑ์นี้ว่ามาจอร์กา

ในคริสต์ศตวรรษที่ 17 ค.ศ.1679 มีหลักฐานว่าฝรั่งเศสได้ผลิตเนื้อดินปอร์ซเลนโดยใช้ดินขาวผสมกับแก้วบดละเอียด เนื่องจากแก้วเป็นวัตถุดิบที่โป่งแสงและดินขาวให้สีขาวบริสุทธิ์ ดังนั้นการผลิตพอร์ซเลนในยุคแรก ๆ จึงพยายามใช้วัตถุดิบทั้ง 2 อย่างนี้เป็นหลักผลิตภัณฑ์ที่ทำขึ้นมาเผาแล้วก็ได้สีขาวโป่งแสงจริงและมีเนื้อเป็นแก้ว ซึ่งต่อมาได้พัฒนาเป็น พริตพอร์ซเลนหรือพอร์ซเลนที่เผาในอุณหภูมิต่ำ เนื้อดินมีความแข็งแรงสู้พอร์ซเลนเผาในอุณหภูมิสูงของจีนไม่ได้

จนต่อมาในคริสต์ศตวรรษที่ 18 ค.ศ.1710 (พ.ศ.2253) เยอรมนีเป็นประเทศแรกที่ตั้งโรงงานปอร์ซเลนเผาที่อุณหภูมิสูงได้สำเร็จ ชื่อ โรงงานไมเซน (Meissen) ที่เมืองเดรสเดน ข้างนอกแบบพอร์ซเลนยุคแรก ๆ เป็นช่างเงิน ช่างทอง ช่างเขียน และช่างปั้นในราชสำนักจึงสามารถออกแบบได้วิจิตรพิสดาร ซึ่งได้อิทธิพลของศิลปะบารอกและรอกโคโค ฝรั่งเศสก็ได้ตั้งโรงงานผลิตพอร์ซเลนขึ้นในระยะเวลาใกล้เคียงกัน ในคริสต์ศตวรรษที่ 18 อุตสาหกรรมพอร์ซเลนได้แพร่กระจายไปทั่วยุโรปทั้งแถบสแกนดิเนเวีย สเปน ปอร์ตุเกสและอังกฤษ วัตถุดิบทุกชนิดถูกนำมาค้นคว้าวิจัยจนทราบคุณสมบัติหลังการเผา มีการค้นคิดกรรมวิธีการผลิตด้วยขามให้ทำได้รวดเร็ว เครื่องจักรเกอร์ด้วยขาม การพิมพ์ลวดลายด้วยรูปลอก ซึ่งจัดเป็นระบบอุตสาหกรรมเต็มขั้นตอนไม่ได้ลอกเลียนจากจีน ซึ่งเขียนลายด้วยพู่กัน หลังสมัยปฏิวัติอุตสาหกรรม ค.ศ. 1760 ได้นำเครื่องจักรมาใช้แทนแรงงานคนเกือบ

ทั้งหมด ผลิตภัณฑ์ด้วยขามราคาถูกลง แม้ชนชั้นกลางและชาวนาก็สามารถที่จะซื้อด้วยขาม กระเบื้องดินเผาไว้ใช้แทนภาชนะดินเผาธรรมดา (puter) ซึ่งภาชนะดินเผาไม่เหมาะในการใช้ต้มน้ำชา ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมในยุโรปขณะนั้น การดื่มในยุคแรกใช้ถ้วยชาทำมาจากจีน ซึ่งถ้าแตกจะหาของ มาเข้าชุดกันไม่ได้ ต่อมาด้วยขากาแฟและชุดอาหารก็ผลิตขึ้นเองในยุโรป และเป็นที่นิยมใช้กันทั่วไป ในสมัยนั้นไม่ได้เป็นของหายากและใช้เฉพาะขุนนางหรือกษัตริย์อีกต่อไป แพบไม่น่าเชื่อว่ายุโรปเริ่มต้นด้วยการลอกเลียนพอร์สเลนของจีนในคริสต์ศตวรรษที่ 16 แต่ในคริสต์ศตวรรษที่ 18 ระยะเวลา 200 ปีต่อมา ยุโรปก็สามารถผลิตพอร์สเลนได้สวยงามตามแบบอย่างของศิลปะตะวันตก อุตสาหกรรมพอร์สเลนได้กระจายไปยังประเทศต่าง ๆ อย่างรวดเร็ว รวมทั้งความรู้ในแขนงวิชาเซรามิค ได้มี นักวิทยาศาสตร์หลายท่านช่วยวางรากฐานเช่น บรอกนียาร์ต (Brogniant) ชาวฝรั่งเศส (ค.ศ.1770-1847) ในสมัยพระเจ้าโปเลียนมหาราชเป็นผู้อุปถัมภ์โรงงานแซฟว์ (Sevres) ได้คิดสูตรการ คำนวณวัตถุดิบแห้งในน้ำดินหล่อซึ่งเป็นของเหลว และเซเกอร์ (Segur) ชาวเยอรมัน (ค.ศ.1839-1894) ได้จัดแบ่งกลุ่มวัตถุดิบในสูตรเคลือบ การคำนวณเคลือบ การทำโคน แห้งวัตถุดิบต่าง ๆ ได้ ถูกสำรวจและวิจัย มีการคิดค้นเทคนิคในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาหลายประเภท หลายเนื้อดิน และ หลายผลิตภัณฑ์เช่น เครื่องถ้วยชาม เครื่องสุขภัณฑ์ กระเบื้องปูผนัง ลูกถ้วยไฟฟ้าและอื่น ๆ เทคโนโลยีของเตาเผาก็ได้เจริญรุดหน้าไปพร้อม ๆ กันกับปริมาณการผลิต มีการคิดเตาอุโมงค์เพื่อ ใช้เผาได้อย่างต่อเนื่อง ทำให้อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาในยุโรปเจริญขึ้นอย่างรวดเร็ว ประเทศ ญี่ปุ่นเองก็ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีทางด้านเครื่องจักรต่าง ๆ จากเยอรมนี จึงเจริญรุดหน้าใน การผลิตอุตสาหกรรมเซรามิกได้เท่าเทียมกับประเทศทางยุโรปอย่างรวดเร็ว (ไพโรจิตร อังศิริวัฒน์. 2541 : 176)

1.2 เนื้อดินปั้นชนิดพอร์สเลน

เนื้อดินปั้นชนิดพอร์สเลนเป็นเนื้อดินปั้นที่เตรียมขึ้นเป็นพิเศษ โดยที่เนื้อดินมีสีขาว เเผาในอุณหภูมิสูงจนถึงจุดสุกตัวและมีความโปร่งแสง เเผาในอุณหภูมิตั้งแต่ 1,250 องศาเซลเซียส ขึ้นไป ส่วนผสมเนื้อดินประกอบด้วย หินฟันม้า หินเรียวหนุมาน ดินกาสิโน ดินเหนียวขาว และ วัตถุดิบอื่น ๆ ตามสัดส่วนที่เหมาะสม เมื่อนำไปเผาแล้วมีความแข็งแรง น้ำและของเหลวไม่สามารถซึมผ่านได้ เนื้อดินมีความละเอียด แข็งแกร่งมีลักษณะเหมือนแก้ว (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 17)

ผลิตภัณฑ์พอร์ซเลน แบ่งตามอุณหภูมิการเผา ได้เป็น

1. Soft Porcelain เป็นเครื่องปั้นดินเผาที่เผาตั้งแต่ Cone 7-11 หรือ อุณหภูมิ 1,210 - 1,235 องศาเซลเซียส เนื้อดินมีสีขาว โปร่งแสง ไม่ดูดซึมน้ำ วัตถุประสงค์ที่ใช้เป็นส่วนผสมคือหินฟันม้า หินเขียวหนุมาน ดินกาแลน ดินเหนียวขาว ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ทำ เช่น ฟันปลอม เครื่องถ้วยชาม เป็นต้น

2. Hard Porcelain เนื้อดินชนิดนี้มีจุดศูนย์กลาง เมาในระหว่างอุณหภูมิ Cone 12-15 หรือ อุณหภูมิ 1,310 - 1,431 องศาเซลเซียส มีความแข็งแรงเป็นพิเศษ มีความโปร่งแสง ทนต่อการกัดกร่อนทางเคมี และยังเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี นิยมนำไปทำผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องมือ เครื่อง ฉนวนไฟฟ้า อุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น หัวเทียนเครื่องยนต์ เครื่องมือทางการแพทย์ และ ทางด้านวิทยาศาสตร์ ภาชนะทดลองทางเคมี เช่น ถ้วยครุฑเบิล เป็นต้น

ซึ่ง โกมล รักษ์วงศ์ (2531 : 166) ยังได้กล่าวถึง คุณสมบัติเฉพาะของ เนื้อดินปั้น ยาร์ดพอร์ซเลน ว่า เป็นเนื้อดินปั้นที่มีความแข็งแรง แข็งแกร่ง ทนทาน โปร่งแสง สีขาว มีจุดศูนย์กลาง ไม่มีการดูดซึมน้ำ ช่วงอุณหภูมิการเผายาว ทนความร้อนสูง เป็นฉนวนไฟฟ้า ทนต่อการกัดกร่อนทางเคมีได้ดี

กระทรวงอุตสาหกรรม (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ภาชนะเซรามิกที่ใช้กับอาหาร : พอร์ซเลน มอก. 564 - 2528 : 1 - 10) กล่าวว่า ภาชนะพอร์ซเลน หมายถึง ภาชนะเซรามิกส์เนื้อสีขาว เคลือบผิว เนื้อแน่น ไม่ดูดซึมน้ำ โปร่งแสง (ถ้าบาง) เมาเนื้อในที่อุณหภูมิต่ำและเผาเคลือบที่อุณหภูมิสูงในบรรยากาศที่มีออกซิเจนน้อย ทำจากส่วนผสมของ ดินขาว ดินดำ หินฟันม้า หินเขียวหนุมาน และทรายละเอียด ขึ้นรูปเป็นภาชนะ นำมาเผาเคลือบจนได้ที่ และต้องไม่ดูดซึมน้ำ หรือมีค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำไม่เกินร้อยละ 0.5

ส่วนผลิตภัณฑ์ชนิดที่เรียกว่า “ โบนไชน่า ” (Bone China) นั้นจัดอยู่ในประเภทพอร์ซเลนชนิดหนึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เนื้อดินมีความละเอียดและมีความโปร่งแสงมาก ทำจากวัตถุดิบประเภทเดียวกับผลิตภัณฑ์พอร์ซเลน แต่จะต้องมีเถ้ากระดูกผสมอยู่ด้วย ช่วยให้เกิดการโปร่งแสง ถ้ามองผิวเผินจะรู้สึกว่า โบนไชน่า เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความบอบบางมากแต่ความจริงผลิตภัณฑ์ประเภทนี้มีความแข็งแรงดี ทั้งๆ ที่เผาดำกว่าผลิตภัณฑ์พอร์ซเลน (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 18)

1.3 การเตรียมเนื้อดินปั้นพอร์สเลน

ทวี พรหมพุกษ์ (2523 : 82-84) กล่าวว่า เนื้อดินปั้นชนิดพอร์สเลน เป็นเนื้อดินปั้นที่เผาถึงจุดสุกตัว เหมือนผลิตภัณฑ์ชนิดสโตนแวร์ แต่เนื้อดินละเอียดกว่า สีขาว มีความโปร่งแสง เเผาในอุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส ขึ้นไป เนื้อดินปั้นส่วนใหญ่ประกอบด้วย ดินขาว หินฟันม้า หินแก้ว และดินเหนียวขาว ผสมกันตามสัดส่วน ซึ่งการเตรียมเนื้อดินปั้นค่อนข้างยุ่งยาก มีกระบวนการหลายขั้นตอน และโดยเฉพาะดินขาว ไม่ค่อยมีความเหนียว จึงจำเป็นต้องหาดินชนิดอื่นเข้าช่วยผสมด้วย การทำผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ใช้วิธีหล่อในพิมพ์ ส่วนผสมของเนื้อดินพอร์สเลนโดยทั่วไป จะใช้ดินประมาณ 5 ส่วน หินฟันม้าประมาณ 3 ส่วน หินแก้วประมาณ 2 ส่วน แล้วนำไปผสมบดเข้าด้วยกันจากรายการผสมดังกล่าว จะเห็นได้ว่า เนื้อดินนั้นจะประกอบด้วยดินขาวกับดินบอลเคลย์ (Ball Clay) ซึ่งจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีสีขาว และมีความเหนียวพอขึ้นรูปได้หลักการสำคัญอยู่ที่ว่า ดินที่นำมาใช้นั้นต้องล้างและบดให้ละเอียดเสียก่อน โดยการผ่านเครื่องแยกเหล็ก เนื่องจากดินขาวบางแหล่งมีเปอร์เซ็นต์ของเหล็กสูงจะทำให้สีไม่ค่อยขาวนัก

ตาราง 1 ตัวอย่างเนื้อดินชนิดพอร์สเลน ซึ่งเผาในอุณหภูมิ 1,260 – 1,285 องศาเซลเซียส

องค์ประกอบ	ดินขาว	หินฟันม้า	หินแก้ว	ดินเหนียวขาว	ดินบอลเคลย์	ดินเหนียวดำ
ดินขาว	35	25	25	5	30	25
ดินขาวค่อนข้างเหนียว	10	15	-	40	15	15
ดินเหนียวขาว	5	10	-	-	15	10
ดินเหนียวขาวมาก	-	-	25	10	-	-
หินฟันม้า ชนิดโปแตส	30	30	25	-	20	-
หินฟันม้าชนิดโรดา	-	-	-	25	-	30
หินแก้ว	20	20	25	20	20	20

จากรายการส่วนผสม ถ้าเนื้อดินปั้น สูตรไหนความเหนียวไม่พอ ความเข้ม บอลเคลย์ผสมลงไป เนื้อดินปั้นพอร์สเลน ถ้าเติม Whiting หรือ หินโดโลไมท์ Dolomite ประมาณ 1 – 2 % จะช่วยลดอุณหภูมิลงได้บ้าง การนำผลิตภัณฑ์ไปเผาไฟ ในลักษณะที่เป็นการเผาแบบ ออกซิเดชั่น เนื้อดินมักจะเป็นสีครีม ไม่ขาวมากนัก แต่ถ้าเป็นการเผาแบบ รีดักชั่น เหล็กที่มีอยู่ในเนื้อดินจะทำให้เนื้อดินเกิดสีชาวนวล

เนื้อดินพอร์สเลน ส่วนใหญ่นิยมนำไปหล่อในพิมพ์ หรือขึ้นรูปด้วยใบมีดส่วนการขึ้นรูปด้วยวิธีปั้นหมุนจะต้องผสมเนื้อดินให้เหนียวมากขึ้นอีกโดยเพิ่มดิน เบนโทไนต์

ปริดา พิมพ์ขาวชา (2535 : 395) กล่าวเพิ่มเติมว่า ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ใช้ทำภาชนะที่ใช้ในห้องปฏิบัติการเคมี หรือ ฮาร์ดพอร์สเลน นั้น ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้มีจุดศูนย์กลาง มีความแข็งแรง แข็งแกร่งและทนทานมากเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดไตรเอกเซียล ชาวจีนเป็นผู้พัฒนา ส่วนผสมเนื้อดินปั้นพื้นฐานของผลิตภัณฑ์นี้ประกอบด้วย ดิน 50 % หินแก้ว 25 % หินฟันม้า 25 % อย่างไรก็ตามวัสดุดิบในแต่ละแห่งมีความบริสุทธิ์ต่างกันไป ส่วนผสมของเนื้อดินปั้นจึงต้องเปลี่ยนแปลงไปตามความเหมาะสม

วัตถุดิบที่ใช้ทดลองเนื้อดินปั้นฮาร์ดพอร์สเลน

2.1 Kaolin-R ดินขาวระนอง

ทวี พรหมพฤกษ์ (2523 : 66-67) กล่าวว่า ดินขาวระนอง พบในบริเวณเหมืองดิบบุก ตำบลหาดส้มแป้น อำเภอเมือง จังหวัดระนอง เกิดจากการแปรสภาพของหินแกรนิต มาเป็นดินขาว ปะปนอยู่กับหินควอตซ์ หินแกรนิตและแร่ดิบบุก ปัจจุบันมีโรงงานผู้ผลิตดินขาวแหล่งนี้แบบสำเร็จ สามารถนำมาใช้ได้ทันที เป็นผลพลอยได้จากการทำเหมืองแร่ดิบบุก ในขณะอัดน้ำเพื่อแยกแร่ออกจากหินตามภูเขา ดินขาวจะละลายออกมากับดิบบุกไหลตามน้ำมาด้วยจะตกอยู่ตามรางน้ำที่ไหลผ่านมาแล้วแยกดินขาวออกจากหินและทรายที่ติดมา โดยใช้เครื่องมือไฮโดรโรโคลน ปล่อยให้ดินจมตัวอยู่ในบ่อพักแล้วสูบน้ำเข้าเครื่องอัดดินเป็นแผ่นใช้งานต่อไปได้ ดินขาวชนิดนี้เป็นดินขาวชนิดดี เท่าที่พบแห่งแรกในประเทศไทย มีอุณหภูมิสูง สามารถทนไฟสูงถึง 1,785 องศาเซลเซียส และปริมาณของเหล็กน้อย เหมาะสำหรับการทำเนื้อดินปั้นสีขาว ซึ่ง โกมล รักษ์วงศ์ (2531 : 10) กล่าวว่า ดินที่มีความบริสุทธิ์ต่ำ ย่อมมีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่มาก เช่น สารประกอบของพวกอินทรีย์สาร เหล็กออกไซด์ ทิตาเนียมออกไซด์ เป็นต้น โดยเฉพาะถ้ามีสารพวก เหล็กออกไซด์ และทิตาเนียมออกไซด์เจือปนอยู่มาก จะทำให้เนื้อดินมีความขาวลดลง

ดินขาว ที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์เรียกว่า เคโอลิน (Kaolin) หรือไชน่าเคลย์ (China Clay) เพื่อเป็นเกียรติแก่ประเทศจีน ซึ่งเป็นประเทศแรกที่น่าดินขาวมาใช้ (อายุวัฒน์สว่างผล. ม.ป.ป. : 49) ดินขาวเป็นดินที่มีสีขาวหรือสีซีดจาง ทั้งในสภาพที่ยังไม่ได้เผาหรือเผาแล้ว

(ปรีดา ทิมพ์ขาวข้า. 2532 : 42) เป็นสารประกอบของอลูมิเนียมซิลิเกต (โกลด์ รักษ์วงศ์. 2531 :

9) มีเนื้อดินหยาบ หนไฟได้สูงถึง 1,750 องศาเซลเซียส (จิรพันธ์ สมประสงค์. 2535 : 30)

ดินขาวจะมีแหล่งกำเนิดตามบริเวณที่ราบสูง ตามภูเขาที่มีแหล่งแร่ หินพื้นม้า เมื่อหินพื้น

ม้าเกิดผุพังจากความชื้น ก็จะกลายเป็นดินขาว ดินขาวที่พบในธรรมชาติจะมีสารประกอบอื่น ๆ ปะปนอยู่มากมายที่เป็นสาเหตุทำให้ดินไม่บริสุทธิ์ (โกลด์ รักษ์วงศ์. 2531 : 9) สารเหล่านี้ ได้แก่ แคลเซียม (Calcium) แมกนีเซียม (Magnesium) โซเดียม (Sodium) และโพแทสเซียม (Potassium) ซึ่งทำให้ความบริสุทธิ์ของดินขาวลดน้อยลง (อายุวัฒน์ สว่างผล. ม.ป.ป. : 51) ปกติแล้วในดินขาว มีปริมาณอัลคาไล (Alkalies) น้อยกว่าร้อยละ 2 ปริมาณของเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) น้อยกว่า 1 และ 1 แคลเซียมออกไซด์ (CaO) แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) และไทเทเนียมออกไซด์ (TiO_2) อยู่ในปริมาณเล็กน้อย (ศิริชัย โพธิ์ตาปะนะ. ม.ป.ป. : 10)

การนำเอาดินขาวมาใช้จะมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ ชนิดดินดิบ ซึ่งขุดตักแล้วนำไปใช้ได้เลย และดินล้าง ซึ่งต้องผ่านกระบวนการล้างเพื่อเอาแร่ธาตุต่าง ๆ ที่เป็นเม็ดหยาบออกไปเสียชั้นหนึ่งก่อน (ชาญ จรรยาวิทย์. 2528 : 49)

ดินล้าง แบ่งออกเป็น 3 ชนิด (บริษัทเงินทุนอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. 2528 : 136)

คือ

ชนิดหยาบ หรือดินเกรด B เป็นดินล้างที่หยาบที่สุด แต่ก็ยังเป็นชนิดที่มีปริมาณมากที่สุด คือ มีถึงร้อยละ 70 ของปริมาณดินล้างทั้งหมด นิยมนำไปทำกระเบื้องทั่ว ๆ ไป

ชนิดละเอียด หรือดินเกรด A เป็นดินล้างที่มีความละเอียดพอประมาณนิยมนำไปใช้ทำเครื่องถ้วยชามมาก

ชนิดละเอียดมาก หรือดินเกรด AA เป็นดินที่มีความละเอียดที่สุด นิยมนำไปใช้ในโรงงานผลิตเครื่องถ้วยชาม

มีดินขาวแหล่งต่างๆ หลายแหล่งในประเทศไทย เช่นที่ เชียงราย ลำปาง อุตรดิตถ์ ปราจีนบุรี ระนอง ชุมพร และนราธิวาส ดินขาวมีหลายเกรดหลายคุณภาพ บางแหล่งไม่สามารถนำมาทำเซรามิกส์ได้ แหล่งดินขาวที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ได้แก่ ดินขาวระนอง ชุมพร และนราธิวาส เป็นดินขาวคุณภาพปานกลาง ขงเป็นแร่กาลีนไนท์ (Medium ordered Kaolinite) มีความบริสุทธิ์และมีความขาวมากกว่าดินขาวลำปาง ดินขาวลำปางเป็นดินขาวเซริไซต์ (Sericitite) มีแร่ไมกาเป็นส่วนประกอบหลัก มีแร่กาลีนไนท์ประกอบอยู่เป็นส่วนน้อย หรือแร่กาลีนไนท์คุณภาพต่ำ (Disordered Kaolinite) แร่เซริไซต์เกิดจากการผุพังของหินแกรนิต ซึ่งกลายเป็น

เฟลด์สปาร์ ก่อนที่จะกลายเป็นแร่กาสิโนท์ จึงเป็นแร่กาสิโนท์ที่ไม่สมบูรณ์ (ไพจิตร อังศิริ วัฒน. 2541 : 42-43)

ลึ่ดิน หมายถึง วัตถุที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติซึ่งมีเนื้อละเอียด มีความเหนียวเมื่อเปียก น้ำ แร่แข็งและแกร่งเมื่อแห้ง โดยปกติดินประกอบด้วยแร่ดิน (Clay Minerals) ที่มีขนาดเม็ดแร่เล็ก ละเอียดปนกับสารอินทรีย์และแร่ชนิดอื่นที่ไม่ใช่แร่ดิน ดินเป็นสารประกอบของอลูมิเนียมซิลิเกต ในแร่ธรรมชาติจะมีสารประกอบอื่น ๆ ปะปนอยู่มากมายที่เป็นสาเหตุทำให้ดินไม่บริสุทธิ์ สารประกอบเหล่านี้ ได้แก่ ควอตซ์ (Quartz) ไมกา (Mica) เหล็กออกไซด์ (Iron Oxide) เฮมาไทต์ (Hematite) ฟลูออไรท์ (Fluorite) มัสโคไวท์ (Muscovite) เป็นต้น ดินจะเกิดจากการแปรสภาพของแร่พื้นน้ำ ซึ่งเป็นหินแกรนิตชนิดหนึ่ง เกิดการผุพังเปลี่ยนแปลงสภาพเป็นดิน เนื่องจากความชื้น ปฏิกิริยานี้เรียกว่า แคโอลิไนท์เซชัน (Kaolinitization) (โกลด์ รักชวงค์. 2531 : 3) สารประกอบไฮดรอลออลูมิเนียมซิลิเกต (Hydrous Aluminum Silicate) มีส่วนประกอบและโครงสร้างของผลึกแน่นอน เมื่อผสมกับน้ำจะทำให้เกิดความเหนียวขึ้นและสามารถปั้นให้เป็นรูปต่าง ๆ ได้ ถ้าปล่อยให้แห้งจะยังคงรักษารูปร่างเดิมไว้ มีความแข็งแรงดีตั้งแต่ก่อนข้างเปราะ ถ้าเผาแล้วจะทำให้แข็งแรงมากขึ้นและผสมกับน้ำจะไม่ทำให้ความเหนียวกลับคืนมาอีก (นิวัตร พัทนะ. 2534 : 14) เป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ โดยเฉพาะภาชนะรองรับอาหาร เครื่องสุขภัณฑ์กระเบื้องและอื่น ๆ ดินมีหลายชนิดแตกต่างกันไป อาจจะแตกต่างกันในเรื่องสีหรือต่างกันในเรื่องโครงสร้าง รวมทั้งต่างกันในเรื่องคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี เป็นต้นว่า มีความเหนียวต่างกัน มีปริมาณซิลิกาต่างกัน (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2532 : 41)

2.2 Feldspar หินพื้นน้ำ

ปรีดา พิมพ์ขาวขำ (2535 : 71) กล่าวว่า หินพื้นน้ำ เป็นสารประกอบอะลูมิเนียมซิลิเกต ของอัลคาไลด์และอัลคาไลด์เออร์ท หินพื้นน้ำ ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อเป็นตัวเริ่มก่อให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดเนื้อแก้วในเนื้อผลิตภัณฑ์ ดังนั้นหินพื้นน้ำ จึงเป็นตัวส่งเสริมให้มีการเกิดการเปลี่ยนแปลง ไปเป็นแก้ว และช่วยส่งเสริมให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติโปร่งแสงดีขึ้น ข้อดีที่ทำให้อุตสาหกรรมเซรามิกส์นำมาใช้ คือ หินพื้นน้ำมีราคาถูก และเป็นสารประกอบอัลคาไลด์ที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่ง โกลด์ รักชวงค์ (2531 : 35-36) กล่าวเพิ่มเติมว่า หินพื้นน้ำ เป็นวัตถุดิบที่เป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิ สามารถใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ ซึ่ง หินพื้นน้ำเท่าที่พบมีดังนี้

1. Potash Feldspar ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$)

2. Soda Feldspar / Albite ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$)
3. Potash Soda Feldspar ($\text{KNa} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$)
4. Lithium Feldspar ($\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$)
5. Calcium Feldspar / lime spar / Anorthite ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$)
6. Barium Feldspar / Barium anorthite ($\text{BaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$)
7. Oligoclase Lime-soda spar ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 + \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$)
8. Nephelin syenite
9. Cornish stone

งานทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้ หินพื้นม้าชนิด Potash Feldspar ซึ่งมีสารประกอบของโปแตสเซียม มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 2.56 มีความแข็งระดับ 6 มีน้ำหนักโมเลกุล 557 โดยทั่วไปหินพื้นม้ามีสีแตกต่างกันตามแหล่งกำเนิด ได้แก่ สีขาว เหลือง rug เป็นต้น หินพื้นม้าสามารถใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้น และน้ำเคลือบได้ดี มีส่วนประกอบทางเคมี (โกลด์ รักษ์วงศ์. 2531 : 36) ดังนี้

- Silica 65.7 %
- Alumina 18.4 %
- Potassium 16.9 %

หินพื้นม้าชนิดนี้มีจุดหลอมตัวประมาณ 1,200 – 1,250 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ ทำหน้าที่เป็นตัวประสาน ทำให้เนื้อดินมีความแข็งแรงโดยเฉพาะเนื้อดินชนิดพอร์ซเลน ทำให้เนื้อดินประสานกันอย่างดี (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 73)

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของโปแตสเซียมเฟลด์สปาร์ โดยบริษัท เคลยมิน จำกัด ดังนี้

Loss on Ignition	ร้อยละ	0.34
Potassium Oxide (K_2O)	ร้อยละ	9.06
Sodium Oxide (Na_2O)	ร้อยละ	2.27
Silica (SiO_2)	ร้อยละ	72.38
Alumina (Al_2O_3)	ร้อยละ	15.50
Iron Oxide (Fe_2O_3)	ร้อยละ	0.08
Manganese Oxide (MgO)	ร้อยละ	0.04
Calcium Oxide (CaO)	ร้อยละ	0.31

2.3 Quartz หินเขียวหนุมาน

หินเขียวหนุมาน หรือ ควอตซ์ มีสูตรทางเคมีว่า SiO_2 เกิดอยู่ในธรรมชาติ เป็นรูปของผลึก มีความบริสุทธิ์สูงกว่าวัตถุชนิดอื่น มีความแข็ง 7 มีปริมาณซิลิกาถึง 99.8 เปอร์เซ็นต์ทางเรอามิกส์เรียกว่า Flint เป็นผงสีขาวหรือชมพู บดละเอียด 325 เมช ลักษณะของหินเขียวหนุมานที่พบในประเทศไทยมีทั้งชนิดใส ขาวขุ่นทึบและสีชมพู (กรมวิทยาศาสตร์, 2513 : 140) หินเขียวหนุมานหรือทรายแก้วที่ถูกฝนจะทำให้ผุกร่อนเป็นเม็ดเล็ก ๆ ทับถมกันสามารถใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อดินปั้นและเคลือบได้ เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์คงทน ใช้ในเคลือบเพื่อให้ได้น้ำเคลือบเป็นเงางาม (วรพันธ์ กิติอัมพานนท์, 2531 : 72) นอกจากนี้หินเขียวหนุมานยังใช้ในการผสมเพื่อทำหน้าที่เป็นโครงสร้างให้ดินมีความทนไฟสูงขึ้น ลดการหดตัวของเนื้อดิน นอกจากนี้ทำให้เนื้อดินมีความแข็งและมีความโปร่งโล่งขึ้น แต่ถ้าใส่มากเกินไปทำให้ลดความเหนียวลงและเพิ่มการขยายตัวมีผลต่อการแตกร้าวเสียหายได้ ถ้านำไปผสมในเคลือบ ทำให้เคลือบเป็นมัน ทนต่อการกัดกร่อนได้ดี แต่ถ้าใส่มากเกินไปจะทำให้ ทนไฟสูงขึ้นเช่นกัน (ทวี พรหมพฤกษ์, 2523 : 62) ซึ่ง ทวี พรหมพฤกษ์ (2523 : 73) กล่าวต่อว่า หินควอตซ์ ที่นำไปผสมเนื้อดินปั้นนั้นมีวัตถุประสงค์ เพื่อ

1. เพื่อควบคุมการหดตัวของเนื้อดินปั้น และป้องกันการแตกร้าวของผลิตภัณฑ์ได้
2. เพื่อควบคุมให้แก๊สและน้ำที่อยู่ในดินให้ระเหยออกได้สะดวก
3. ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ให้ทรงตัวได้ดี

และแหล่ง ควอตซ์ ที่พบและนำมาใช้ มีหลายแหล่ง เช่น ที่จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดชลบุรี จังหวัดตาก จังหวัดกาญจนบุรี และจังหวัดจันทบุรี

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของหินเขียวหนุมาน โดยบริษัทเชอร์นิค อินเดอร์เนชั่นแนล

จำกัด มีดังนี้

SiO_2	98.98 %	Al_2O_3	0.51%	Fe_2O_3	0.16 %
----------------	---------	-------------------------	-------	-------------------------	--------

3. ความรู้เกี่ยวกับเนื้อดินปั้น

3.1 เนื้อดินปั้นและการเตรียมเนื้อดินปั้น

เนื้อดินปั้น หมายถึง ดินตามธรรมชาติ หรือการนำเอาดินในธรรมชาติไปผสมกับวัตถุชนิดอื่น ๆ เพื่อให้ได้เนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติตามต้องการ เช่น การเพิ่มความเหนียว เพิ่มความโปร่งแสงภายหลังการเผา (Rhodes, 1974 : 24) โดยทั่วไปแล้วดินธรรมชาติเกือบทุกแห่ง

แม้จะเป็นดินชนิดดีเพียงใด ก็ยังไม่ละเอียดหรือสะอาดเพียงพอที่จะนำไปใช้ปั้นได้ทันที ฉะนั้นเมื่อได้ดินมาแล้วจึงจำเป็นต้องผ่านกระบวนการเตรียมดิน ให้สะอาดและละเอียดเสียก่อน ไม่เช่นนั้นจะได้เครื่องปั้นดินเผาที่มีคุณภาพไม่ดีเท่าที่ควร (บรรษัทเงินทุนอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. 2528 : 140) การนำดินไปผสมกับวัตถุดิบอย่างอื่น หรือดินที่แตกต่างกัน ก็เพื่อต้องการปรับปรุงคุณภาพของเนื้อดินปั้นให้มีคุณสมบัติดีขึ้น เช่น ควบคุมการหดตัวของดินปั้น การเพิ่มความเหนียวให้แก่ดินปั้น ต้องการความทน ต้องการให้เนื้อเหนียวหรือละเอียด (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 77) เนื้อดินปั้นอาจใช้ดินล้วน ๆ ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติซึ่งมีอยู่ทั่ว ๆ ไป หรืออาจจะเตรียมขึ้นจากการนำเอาดินหินพื้นมา และหินเรียวหนุมนามาผสมกัน แล้วหาลัดส่วนที่เห็นว่าเหมาะสมที่สุดสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ (Singer. 1963 : 396)

เนื้อดินปั้นก็เช่นเดียวกับวัตถุดิบ เพราะว่าเป็นส่วนผสมของวัตถุดิบ จึงจำเป็นต้องทราบคุณสมบัติเฉพาะของวัตถุดิบด้วย เพื่อจะได้ระมัดระวังการเตรียมเนื้อดินปั้น เมื่อจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบชนิดใหม่แทนวัตถุดิบชนิดเก่า ทั้งนี้อาจเนื่องจากวัตถุดิบชนิดหนึ่งขาดแคลน หรืออาจเพื่อประหยัดหรือลดต้นทุนการผลิต เช่น การใช้วัตถุดิบภายในประเทศ แทนวัตถุดิบที่ต้องสั่งมาจากต่างประเทศ การรู้ลักษณะเฉพาะของวัตถุดิบจะสามารถสร้างเนื้อดินปั้นขึ้นมาจากวัตถุดิบใหม่ ทำให้อาณาเขตดินปั้นที่สร้างขึ้นมามีคุณสมบัติเหมือนเนื้อดินปั้นเดิม ทั้งก่อนและหลังทำการเผา (ปริดา ทิมพ์ขาวจำ. 2532 : 84)

การทำเนื้อดินปั้นให้มีคุณสมบัติตามต้องการ จำเป็นต้องหาวัตถุดิบอย่างอื่นมาผสมกับเนื้อดินด้วย ได้แก่ หินเรียวหนุมนาน เพื่อช่วยให้มีความแข็งแรง และผสมกับวัตถุดิบที่จะช่วยลดจุดสุกตัวให้ต่ำลง เช่น หินพื้นน้ำ ให้ได้ลัดส่วนที่พอเหมาะกัน เมื่อผสมกันเป็นเนื้อดินปั้นแล้วจะต้องมีความเหนียวเพียงพอในการขึ้นรูป มีความแข็งแรงเมื่ออบแห้งและเผา การขยายตัวของเนื้อดินปั้นต้องมีไม่มากนัก และต้องพอเหมาะกับการขยายตัวของน้ำเคลือบ จึงจะทำให้ไม่มีการร้าวเกิดขึ้นที่ผิวเคลือบ สำหรับความขาวของผลิตภัณฑ์ ถ้าต้องการสีขาวมาก ๆ จำเป็นต้องผสมสารประกอบของโคบอลต์ลงในเนื้อดินปั้นปริมาณเล็กน้อย เช่นร้อยละ 0.02-0.03 ของโคบอลต์คลอไรด์ ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) สารประกอบของโคบอลต์ จะทำลายสีเหลือง ที่เกิดจากปริมาณของเฟอร์ริกออกไซด์ ที่ปะปนอยู่ในวัตถุดิบให้หมดไป หรือถ้าต้องการเนื้อผลิตภัณฑ์สีครีม ก็ควรเลือกดินขาวที่มีปริมาณของเฟอร์ริกออกไซด์ปะปนอยู่บ้าง ก็จะได้ผลิตภัณฑ์สีครีมตามต้องการ (จรัสศรี สมบัติทวี. 2525 : 46)

การกล่าวถึงส่วนผลของเนื้อดินปั้น อาจกล่าวได้ 4 วิธีด้วยกัน คือ (ปรีดา พิมพ์ราชำ,

2532 : 84)

1. การกล่าวถึงโดยเขียนเป็นร้อยละของวัตถุดิบ เช่น

ดินขาว	ร้อยละ 35
ดินเหนียว	ร้อยละ 25
หินเขียวหนุมาน	ร้อยละ 13
หินฟันม้า	ร้อยละ 27

2. การกล่าวถึงโดยการเขียนเป็นร้อยละของออกไซด์ต่าง ๆ เช่น

SiO_2	ร้อยละ 66.7
Al_2O_3	ร้อยละ 21.6
Fe_2O_3	ร้อยละ 0.5
CaO	ร้อยละ 0.6
MgO	ร้อยละ 0.4
$\text{K}_2\text{O} . \text{Na}_2\text{O}$	ร้อยละ 4.5
Loss on Ignition	ร้อยละ 5.7

3. การกล่าวถึงโดยการเขียนในรูปร้อยละของแร่ธาตุ เช่น

แร่ธาตุ	ร้อยละ 50
แร่ควอตซ์	ร้อยละ 25
แร่เฟลด์สปาร์	ร้อยละ 25

4. การกล่าวถึงโดยการเขียนเป็นสูตร เช่น

$\text{RO} , \text{R}_2\text{O}$	R_2O_3	RO_2
0.36	1.0	5.24

$\text{RO} , \text{R}_2\text{O}$ หมายถึง ออกไซด์ของโลหะ เช่น $\text{CaO} , \text{MgO} , \text{K}_2\text{O} . \text{Na}_2\text{O}$

R_2O_3 หมายถึง ออกไซด์ของโลหะ เช่น $\text{Al}_2\text{O}_3 , \text{Fe}_2\text{O}_3$

RO_2 หมายถึง ออกไซด์ของโลหะ เช่น $\text{SiO}_2 . \text{TiO}_2$

เนื้อดินปั้นที่ใช้ในการปั้นให้เป็นรูปร่างต่าง ๆ ได้นั้น ต้องแล้วแต่ลักษณะของภาชนะหรือรูปแบบที่จะปั้น ประกอบกับความเหนียวของเนื้อดินปั้น แบ่งออกได้เป็น 4 ชนิดด้วยกัน คือ (ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา. 2529 : 83)

1. ดินน้ำ (Slip) สำหรับใช้หล่อกับแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ เนื้อดินปั้นชนิดนี้จะมีน้ำผสมอยู่ประมาณร้อยละ 25-40 เนื้อดินเหลวเป็นน้ำข้น ๆ เหมาะสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อบางหรือทำการปั้นด้วยวิธีอื่นไม่ได้ เช่น แจกัน ชามเบ็ด เครื่องสุรกันท์ เป็นต้น

2. ดินเหลว (Soft-mud) เป็นเนื้อดินปั้นที่ผสมกับน้ำประมาณร้อยละ 18-24 จะมีเนื้ออ่อนไม่เหนียวมากนัก เวลาปั้นจะต้องอัดดินลงในแบบไม้ โลหะ หรือปูนปลาสเตอร์ เพื่อให้เนื้อดินอัดตัวเกาะติดกัน เหมาะสำหรับการปั้นอิฐธรรมดา อิฐประดับ กระเบื้องมุงหลังคา ด้วย จาน และชาม

3. ดินเหนียว (Stiff-mud) เป็นเนื้อดินปั้นที่ผสมกับน้ำประมาณร้อยละ 14-20 เนื้อดินปั้นชนิดนี้จะมีเนื้อเหนียวมาก ใช้ปั้นด้วยมือ ปั้นบนแป้นหมุน หรืออัดลงในแบบพิมพ์ก็ได้

4. ดินขึ้น (Dry-press) เป็นเนื้อดินที่ผสมกับน้ำร้อยละ 6-14 เนื้อดินปั้นจะร่วนขึ้นเล็กน้อย การปั้นต้องมีแบบทำด้วยโลหะ และอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องจักร เหมาะสำหรับการทำกระเบื้องปูพื้น กระเบื้องบุผนัง อิฐต่าง ๆ

การเตรียมเนื้อดินปั้น

วัตถุประสงค์ของการเตรียมเนื้อดินปั้น หรือเหตุผลที่ต้องมีการเตรียมเนื้อดินปั้น มีดังนี้ (Rhodes. 1974 : 27)

1. เพื่อทำให้เนื้อดินปั้นมีความเหนียวเพิ่มขึ้น หรือลดความเหนียวของเนื้อดินปั้นลง
2. เพื่อให้สีหรือพื้นดินของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไปตามต้องการ
3. เพื่อทำให้การหดตัวน้อยลง หรือเพื่อป้องกันการบิดงอ หรือแตกร้าวระหว่างการผึ่งแห้งและการเผาผลิตภัณฑ์
4. เพื่อทำให้อุณหภูมิในการเผาผลิตภัณฑ์ มีจุดศูนย์กลางขึ้นหรือต่ำลงตามต้องการ
5. เพื่อให้ได้เนื้อดินปั้นที่เหมาะสมกับวิธีการขึ้นรูป และเหมาะสมกับน้ำเคลือบที่ใช้เคลือบผิวผลิตภัณฑ์

ข้อคำนึงในการเตรียมเนื้อดินปั้น เพื่อให้ได้เนื้อดินปั้นที่ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ มีข้อที่ควรคำนึงถึงดังนี้ (Rhodes. 1974 : 29)

1. ต้องการทำเนื้อดินปั้น สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทใด เอพเธนแวร์ สโตนแวร์ หรือ ปอร์สเลน

2. ต้องการเผาผลิตภัณฑ์ในอุณหภูมิเท่าไร

3. ยอมให้เนื้อผลิตภัณฑ์ดูดซึมน้ำได้หรือไม่ หรือจะให้มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำได้เท่าไร

4. ต้องการให้เนื้อผลิตภัณฑ์เป็นอย่างไร เช่นมีสีอะไร มีความละเอียดหรือหยาบ

เมื่อได้ทราบถึงข้อกำหนดต่าง ๆ ดังกล่าวแล้ว จึงดำเนินการปรับปรุงเนื้อดินปั้นให้เป็นไปตามความต้องการ โดยมีหลักการดังนี้ (ศุภกา ดอกไม้. 2535 : 154)

1. เนื้อดินที่มีความเหนียวมากเกินไป ทำให้เป็นปัญหาต่อการขึ้นรูป และมีผลทำให้การหดตัวของเนื้อดินปั้นมาก ผลิตภัณฑ์อาจจะแตกเสียหายในขณะแห้งหรือเผา สามารถลดความเหนียวของเนื้อดินปั้นลงได้ โดยการเติมวัตถุดิบที่ไม่มีความเหนียวลงไป เช่น ดินขาว หินฟันม้า หินเซียวหนุมาน เป็นต้น

2. เนื้อดินปั้นที่มีความเหนียวน้อยเกินไป ทำให้ไม่สามารถขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้ สามารถเพิ่มความเหนียว โดยการเติมวัตถุดิบที่มีความเหนียวลงไป เช่น ดินเหนียว ซึ่งจะช่วยให้เพิ่มความเหนียวและความแข็งแรงแก่เนื้อดินปั้น

3. เนื้อดินปั้นอาจหลอมเป็นแก้ว หรืออาจบดขยี้ เสียรูปทรง มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ยุบตัวเมื่อเผา ซึ่งหมายความว่าเนื้อดินปั้นมีจุดหลอมต่ำเกินไป แก้ไขปรับปรุงได้โดยการลดอุณหภูมิการเผาให้ต่ำลง หรือเพิ่มวัตถุดิบที่มีความทนไฟ เช่น ดินขาว หินเซียวหนุมาน ดินทนไฟ เป็นต้น

4. เนื้อดินปั้นเมื่อทำการเผาแล้ว โปรง ไม่แน่น สามารถดูดซึมน้ำได้ และร่วน แสดงว่าเผาไม่ถึงจุดหลอมตัวของเนื้อดิน แก้ไขได้โดยการเพิ่มอุณหภูมิในการเผา หรือเพิ่มวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติช่วยในการหลอมละลายลงในเนื้อดินปั้น เช่น หินฟันม้า ดินเหนียว หรือฟริต (Frit)

5. เนื้อดินปั้นเมื่อเผาแล้วมีสีเข้ม หรืออ่อนกว่าที่ต้องการ ถ้าเนื้อดินปั้นมีสีเข้มเกินไป อาจใช้ดินขาวหรือดินเหนียวขาว ผสมลงไปในเนื้อดินจะช่วยให้อ่อนลงได้ ถ้าต้องการให้มีสีเข้มขึ้น อาจใช้ดินแดง หรือออกไซด์ที่ให้สี เช่น เหล็กออกไซด์ ผสมลงไปในเนื้อดินปั้น จะช่วยให้ดินมีสีต่าง ๆ ตามต้องการ

การเตรียมเนื้อดินปั้นสามารถเตรียมได้โดยใช้วัตถุดิบหลายชนิด ดังนี้ (ศิริชัย โพธิ์ตาบ น. น.ป.ป. : 30)

1. ใช้ดินอย่างเดียว การใช้ดินอย่างเดียวเพื่อให้ได้สีเฉพาะที่ต้องการของผู้ผลิต แต่จะต้องตรวจสอบคุณสมบัติเสียก่อนว่าจะเหมาะสมกับการขึ้นรูปแบบใด เช่น การขึ้นรูปด้วยการหล่อ

แบบ การขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรหรือการขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน ถ้าขึ้นรูปด้วยการหล่อแบบ ควรถอดออกจากแบบได้ง่าย โดยไม่ติดแบบ และมีความแข็งแรงเมื่อแห้ง

2. ใช้เนื้อดินหลายอย่าง ประกอบด้วยดินตั้งแต่ 2 อย่างขึ้นไป โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ดินที่มีความแข็งแรงสูง การดูดซึมน้ำน้อยลง ทั้งนี้มักผสมวัตถุดิบที่ไม่มีความเหนียวลงไปด้วย เพื่อปรับปรุงความเหนียว และความทนไฟของเนื้อดินนั้น

3. ส่วนผสมจากดิน หินพื้นผิว หินเขียวหยาบ ส่วนผสมนี้เป็นส่วนผสมที่นิยมผลิตกันมากที่สุด เนื้อดินนั้นประกอบด้วยดินหนึ่งหรือสองอย่าง หินเขียวหยาบและหินพื้นผิว ส่วนมากจะนิยมใช้ดิน 2 อย่าง คือ ดินเหนียว และดินขาว ส่วนผสมจะประกอบด้วย ดินร้อยละ 50 หินพื้นผิวร้อยละ 25 และหินเขียวหยาบร้อยละ 25 แต่เนื่องจากวัตถุดิบประเภทดิน อาจจะมีหินพื้นผิวหรือหินเขียวหยาบปะปนอยู่ด้วย ดังนั้นส่วนผสมจึงอาจแตกต่างกันออกไป แล้วแต่วัตถุดิบที่นำมาใช้ และปริมาณของหินพื้นผิว และหินเขียวหยาบจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้เผา และความแข็งแรงของเนื้อผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ

4. ส่วนผสมจากดิน หินพื้นผิว หินเขียวหยาบ และตัวช่วยหลอมละลาย (flux) เป็นเนื้อดินที่พัฒนาขึ้นมา เพื่อให้เกิดความแข็งแรงสูงขึ้น โดยการเติมวัตถุที่เป็นตัวช่วยหลอมละลาย เช่น เศษแก้ว ฟลูออสปาร์ หินปูน หัตถ์ หรือหินโดโลไมต์ลงไป เนื้อดินนั้นจะดูดซึมน้ำน้อยลง และยังสามารถทนต่อการร้าวตัวได้ดี

5. ส่วนผสมจากดิน หัตถ์ หินเขียวหยาบและเศษแก้ว เนื้อดินแบบนี้จะใช้ทำผลิตภัณฑ์ทางศิลปะ ซึ่งสามารถเผาได้ในอุณหภูมิต่ำ ส่วนผสมของหัตถ์ที่ใช้นั้นอยู่ในช่วง ร้อยละ 30-40 หัตถ์ช่วยลดการหดตัวหลังจากการเผา และทำให้การร้าวตัวน้อยลง สำหรับส่วนผสมที่ใช้วิธีการหล่อหน้าดิน จะใช้ดินอยู่ในระหว่างร้อยละ 30-40 แต่ถ้านำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องจักร จะใช้ดินมากขึ้น คืออยู่ระหว่างร้อยละ 50-55 การเติมเศษแก้วลงไปจะช่วยให้จุดหลอมตัวของเนื้อดินนั้นต่ำลง เนื้อดินแบบนี้ จะมีความแข็งแรงพอสมควรสีเป็น สีขาวขุ่น หรือสีอื่น ๆ

ขั้นการเตรียมเนื้อดินปั้น การเตรียมเนื้อดินปั้นสำหรับผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ เพื่อให้ได้เนื้อดินปั้น ที่มีความเหมาะสมกับประโยชน์ใช้สอยโดยเฉพาะ เพราะการที่เราจะทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ให้ได้คุณภาพดี จะต้องใช้วัตถุดิบที่เตรียมได้มาตรฐานแล้ว (กรมวิทยาศาสตร์บริการ. ม.ป.ป. : 13) ดังนี้

1. ดินเหนียว ดินขาว ต้องล้างกรองเอาสิ่งสกปรกออก แยกสิ่งสกปรกและทรายออกจากดิน ให้ได้แต่ดินที่มีความละเอียดสม่ำเสมอ มิฉะนั้นจะทำให้ได้เนื้อดินคุณภาพต่ำ ผลผลิตที่ได้ก็จะมีคุณภาพต่ำไปด้วย

2. หินพื้นน้ำ ต้องล้างหินพื้นน้ำ เพื่อขจัดสิ่งสกปรกออก ย่อยหินให้เป็นก้อนเล็ก ๆ และบดให้ละเอียด ผ่านตะแกรงขนาด 250 เมช ใช้แม่เหล็กดูดเหล็กออกจากหินพื้นน้ำ และทำให้แห้งก่อนนำไปใช้งาน

3. หินรียวหนุมาน นำมาล้างเพื่อขจัดสิ่งสกปรก และนำไปเผาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียสก่อน เพื่อช่วยให้หินเปราะบดง่ายขึ้น นำหินที่เผาแล้วมาย่อยให้เป็นก้อนเล็ก ๆ และบดให้ละเอียด ผ่านตะแกรงขนาด 250 เมช

4. เนื้อดินที่ใช้ปั้นขึ้นรูปนั้น ใช้วัตถุดิบต่าง ๆ ดังกล่าวผสมกัน เพื่อให้เนื้อดินมีความเหนียวพอเหมาะแก่การปั้น มีความแข็งแรง ช่วยเพิ่มหรือลดจุดสุกตัวให้ได้ตามต้องการ

3.2 การคำนวณวัตถุดิบจากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า (Triaxial Diagram)

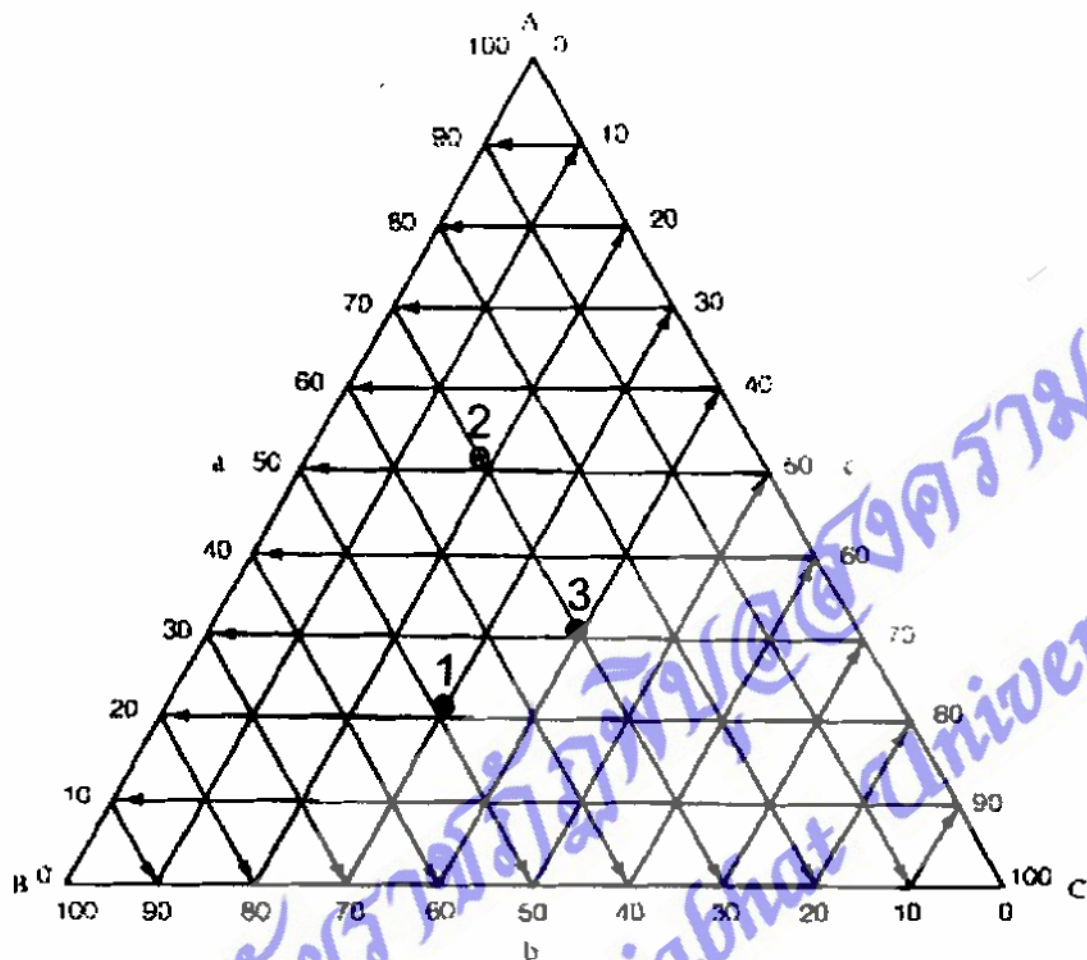
การหาส่วนผสมโดยใช้ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าเป็นวิธีการหาส่วนผสมของวัตถุดิบ 3 ชนิด หรือมากกว่าจะทำให้ได้สูตรเนื้อดินปั้น ที่แตกต่างไปจากการใช้วัตถุดิบ 2 ชนิด ซึ่งจะทำให้เกิดความหลากหลายของเนื้อดินปั้น วิธีการนี้เราใช้จุดต่าง ๆ บนสามเหลี่ยมด้านเท่าเป็น จุดตัวแทนของวัตถุดิบที่ใช้ทำเนื้อดินปั้น และที่มุมของสามเหลี่ยมแต่ละมุมเป็นตัวแทนร้อยละ 100 ของวัตถุดิบที่ใช้ (ปริดา พิมพ์ขาวธำ. 2530 : 52) ดูภาพประกอบ 1

๗

๖๒1.๙๒

๓๒๗๔

136550



ภาพประกอบ 1 แสดงตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า

ดรศักดิ์ โกสิยพันธ์ (2534 : 65 - 66) กล่าวว่า เราสามารถคำนวณเนื้อดินปนได้จาก ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่านี้ โดยวางวัตถุบไว้ตรงมุมของสามเหลี่ยมด้านเท่า แล้วอ่านค่าออกมา เป็นส่วนผลสมของวัตถุบแต่ละตัว ส่วนมากเป็นวิธีการทดลองแบบสุ่มเอาหลายๆจุด และเลือก เฉพาะจุดที่ได้ผลดีมาใช้งาน ซึ่งวิธีอ่านค่าของตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า มีวิธีอ่านดังต่อไปนี้

ให้ A , B , C เป็นวัตถุบ 3 ชนิด

การหาค่าของวัตถุบ A ให้อ่านตามค่าในแกนอน (←) ค่าให้อ่านที่ด้าน a

การหาค่าของวัตถุบ B ให้อ่านตามค่าในแกนเฉียง (↘) ที่ลากจากฐาน A

ไปฐาน B ค่าให้อ่านที่ด้าน b

การหาค่าของวัตถุสิบ C ให้อ่านตามค่าในแกนนอน () ที่ลากจากฐาน B ไปฐาน C ค่าให้อ่านที่ด้าน c

ค่าทั้ง 3 ค่าที่อ่านได้จากตารางนี้เมื่อรวมกันแล้วจะต้องได้ 100 เปอร์เซ็นต์พอดี ถ้าหากว่ารวมกันแล้วได้มากหรือน้อยกว่า 100 เปอร์เซ็นต์แสดงว่าอ่านค่าใดค่าหนึ่งผิด

ตัวอย่างเช่น

ที่จุด 1

วัตถุสิบ A = 40

วัตถุสิบ B = 40

วัตถุสิบ C = 20

ที่จุด 2

วัตถุสิบ A = 70

วัตถุสิบ B = 20

วัตถุสิบ C = 10

ที่จุด 3

วัตถุสิบ A = 50

วัตถุสิบ B = 20

วัตถุสิบ C = 30

4. การทำพิมพ์และการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

4.1 การทำพิมพ์ปูนพลาสเตอร์

ปรีดา พิมพ์ขาวชา (2532 :139) กล่าวว่า การทำแบบพลาสเตอร์ต้องอาศัยความชำนาญ ประสบการณ์ แบบที่ใช้หล่อขึ้นเป็นรูปผลิตภัณฑ์ต่างๆทำมาจากวัสดุที่ได้มาจากการเผาแร่ Gypsum วัสดุชนิดนี้ที่เหมาะกับการนำมาใช้ทำแบบก็เพราะมีคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์หลายประการคือ

1. สามารถรักษารายละเอียดต่างๆ ของแม่แบบไว้ได้
2. แบบจะมีความคงทนทั้งคุณสมบัติทางเคมี และ คุณสมบัติทางกายภาพ เป็น

ระยะเวลาาน

3. เราสามารถที่จะทำให้แบบมีความสามารถดูดซึมได้ตามต้องการ รูปทรงแบบนี้เนื้อแบบไม่ดูดซับเนื้อดินไว้นั่น ทำให้ผลิตภัณฑ์หลุดจากเนื้อแบบได้ง่าย

4. แบบที่ทำขึ้นจะมีผิวเรียบและคงทน

5. สามารถรักษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของแบบให้คงที่และสม่ำเสมอ

6. วัสดุที่มีคุณสมบัติเหมือนปูนไม่สามารรถเข้าไปในรูปทรงแบบได้ง่ายๆ

7. มีราคาถูก

แบบสำหรับใช้ในงานการขึ้นรูปด้วยใบมีด (Jigger)

จะต้องมีความหนาแน่นสม่ำเสมอ ผิวหน้าต้องเรียบและไม่มีเม็ดหินทรายปนอยู่พลาสติกที่ใช้ทำแบบควรมีคุณสมบัติ (ปริศา พิมพ์ขาวฯ. 2532 :142) ดังนี้

1. ต้องการน้ำหนักสมในการทำแบบนี้ แต่ได้น้ำพลาสติกที่มีการไหลตัวดี การผสมกันง่าย เมื่อเป็นแบบแล้วจะได้แบบที่มีความหนาแน่นสูง ผิวหน้าแบบเรียบและเก็บรักษาหลายอย่างๆ ของแม่แบบได้ดี

2. ขณะแข็งตัวมีการขยายตัวน้อย

3. มีระยะเวลาในขณะที่เป็นของเหลวที่มีการไหลตัวดีนานพอที่จะทำงานให้สำเร็จโดยไม่ต้องรีบร้อน

4. เนื้อพลาสติกต้องมีคุณสมบัติสม่ำเสมอโดยไม่ทำให้แบบที่ผลิตขึ้นในเวลาต่างๆ กันมีคุณสมบัติแตกต่างกัน

5. แบบพลาสติกที่ได้จะต้องมีการสึกหรออย่างสม่ำเสมอ และเป็นไปอย่างช้าๆ

ทวี พรหมพฤกษ์ (2523 : 40) กล่าวว่า พิมพ์ที่ใช้ในการผลิตแบบใบมีด ควรมีหลายพิมพ์ และจำนวนมากเพียงพอและพิมพ์ควรแห้งสนิท แม่พิมพ์ ที่ใช้ในการผลิตพิมพ์สร้างด้วยพลาสติกเช่นเดียวกัน เว้นแต่ว่าแม่พิมพ์ ไม่ต้องการให้ดูน้ำ ทาด้วยแล็คเกอร์หรือแชลแลค เพื่อช่วยในการผลิตพิมพ์ได้รวดเร็วขึ้น

สาเหตุที่ทำให้แบบพิมพ์พลาสติกหมดอายุการใช้งาน

ปริศา พิมพ์ขาวฯ (2535 : 144) กล่าวว่า สาเหตุที่ทำให้แบบพิมพ์พลาสติกหมดอายุการใช้งาน มี 2 ประการ คือ

1. ขนาดเปลี่ยนแปลงไปมากกว่ากำหนด การเปลี่ยนแปลงอาจเกิดจากการแตกหัก

หรือบิ่นในขณะใช้งาน และไม่สามารถที่จะซ่อมแซมได้

2. ผิวหน้าไม่เรียบหรือผิวหน้าเกิดขรุขระ เนื่องจากถูกพวกสารละลายกัดกร่อน ในแผนกแบบจะต้องมีแสงสว่างอย่างดี มีอุณหภูมิและความชื้นที่คงที่ ปราศจากฝุ่นละออง และต้องมีเนื้อที่มากพอสำหรับอบแบบให้แห้ง และสำหรับเก็บแบบไว้ใช้

4.2 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

กรรมวิธีผลิตหรือการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา นับว่ามีความจำเป็นและมีความสำคัญอย่างยิ่ง ผู้ผลิตต้องมีความชำนาญ มีความเข้าใจตลอดจนเทคนิคต่าง ๆ อย่างเพียงพอ การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์มีอยู่หลายวิธีด้วยกันคือ

1. วิธีขึ้นรูปแบบวิธีกด (Press method)
2. วิธีขึ้นรูปแบบวิธีรีด (Extrusion method)
3. วิธีขึ้นรูปทรงต่าง ๆ (Shaping method)
4. วิธีขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ (Casting method)

วิธีขึ้นรูปแบบวิธีกด (Press method)

การผลิตด้วยวิธีนี้ต้องอาศัยเครื่องมือที่มีแรงกดดัน และน้ำหนักมากได้แก่ เครื่องกดไฮโดรมेटริก ไฮดรอลิก (Automatic Hydraulic press) มีทั้งชนิดอัตโนมัติ และแบบธรรมดาที่ใช้กำลังคนช่วยอัดก็มี โดยเฉพาะวัตถุดิบที่เตรียมนำมาใช้ในการผลิตมีลักษณะเป็นผงหรือเป็นฝุ่น ซึ่งอัตราส่วนของน้ำที่ใช้ผสมอยู่ในราวประมาณ 5 - 16 เปอร์เซ็นต์ ไม่สามารถนวดเป็นก้อนได้ต้องอาศัยแรงอัดจึงจะสามารถขึ้นรูปได้ แม้พิมพ์จะต้องสร้างด้วยเหล็กแข็ง การออกแบบผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ต้องเป็นแท่งตัน เหลี่ยม ไม่มีส่วนเว้าและส่วนโค้งมากทำให้ถอดพิมพ์ไม่ออก ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ได้แก่ กระเบื้องฝาผนัง กระเบื้องปูพื้น อุปกรณ์ไฟฟ้า กระเบื้องมุงหลังคา โมเดลประเภทต่าง ๆ (ทวี พรหมฤทธิ์. 2523 : 20 - 21)

วิธีขึ้นรูปแบบวิธีรีด (Extrusion method)

ดินที่นำมาใช้มีลักษณะเป็นก้อนและไม่แข็งมากนัก วิธีเตรียมดินโดยผ่านเครื่องอัดดิน (Filter Press) หรืออ่างกรองดิน แล้วนำไปเข้าเครื่องรีดดินตามรูปแบบที่ต้องการ เช่น เป็นแท่งโปรง เป็นท่อขนาดต่าง ๆ กลม เหลี่ยม ตามหัวแบบ เครื่องรีดโดยทั่วไปมี 2 แบบ คือแบบที่ใช้ความดันของลมอัดในการรีดดิน (Piston extrusion) เนื้อดินที่ใช้รีดต้องมีความละเอียดมาก ส่วนใหญ่นิยมใช้

ผลิตท่อร้อยสาย อุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ เป็นต้น แบบสว่าน (Augers) เหมือนกับ Pug mill แต่เป็นเครื่องมือรีดดินขนาดใหญ่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม สามารถผลิตได้ในปริมาณมาก ความเร็วรอบประมาณ 20 – 25 R.P.M. เช่น อีฐทนไฟที่เนื้อดินมีความเหนียวมาก การผลิตอิฐโปร่งที่ใช้ในงานก่อสร้าง (ทวี พรหมพฤกษ์, 2523 : 23 - 25)

วิธีขึ้นรูปทรงต่าง ๆ (Shaping method)

เป็นการขึ้นรูปโดยการใช้มือ (Hand Forming) มีวิธีการขึ้นรูปหลายรูปแบบด้วยกัน คือ

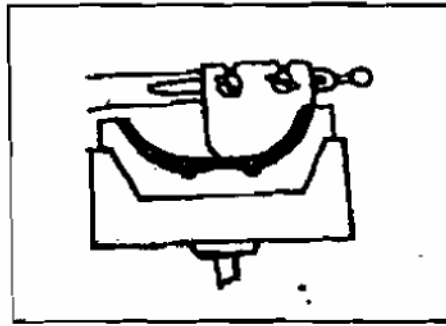
1. การขึ้นรูปแบบอิสระ (Free form method) เป็นแบบที่ง่ายและสะดวกมากเป็นการเปิดโอกาสให้สร้างสรรคงานตามความถนัด โดยอาศัยเครื่องมือเพียงเล็กน้อย
2. การขึ้นรูปแบบขด (Coil method) การขึ้นรูปแบบนี้เป็นที่นิยมกันแพร่หลาย สามารถขึ้นรูปตั้งแต่ชิ้นงานขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ ขึ้นแรกทุบดินเปียกให้เป็นแผ่น ใช้เครื่องมือตัดให้เป็นแผ่นกลมหรือสี่เหลี่ยมตามต้องการ แล้วคลึงดินให้เป็นเส้นกลมยาว มีขนาดเล็ก โดยตามความเหมาะสมของชิ้นงาน นำไปประดิษฐ์แบบที่เตรียมไว้ โดยใช้สติปประดานรอยต่อใช้มือบีบหรือกดให้เข้ากันแน่นสนิท ทำจนมีความสูงตามต้องการ ตกแต่งให้เรียบร้อย ปล่อยให้แห้งสนิท ภาชนะขนาดใหญ่ควรปล่อยให้แห้งช้า ๆ
3. การขึ้นรูปทรงแบบแผ่น (Slab method) เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบมีลักษณะเป็นเหลี่ยมหรือรูปทรงแปลก ๆ ในขั้นแรกใช้เครื่องมือลูกกลิ้งรีดดินให้เป็นแผ่น ความหนาของแผ่นที่รีดขึ้นอยู่กับภาชนะที่จะทำแล้วใช้เครื่องมือตัดดินตามรูปแบบที่ต้องการ แล้วนำมาประกอบเข้าด้วยกันใช้สติปประดานรอยต่อ ควรใช้เศษดินค้ำยันรอให้ทรงตัวได้เสียก่อนจึงค่อยนำออก
4. การขึ้นรูปแบบปั้นหมุน (Throwing method) เป็นการขึ้นรูปแบบทรงกลมโดยอาศัยเครื่องมือปั้นหมุนในสมัยโบราณเป็นชนิดปั้นหมุนใช้แรงคนถีบ ต่อมาได้วิวัฒนาการใช้กำลังไฟฟ้ามีทั้งแบบยืนและแบบนั่ง ความเร็วปั้นหมุนที่เป็นมาตรฐานประมาณ 80 รอบต่อนาที ดินที่นำมาปั้นต้องมีความเหนียวจึงจะช่วยให้การขึ้นรูปได้ผลดี การขึ้นรูปปั้นหมุนต้องอาศัยการฝึกฝนและทักษะจึงจะขึ้นรูปได้ดี (Peter Cosentino . 1990 : 21 – 22)
5. การขึ้นรูปแบบใช้โบมีด (Jigger) ทวี พรหมพฤกษ์ (2523 : 39 - 40) กล่าวว่า การขึ้นรูปแบบใช้โบมีด เป็นการผลิตแบบมาตรฐานและสามารถผลิตได้จำนวนมาก รวดเร็ว ส่วนใหญ่ได้แก่ จาน ชาม วิธีผลิตอาศัย

พิมพ์และใบมีดตามลักษณะรูปร่างของผลิตภัณฑ์ กรรมวิธีผลิตอาศัยแป้นหมุนที่มีความเร็วสูง 120 รอบต่อนาที มีแขนสำหรับใส่ใบมีด พิมพ์ที่เป็นแบบทำด้วยปูนพลาสเตอร์ มีทั้งชนิดภายนอก เช่น ประเภทจาน แบบภายใน เช่น ประเภทถ้วย เป็นต้น ใบมีดสร้างด้วยเหล็กแข็ง ใช้ชุดดินตามรูปร่างของพิมพ์ วิธีการขึ้นรูปถ้าเป็นการขึ้นรูปแบบภายนอกเตรียมดินเป็นแผ่นแล้วอัดไปบนแบบพิมพ์ เมื่อเวลาหมุนใบมีดจะทำหน้าที่ขูดไปตามรูปร่างของแบบพิมพ์ วิธีการขึ้นรูปร่างแบบภายใน เตรียมดินเป็นก้อนกลมแล้วอัดลงไปในแบบพิมพ์ที่เตรียมไว้ ใช้ใบมีดกดลงไปในขณะที่กำลังหมุนดินจะถูกอัดตามแบบจะได้ผลิตภัณฑ์ตามต้องการในการขึ้นรูปแบบจิกเกอร์ควรใช้น้ำเข้าช่วยเพื่อทำให้ผิวของดินเรียบร้อยดี

นอกจากนี้ ไพวจิตร อังศิริวัฒน์ (2541 : 105) ยังได้กล่าวเพิ่มเติมเกี่ยวกับการขึ้นรูปด้วยใบมีดว่า โลหะที่ใช้ทำใบมีดควรเป็นโลหะผสมที่ไร้สนิม ถ้าโลหะผสมชนิดเนื้ออ่อน จะสึกกร่อนได้ง่ายต้องขัดแต่งให้ได้มาตรฐานเหมือนเดิมเมื่อใช้งานไป 3,000 - 4,000 ครั้ง สำหรับโลหะผสมเนื้อแข็ง พวกทั้งสเตนคาร์ไบด์ และอะลูมินาหลอมแกร่ง สามารถใช้งานทนทานกว่ามาก ใบมีดเครื่องจิกเกอร์บางชนิดใช้ความร้อนในแผ่นโลหะด้วย เพื่อให้ดินหลุดร่อนได้ง่าย ทำงานได้รวดเร็วขึ้น แต่ถ้าเป็นใบมีดชั่วคราวอาจใช้แผ่นไม้ตัดตามแบบ หรือใช้แผ่นโลหะบาง แล้วใช้แผ่นไม้ยึดด้านหลังให้แน่น บางครั้งก็ใช้แผ่นอะลูมิเนียม ซึ่ง สามารถเลื่อยฉลุได้ง่ายเป็นรูปตัดด้านข้างของใบมีด



ภาพประกอบ 2 แสดงการขึ้นรูปด้วยใบมีดแบบภายนอก



ภาพประกอบ 3 แสดงการขึ้นรูปด้วยใบมีดแบบภายใน



ภาพประกอบ 4 แสดงการขึ้นรูปด้วยใบมีดแบบภายใน

6. การขึ้นรูปแบบใช้พิมพ์กด (Hand Pressing) ชนิดใช้มือกดต้องอาศัยพิมพ์ชนิดที่ทำด้วยปูนปลาสเตอร์แบบขึ้นเดี่ยวหรือแบบสองขึ้น ดินที่นำมาใช้ในการกดพิมพ์ควรนวดเป็นแผ่นและใช้เครื่องมือตัดตามรูปแบบพิมพ์ นำไปกดในพิมพ์ปล่อยไว้ให้แห้งจะได้ผลิตภัณฑ์ตามแบบพิมพ์ พิมพ์แบบสองขึ้นใช้วิธีเดียวกันแต่เมื่อดินร้อนออกจากแบบเรียบร้อยแล้วนำไปประกอบเข้าด้วยกันโดยใช้สลิปเป็นตัวประสาน จะได้รูปทรงตามต้องการ พิมพ์ที่ใช้ควรตากให้แห้ง ทำความสะอาดพิมพ์ด้วยฟองน้ำ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 25 - 41)

วิธีขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ (Casting method)

การหล่อต้องอาศัยพิมพ์ซึ่งทำด้วยปูนปลาสเตอร์เป็นหลักและเป็นตัวดูดน้ำในสลิปให้แห้งและคงรูปตามแบบพิมพ์วิธีนี้สามารถผลิตงานเหมือนกัน เท่ากัน แบบพิมพ์ชิ้นหนึ่ง ๆ ในวันหนึ่งอาจผลิตได้ไม่มากนักขึ้นอยู่กับความชื้นในแบบพิมพ์ การหล่อสลิปในระยะแรก ๆ อัตราการดูดซึมน้ำรวดเร็วแต่ในระยะหลังอัตราการดูดซึมน้ำจะช้าลงตามลำดับ การขึ้นรูปด้วยการหล่อที่นิยมทำกันมี 2 วิธี คือ

1. การหล่อสลิปแบบกลวง (Drain Casting) หมายถึงการหล่อเมื่อได้ความหนาพอสมควรของผลิตภัณฑ์ก็เทน้ำสลิปออกจากพิมพ์ เทคนิคในการเทสลิปต้องค่อย ๆ เทและคว่ำไว้จนสลิปในแบบหมด พิมพ์ที่ใช้อาจเป็นพิมพ์ขึ้นเดียวหรือหลายชิ้น

2. การหล่อสลิปแบบตัน (Solid Casting) หมายถึงการหล่อสลิปลงในพิมพ์ให้เป็นแท่ง

A พิมพ์ชนิดนี้นิยมจำกัดความหนาของผลิตภัณฑ์ นิยมใช้ในการหล่อจานแปล เครื่องสุรภัณฑ์ต่าง ๆ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 42 - 43)

5. น้ำเคลือบ

5.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเคลือบ

เครื่องปั้นดินเผาในยุคแรก ๆ 5,000 ปีก่อนประวัติศาสตร์เครื่องปั้นดินเผายังไม่มีการเคลือบ มักใช้การชุบติดตกแต่งลงบนผิวดิน แต่ใช้ดินสีต่าง ๆ ทาตกแต่งตามแต่จะหาได้ บางครั้งด้านนอกใช้ขี้เถ้าหรือโรสแตร์ทาบนผิวภาชนะเพื่อกันซึม เครื่องปั้นดินเผายุคก่อนประวัติศาสตร์เกือบทั้งหมดมีวิวัฒนาการจากภาชนะดินเผาลงหมุดำไม่มีน้ำยาเคลือบ ซึ่งในปัจจุบันในชนบทยังคงทำเครื่องปั้นดินเผาพื้นบ้านสืบต่อมา น้ำยาเคลือบชนิดแรกที่ค้นพบตามประวัติศาสตร์คือเคลือบอุณหภูมิต่ำสีฟ้าสดซึ่งชาวอียิปต์นิยมใช้เคลือบลูกบิดและเครื่องประดับดินเผามีอายุก่อนคริสต์กาลราว 3,500 ปี (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์. 2537 : 1) ต่อมาชาวซีเรียและชาวบาบิโลเนีย ได้ค้นพบการเคลือบด้วยตะกั่วสำเร็จและสามารถทำให้เกิดสีต่าง ๆ โดยการเติมออกไซด์ต่าง ๆ ลงไป การเคลือบด้วยตะกั่วนี้ได้แพร่หลายออกไปสู่ประเทศต่าง ๆ โดยเฉพาะจีน ต่อมาจีนได้ค้นคิดสูตรเคลือบใหม่ ๆ ได้อีก เช่น เคลือบที่มีส่วนผสมของซีเด้า และ มีการพัฒนาเรื่อยมา จนพบน้ำเคลือบสลิป น้ำเคลือบหิน (จิรพันธ์ สมประสงค์. 2535 : 101) แต่ในปัจจุบันเครื่องเคลือบดินเผาได้ถูกนำมาใช้ในชีวิตประจำวันอย่างกว้างขวาง เช่น เครื่องถ้วยชาม สุรภัณฑ์ กระเบื้องปูพื้น เป็นต้น ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ถูกออกแบบให้เหมาะสมในการผลิตในระบบอุตสาหกรรม ในอนาคตมนุษย์ยังคง

พัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ เพื่อหาวัสดุอื่นมาทดแทนผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา เพื่อให้เหมาะสมยิ่งขึ้นต่อไป (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์. 2537 : 2)

ในการศึกษาทางด้านเซรามิกส์ มีผู้ให้ความหมายของเคลือบในลักษณะต่างกันหลายท่านด้วยกัน เช่น

เคลือบ คือ แก้วชนิดพิเศษที่ผิวบาง ใช้ปกคลุมผิวของผลิตภัณฑ์กับการเชื่อมรั้ว ตัวเคลือบประกอบด้วยออกไซด์ต่าง ๆ หลอมแล้วให้สารประกอบเชิงซ้อนของซิลิเกตที่มีคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์คล้ายกับแก้วทั่ว ๆ ไป (กาญจนะ แก้วกำเนิด. 2530 : 81)

เคลือบ หมายถึง วัสดุที่ลักษณะเหมือนแก้วบาง ๆ บนผิวผลิตภัณฑ์เซรามิกส์อย่างต่อเนื่อง เกิดขึ้นโดยการที่มีส่วนผสมของสารประกอบซิลิเกตหลอมเหลวและยึดติดแน่นอยู่บนผิวผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ (ปรีดา พิมพ์ขาวจำ. 2530 : 1)

เคลือบ เป็นชั้นแก้วบาง ๆ บนผิวของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา เกิดจากการหลอมตัวของสารประกอบซิลิเกตที่มีอยู่ในส่วนผสมของน้ำเคลือบ (สุมาลี สิริตวนิชกุล. 2531 : 1)

เคลือบ คือ สารประกอบของซิลิเกตผสมกับสารประกอบอย่างอื่นที่เป็นตัวช่วยหลอมละลายที่เรียกว่าฟลักซ์ อาจจะมีออกไซด์ของโลหะผสมลงไปด้วยเพื่อทำให้เกิดสีและทึบในเคลือบ เมื่อเผาส่วนผสมถึงจุดสูงสุดที่ทำให้เคลือบหลอมละลายแล้วทิ้งไว้ให้เย็นจะมีลักษณะเหมือนกับแก้ว บาง ๆ ฉาบอยู่ (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2534 : 1)

เคลือบ หมายถึง วัสดุที่มีลักษณะเหมือนแก้วฉาบอยู่บนผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ เป็นสารประกอบของซิลิเกตที่ผ่านการเผาในอุณหภูมิสูงหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกัน (โกมล รักษ์วงศ์. 2538 : 7)

จากความหมายของเคลือบในขั้นต้นสามารถกล่าวได้ว่า เคลือบ หมายถึง สารประกอบของซิลิเกตผสมกับสารประกอบอื่นที่เป็นตัวช่วยหลอมละลาย อาจผสมออกไซด์เพื่อให้สีในเคลือบเผาจนถึงจุดสูงสุดแล้วจะมีลักษณะคล้ายกับแก้วที่ผิวผลิตภัณฑ์

วัตถุประสงค์ของการเคลือบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ มีความมุ่งหมายในการเคลือบผลิตภัณฑ์ซึ่งมีผู้ให้ความมุ่งหมายดังต่อไปนี้

ปรีดา พิมพ์ขาวจำ (ปรีดา พิมพ์ขาวจำ. 2530 : 1) กล่าวถึงจุดประสงค์ของการเคลือบไว้ว่าเพื่อป้องกันการเกิดรอยบนผิวเคลือบ การซึมผ่านของของเหลว หรือความมุ่งหวังด้านความงาม

สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2534 : 1) กล่าวว่าเมื่อใช้น้ำเคลือบ เคลือบลงบนผิวผลิตภัณฑ์จะเกิดประโยชน์หลายประการ พอรวบรวมเป็นข้อ ๆ ดังนี้

1. เพื่อป้องกันการซึมผ่านของก๊าซและน้ำ
2. เพื่อให้มีความแข็งแรงทนต่อการกัดกร่อนต่าง ๆ
3. เพื่อให้มีความสวยงามน่าใช้
4. เพื่อป้องกันไม่ให้สกปรกง่ายและสะดวกในการทำความสะดวก
5. เพื่อให้มีความทนทานต่อการกระแทกเสียดสีได้ดี

โกลด์ รักษ์วงศ์ (2538 : 7) บอกวัตถุประสงค์การเคลือบผลิตภัณฑ์ดังนี้

1. ป้องกันไม่ให้ของเหลวและก๊าซซึมผ่านผลิตภัณฑ์
2. เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ทนต่อการกัดกร่อนจากกรดและด่าง
3. เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดได้ง่ายหลังการนำไปใช้ เพราะผิวเคลือบมีความมัน
4. ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสวยงามน่าใช้ การเคลือบเป็นการเพิ่มคุณค่าของผลิตภัณฑ์

และยังผิวผลิตภัณฑ์ได้ดี

5. เพื่อป้องกันผิวผลิตภัณฑ์และสีได้เคลือบให้คงทนถาวร

จากวัตถุประสงค์ในการใช้น้ำเคลือบเคลือบผลิตภัณฑ์สามารถสรุปความสำคัญของการเคลือบผลิตภัณฑ์ดังนี้ เคลือบเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยเพิ่มความสวยงาม เพิ่มคุณค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์ ช่วยปิดบังผิวผลิตภัณฑ์ ป้องกันไม่ให้ของเหลวและก๊าซซึมผ่านผลิตภัณฑ์ ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดได้ง่ายเพราะมีผิวมัน สามารถทำให้ผลิตภัณฑ์ทนต่อการกัดกร่อนจากกรดและด่าง ป้องกันผิวผลิตภัณฑ์และสีได้เคลือบให้คงทนถาวร

5.2 วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมในเคลือบพอร์สเลน

วัตถุดิบที่ใช้ทางเซรามิกนั้นมีมากมายหลายชนิด ส่วนมากมักเป็นสารประกอบที่ซับซ้อนและมักมีสิ่งสกปรกเจือปนนอกเหนือจากส่วนประกอบหลัก น้อยมากที่เป็นออกไซด์ที่บริสุทธิ์ วัตถุดิบ สามารถจัดเป็นเกรดแล้วแบ่งเป็น 2 เกรด คือ Commercial grade เป็นสารที่ไม่ค่อยบริสุทธิ์ หรือที่เรียกว่าเกรดทางการค้า ในอุตสาหกรรมเซรามิกนิยมใช้เกรดนี้เนื่องจากมีราคาถูก และ Lab grade เป็น สารบริสุทธิ์ใช้ในการทดลองทางวิทยาศาสตร์มีราคาแพงกว่า Commercial grade (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2534 : 3)

วัตถุดิบที่ใช้ผสมทำน้ำเคลือบ มีมากมายหลายชนิด มีส่วนประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน คุณสมบัติย่อมแตกต่างกันด้วย การนำไปใช้งานจึงมีความจำเป็นที่จะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับเคลือบแต่ละชนิด วัตถุดิบที่นำมาใช้มักจะเป็นสารประกอบที่ซับซ้อน ในการนำวัตถุดิบมาใช้นั้นส่วนมากจะมีปัญหาเรื่องส่วนประกอบทางเคมีที่ไม่แน่นอน ซึ่งทำให้ความบริสุทธิ์ของวัตถุดิบแตกต่างกันไป ปัญหาใหญ่คือสิ่งเจือปนเพิ่มนอกเหนือจากสารประกอบหลักทำให้การเตรียมเคลือบแต่ละครั้งผิดเพี้ยนได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดของวัตถุดิบและกรรมวิธีการเตรียมแร่ (โกลด์ รัชวงศ์. 2538 : 29) นักเซรามิกส์ได้แบ่งวัตถุดิบต่าง ๆ ตามคุณสมบัติทางเคมีออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

1. วัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง (Bases group) เป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิในการหลอมละลายในเคลือบ (Fluxing agents) ช่วยลดอุณหภูมิในการเผาให้ต่ำลง ทำให้เคลือบหลอมละลายเร็วขึ้นและเพิ่มการไหลตัวของเคลือบทำให้ผิวเคลือบเรียบ ในทางเซรามิกส์ใช้สัญลักษณ์ RO และ R_2O แทนวัตถุดิบกลุ่มนี้ ได้แก่ สังกะสีออกไซด์ (ZnO) แบเรียมออกไซด์ (BaO) แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) แคลเซียมออกไซด์ (CaO) เป็นต้น

2. วัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นกลาง (Intermediates or Neutrals group) ทำหน้าที่เป็นตัวทนไฟ (Refractory) ตัวให้สี (Colorants) มีคุณสมบัติช่วยให้เคลือบมีความหนืด ไม่ไหลหลุดออกจากผิวผลิตภัณฑ์ขณะหลอมละลายและลดการแตกร้าวของน้ำเคลือบในทางเซรามิกส์ใช้สัญลักษณ์ R_2O_3 เขียนแทนวัตถุดิบกลุ่มนี้ ได้แก่ อลูมินาออกไซด์ (Al_2O_3) เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) โครเมียมออกไซด์ (Cr_2O_3) เป็นต้น

3. วัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นกรด (Acids group) ทำหน้าที่เป็นตัวทำให้เกิดแก้ว (Glass forming) ทำให้ขี้บในเคลือบ (Opacifier) มีคุณสมบัติเป็นตัวทนไฟในน้ำเคลือบเพิ่มจุดหลอมละลายทำให้น้ำยาเคลือบมีความแข็งแกร่งทนต่อรอยขีดข่วนและแรงกระแทก เป็นวัตถุดิบที่สามารถทนต่อกรดหรือด่างได้ดี ทางเซรามิกส์ใช้สัญลักษณ์ RO_2 เขียนแทนวัตถุดิบ ได้แก่ พวงจิลิกาออกไซด์ (SiO_2) ดีบุกออกไซด์ (SnO_2) เป็นต้น (ไพจิตร อังศิริวัฒน์. 2537 : 7)

สิ่งที่ควรคำนึงในการเตรียมเคลือบโดยหลักการทั่ว ๆ ไปสำหรับผู้เตรียมเคลือบด้วยตนเองควรคำนึงในสิ่งต่อไปนี้

1. วัตถุดิบที่ละลายน้ำง่าย ทำให้ยากแก่การผสมเคลือบ ไม่ควรนำมาใช้
2. สารประกอบที่เป็นด่าง ส่วนมากมักจะกัดมือ ควรสวมถุงมือยางเวลาชูป
3. วัตถุดิบบางอย่างเป็นฝุ่นมาก โดยเฉพาะหินแก้ว ถ้าหายใจเข้าไปมาก ๆ เป็นอันตรายกับปอดได้ เรียกโรคนี้ว่า ซิลิโกซิส

4. สารประเภทตะกั่ว ถ้านำมาใช้ผสมน้ำเคลือบในรูปแบบของวัตถุดิบ เป็นสารมีพิษต่อร่างกาย ปัจจุบันผลิตในรูปของฟrit ใช้แทนได้ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 95)

จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยจึงใช้วัตถุดิบในการศึกษาค้นคว้าทดลองครั้งนี้ประกอบด้วย

1. หินฟันม้า (Potash feldspar) ปรีดา พิมพ์ขาว (2535 : 71) กล่าวว่า หินฟันม้า เป็นสารประกอบอะลูมิเนียมซิลิเกต ของอัลคาไลด์ และอัลคาไลด์เออร์ฟ หินฟันม้า ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อเป็นตัวเริ่มก่อให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดเนื้อแก้วในเนื้อผลิตภัณฑ์ ดังนั้นหินฟันม้า จึงเป็นตัวส่งเสริมให้มีการเกิดการเปลี่ยนแปลง ไปเป็นแก้ว และช่วยส่งเสริมให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติโปร่งแสงดีขึ้น ข้อดีที่ทำให้อุตสาหกรรมเซรามิกส์นำมาใช้ คือ หินฟันม้ามีราคาถูก และเป็นสารประกอบอัลคาไลด์ที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่ง โทมัส รักร้างส์ (2531 : 35-36) กล่าวว่าเดิมทีหินฟันม้า เป็นวัตถุดิบที่เป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิ สามารถใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ หินฟันม้าเท่าที่พบมีดังนี้

Potash Feldspar ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$)

Soda Feldspar / Albite ($Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$)

Potash Soda Feldspar ($KNa \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$)

Lithium Feldspar ($Li_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$)

Calcium Feldspar / Lime spar / Anorthite ($CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$)

Barium Feldspar / Barium anorthite ($BaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$)

Oligoclase Lime-soda spar ($Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2 + CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$)

Nephelin syenite

Comish stone

ซึ่ง งานทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้ หินฟันม้าชนิด Potash Feldspar ผสมเป็นน้ำเคลือบทอร์สเลน ซึ่ง มีสารประกอบของโปแตสเซียม มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 2.56 มีความแข็งระดับ 6 มีน้ำหนักโมเลกุล 557 มีสีแตกต่างกันตามแหล่งกำเนิด ได้แก่ สีขาว เหลือง ชมพู เป็นต้น หินฟันม้าสามารถใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้น และน้ำเคลือบได้ดี มีส่วนประกอบทางเคมี (โทมัส รักร้างส์. 2531 : 36) ดังนี้

- Silica 65.7 %
- Alumina 16.4 %

- Potassium 16.9 %

หินพื้นม้าชนิดนี้มีจุดหลอมตัวประมาณ 1,200 - 1,250 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ .ทำหน้าที่เป็นตัวประสาน ทำให้เนื้อดินมีความแข็งแรงโดยเฉพาะเนื้อดินชนิดพอร์ซเลน ทำให้เนื้อดินประสานกันอย่างดี (ทวิ พรหมพฤกษ์. 2523 : 73)

การเลือกใช้เฟลด์สปาร์ในสูตรเคลือบ การปรับเปลี่ยนวัตถุดิบจากโพแทสเซิลเฟลด์สปาร์หรือโซดาเฟลด์สปาร์ในสูตรเคลือบให้ยึดหลักดังนี้ เคลือบที่ต้องการเผาในอุณหภูมิต่ำหรือต้องการการลดจุดสุกตัวของเคลือบให้ต่ำลง ใช้โซดาเฟลด์สปาร์ในสูตรเคลือบด้าน และเคลือบทนไฟสูงบางชนิด ใช้โพแทสเซิลเฟลด์สปาร์แทนเพื่อให้ได้เคลือบทนไฟสูง ในสูตรเคลือบที่ต้องการสีพิเศษเช่นสีเขียวอมฟ้า สีน้ำทะเลให้ใช้โซดาเฟลด์สปาร์ถ้าใช้ โพแทสเซิลเฟลด์สปาร์จะได้สีเขียวใบไม้ดังนั้นสีบางสีใช้โซดาเฟลด์สปาร์เท่านั้นบางสีใช้โพแทสเซิลเฟลด์สปาร์เท่านั้น (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์. 2537 : 94)

2. หินเขียวหุนมาน (Flint) หรือควอตซ์มีสูตรทางเคมีว่า SiO_2 เกิดอยู่ในธรรมชาติเป็นรูปของผลึก มีความบริสุทธิ์สูงกว่าวัตถุดิบชนิดอื่น มีความแข็ง 7 มีปริมาณซิลิกาถึง 99.8เปอร์เซ็นต์ทางเรามาิกส์เรียกว่า Flint เป็นผงสีขาวหรือชมพู บดละเอียด 325 เมช ลักษณะของหินเขียวหุนมานที่พบในประเทศไทยมีทั้งชนิดใส ขาวขุ่นทึบและสีชมพู (กรมวิทยาศาสตร์. 2513 : 140) หินเขียวหุนมานหรือทรายแก้วที่ถูกฝนระทำให้ผุกร่อนเป็นเม็ดเล็ก ๆ ทับถมกันสามารถใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อดินปั้นและเคลือบได้ เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์คงทน ใช้ในเคลือบเพื่อให้ได้น้ำเคลือบเป็นเงางาม (วรพันธ์ กิติธัมพานนท์. 2531 : 72) นอกจากนี้หินเขียวหุนมานใช้ในการผสมเคลือบและเนื้อดินปั้นได้ การผสมหินเขียวหุนมานในเนื้อดินปั้นทำหน้าที่เป็นโครงสร้างเพื่อให้ดินมีความทน ไฟสูงขึ้น ลดการหดตัวของเนื้อดิน ทำให้เนื้อดินมีความแข็งแรงและความโปร่งใสนั้น แต่ถ้าใส่มากเกินไปจะทำให้ลดความเหนียวลงและเพิ่มการขยายตัวมีผลต่อการแตกร้าวเสียหายได้ ถ้านำไปผสมในเคลือบ ทำให้เคลือบเป็นมันทนต่อการกัดกร่อนได้ดี แต่ถ้าใส่มากเกินไปจะทำให้ ทนไฟสูงขึ้นเช่นกัน (ทวิ พรหมพฤกษ์. 2523 : 62)

3. โดโลไมท์ (Dolomite) เป็นสารประกอบของแมกนีเซียมคาร์บอเนต และแคลเซียมคาร์บอเนต ($\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$) มีความถ่วงจำเพาะ 2.8 - 2.9 มีความแข็ง 3.5 - 4.0 ทนความร้อนได้ถึง 1700 องศาเซลเซียส ใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้น น้ำเคลือบและวัตถุดิบไฟ โดโลไมท์มีน้ำหนักโมเลกุล 184 ใช้ผสมในเคลือบเพื่อให้แคลเซียมและแมกนีเซียม ซึ่งให้คุณสมบัติแคลเซียม และแมกนีเซียมรวมกันแต่มีราคาถูกกว่า (โกลม รักษ์วงศ์. 2538 : 42) แหล่งแร่โดโลไมท์ที่พบในประเทศไทย มักอยู่ใกล้เคียงกับบริเวณเขาหินปูนหรือเป็นชั้นหินปูนปนโดโลไมท์ มีการเปิดทำเหมือง

โตโลไมท์ที่อำเภอเมือง และอำเภอนาทม จังหวัดกาญจนบุรี ที่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี และอำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช (งามพิศ แต้มนิยม. 2534 : 31)

4. หินปูน (Whiting) เป็นวัตถุดิบที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งที่ใช้กันมากในวงการอุตสาหกรรมเซรามิกส์ โดยเฉพาะใช้เป็นส่วนผสมของน้ำเคลือบ หินปูนเป็นสารประกอบของ Calcium Carbonate (CaCO_3) มีส่วนประกอบของ CaO 56.03 เปอร์เซ็นต์ CO_2 43.79 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักโมเลกุล 100.09 สามารถเผาได้คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ได้ในอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส (1,652 องศา ฟาเรนไฮต์) ให้เปลี่ยนสภาพเป็น CaO มีความถ่วงจำเพาะ ประมาณ 2.7 มีความแข็ง 2.3 (โมส รักษวงศ์. 2531 : 47 - 48)

การนำหินปูนไปใช้ผสมในเคลือบจะทำให้เคลือบมีความแข็งแรงดีขึ้น (Tensile Strength) ทนต่อการขีดข่วนได้ดีกว่าโซเดียม โปแทสเซียม และลิเทียม ทนต่อการกัดกร่อน ของกรด และด่าง ลดสัมประสิทธิ์การขยายตัวของเคลือบได้ดีกว่าพวกต่างด้วยกัน ทำปฏิกิริยารุนแรงกับซิลิกา ปกติจะใช้เพียงเล็กน้อยร่วมกับฟลักซ์ชนิดอื่นโดยเฉพาะในเคลือบไฟต่ำกว่า Cone 3 ไม่ควรใช้โดด ๆ เพราะจะทำให้หน้าที่เป็นตัวทนไฟ แต่ถ้าเผาที่อุณหภูมิสูงจะทำให้หน้าที่เป็นฟลักซ์ ถ้าใช้ในปริมาณมากเกินไปมักจะเกิดการแตกผลึกและทำให้ผิวเคลือบด้าน (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2534 : 8) นอกจากนี้การผสมสังกะสีออกไซด์เล็กน้อยในเคลือบยังมีส่วนให้การไหลตัวของเคลือบดีขึ้น ซึ่งทำให้ผิวเคลือบเรียบ แต่ถ้าใช้ในปริมาณมากและเผาอุณหภูมิสูงก็จะเกิดการ แตกผลึก ซึ่งนิยมใช้ในการทำเคลือบผลึก (Crystalline glazes) จะได้ผลึกที่สวยงามมี ลักษณะคล้ายพัด (Fan like) ถ้าผสมในเคลือบสีจะทำให้สีสดขึ้น (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2534 : 10)

5. ดินขาว (Clay) ส่วนใหญ่เป็นดินที่เกิดในที่ราบสูง เนือดินเหนียว มีความทนไฟสูง (1,800 องศาเซลเซียส) นำมาขึ้นรูปโดยตรงยากแก่การทรงตัว และมีความเหนียวน้อย การนำไปใช้ผลิตเครื่องปั้นดินเผาต้องนำไปผสมกับวัตถุดิบชนิดอื่น ประโยชน์ของดินขาวสามารถใช้ในอุตสาหกรรมชนิดอื่น ๆ เช่น อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมสี a อาหารสัตว์ อุตสาหกรรมวัตถุทนไฟ ไฟเบอร์กันความร้อน แผลงดินขาวที่พบในประเทศไทยมี 2 ชนิด ซึ่งมีความแตกต่างกันในส่วนประกอบทางเคมีคือ

5.1 ดินขาวที่เกิดจากสารประกอบของอลูมิเนียมซิลิเกต เป็นดินที่เกิดจากการแปรสภาพของหินแกรนิต หรือหินฟันม้า กลายมาเป็นดินขาวมีส่วนประกอบของอลูมินา ซิลิกา และน้ำ นอกจากนี้ยังมีสารประกอบอย่างอื่นที่เกิดตามธรรมชาติปะปนอยู่เช่น เหล็ก แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ อัลกาไลน์ โปแทสเซียม โซเดียม เป็นต้น

5.2 ดินขาวที่เกิดจากสารประกอบของแคลเซียมคาร์บอเนต หรือชาวบ้านเรียกว่า ดินตอทอง ดินชนิดนี้เกิดจากการผุพังของหินปูนกลายมาเป็นดินขาว ซึ่งมีส่วนประกอบของ แคลเซียมและสารประกอบอย่างอื่นปนอยู่ด้วย ดินขาวชนิดนี้เมื่อนำมาผสมน้ำสามารถขึ้นรูปได้ แต่เมื่อเผาจะสลายตัวแตกยุ่ยไม่สามารถคงรูปได้ จึงไม่นิยมนำมาทำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 58 - 59)

โกมล ภัทรวงศ์ (2538 : 72) ยังกล่าวอีกว่า ดินเป็นวัตถุดิบที่เป็นสารประกอบของ อลูมินาและซิลิกาชนิดหนึ่ง และยังเป็นตัวเพิ่มความเหนียวให้เคลือบ ทำให้เคลือบเกาะผิวผลิตภัณฑ์ได้ดี ดินที่บริสุทธิ์นิยมใช้ผสมทำเคลือบใสคือดินขาว เพราะดินขาวมีความบริสุทธิ์สูงจะทำให้เคลือบมีความโปร่งใสสะอาดเห็นผิวเนื้อดินได้ชัดเจน ถ้าหากใช้ดินผสมในเคลือบปริมาณมากทำให้เคลือบด้านได้ ลดการไหลตัวของเคลือบได้ดี การใช้ดินผสมในเคลือบจะใช้กัน 2 รูปคือ รูปของดินดิบและดินที่ผ่านการเผาแล้ว

6. อลูมินา (Alumina) อลูมินาจะอยู่ในรูปของสารประกอบหลายชนิดด้วยกันเช่น หิน ฟันม้า ดิน จีลิมานไนต์ โพโรฟิลไลต์ เป็นต้น อลูมินามีความแข็ง 8 - 8.5 สามารถนำไปใช้ทำวัสดุที่เป็นวัสดุทนไฟที่ดีและทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ดี ในธรรมชาติอลูมินาที่อยู่ในรูปของแร่คอรัันดัม มีความแข็งมากเป็นแร่ที่มีความบริสุทธิ์สูงมาก โดยปกติการนำอลูมินามาใช้งานในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ จะทำการเผาและบดเป็นผงสีขาวเป็นวัตถุดิบที่มีความละเอียดและทนต่อปฏิกิริยาของกรดและด่าง สารจำพวกคอรัันดัมอัลคาลิสามารถทำปฏิกิริยากับอลูมินาได้เข้ามากสารที่ทำให้ปฏิกิริยากับอลูมินาได้ดีคือ บอแรกซ์ ตะกั่วออกไซด์ โซเดียมเปอร์ออกไซด์ (โกมล ภัทรวงศ์. 2538 : 64) อลูมินามีจุดหลอมละลายอยู่ที่ 2,050 องศาเซลเซียส มีคุณสมบัติเป็นกลาง ทำให้เคลือบเหนียวเกาะติดผิวดินได้ดี ไม่ไหลจากตัวผลิตภัณฑ์ขณะเผาถึงจุดสุกตัว ช่วยให้เคลือบติดที่ยังไม่ได้เผามีความแข็งแรงสามารถเกาะติดผิวผลิตภัณฑ์ได้แน่นไม่หลุดเป็นฝุ่นติดมือขณะจับ หรือทำให้เคลือบมีตำหนิได้ง่าย ปกติจะใช้ดินขาวเป็นตัวให้อลูมินาในเคลือบ เคลือบเกือบทุกชนิดมีดินขาวอยู่ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ในสูตร เพื่อช่วยให้เคลือบลอยตัวไม่ตกตะกอนกันถึง และช่วยให้เคลือบไม่หลุดเป็นฝุ่นและมีคุณสมบัติเป็นตัวเหนียว ในขณะที่เคลือบหลอมละลาย (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์. 2537 : 18 - 19)

7. เฟอริกออกไซด์ (Ferric Oxide) สัญลักษณ์ทางเคมี คือ Fe มาจากภาษาละตินว่า Ferum มีอะตอมมิกนัมเบอร์ 26 น้ำหนักอะตอม 55.847 จุดหลอมเหลวที่ 1,535 องศาเซลเซียส

จุดเดือดประมาณ 3,000 องศาเซลเซียส เป็นธาตุโลหะ ถ้าบริสุทธิ์จะมีสีขาวคล้ายเงิน ยังเป็นสารแม่เหล็กรวมตัวกับออกซิเจนและธาตุอื่น ๆ (มันเกียรวติ โกศลนิรุตวงศ์ , ยิ่งศักดิ์ วัตรสุนิตย์ฤกษ์ และวิริยะ สิริสิงห. ม.ป.ป. : 83) .

สินแร่เหล็กที่พบมี 4 ชนิดคือ แมกนีไทต์ (Fe_3O_4) ฮีมาไทต์ (Fe_2O_3) เกสไทต์หรือโลมอไนต์ (HFeO_2) จีโคไรต์ (FeCO_3) สินแร่เหล็กที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมเซรามิกส์ มี 2 ชนิดคือ Hematite เป็นสินแร่สีส้มแดงประกอบด้วยเหล็ก 2 อะตอม และออกซิเจน 3 อะตอม (Fe_2O_3) เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้หินบนโลกมีสีต่าง ๆ สินแร่เหล็ก Magnetite สินแร่ ชนิดนี้มีสีค่อนข้างดำเป็นออกไซด์ของเหล็กชนิดหนึ่งเช่นกัน ใน 1 โมเลกุลมีเหล็ก 3 อะตอม ออกซิเจน 4 อะตอม (Fe_3O_4) ทั้งสินแร่ Hematite และ Magnetite จะมีสาร Silicate เจือปนอยู่ด้วยเสมอ เหล็กออกไซด์จัดเป็นวัตถุคิบที่มีคุณสมบัติเป็น กลาง (Intermediates group) เป็นสารให้สีที่ดี ใช้ในเนื้อดินจะได้สีในโทนแดง ถ้าใช้ในเคลือบที่มีแคลเซียมออกไซด์อยู่ด้วย จะให้สีเหลืองจนถึงสีเนื้อ ถ้าใช้ในเคลือบทั่วๆ ไปจะให้สีน้ำตาลแดงเลือนจนจนถึงสีแดงน้ำตาล โดยใช้น้ำประมาณ 5 -10 เปอร์เซ็นต์ ในเคลือบตะกั่ว 8 เปอร์เซ็นต์ได้สีแดงดำ (Dark red) ถ้าใช้น้ำมากเกินไปเคลือบที่ได้จะมีลักษณะเป็นผลึกเล็ก ๆ เป็นจุดได้เคลือบเป็นสีทองและได้สีม่วง (Purple red) กับสีเกร็ดทองเล็ก ๆ (Gold fleck) แต่ถ้าเผาในสภาวะอากาศน้อย (Reduction) เหล็กออกไซด์จะให้สีเขียวแบบเซลาดอน (Pate green of celadon) หรือ สีเขียวปนเทา (Gray green) (สุรศักดิ์ โกสียพันธ์. 2534 : 17)

5.3 การเตรียมและการชุบเคลือบ

การเตรียมน้ำเคลือบ ต้องจัดหาวัตถุดิบที่ใช้ทำเคลือบที่มีราคาไม่แพง หาได้ง่าย มีพิษต่อร่างกายน้อยที่สุด ถ้าหากเป็นสารมีพิษจะต้องมีการป้องกัน การเตรียมน้ำเคลือบจำเป็นต้องเตรียมและหาสิ่งต่อไปนี้คือ (โกล รักษ์วงศ์. 2538 : 247 – 251)

1. เครื่องมืออุปกรณ์ในการเตรียมเคลือบมีดังนี้

- 1.1 เครื่องชั่ง ควรเป็นเครื่องชั่งที่มีความไวสูง ชั่งได้แน่นอน มีข้อผิดพลาดน้อย
- 1.2 ภาชนะสำหรับเก็บน้ำเคลือบมีฝาปิด
- 1.3 หม้ออบเคลือบหรือโถรงอบเคลือบ
- 1.4 ตะแกรงร่อนมีขนาด 80 – 120 เมช
- 1.5 เครื่องกวนน้ำเคลือบใช้สำหรับกวนเคลือบไม่ให้ตกตะกอน

1.6 อุปกรณ์สำหรับพันเคลือบ ใช้กับผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถจุ่มในถังเคลือบได้ ควรทำการเคลือบโดยวิธีการพัน

2. วัสดุติบที่ใช้ผสมทำน้ำเคลือบ เตรียมวัสดุติบสำหรับผสมน้ำเคลือบ ตามสูตรเคลือบที่คิดคำนวณเอาไว้ วัสดุติบที่ใช้ผสมทำน้ำเคลือบควรจะอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ การผสมน้ำในอัตราส่วน วัสดุติบแห้งสำหรับทำน้ำเคลือบ ควรใช้วัสดุติบแห้ง 1 ส่วนต่อน้ำ 1 ส่วนถึงวัสดุติบแห้ง 1.5 ส่วนต่อ น้ำ 1 ส่วนเช่น วัสดุติบ 1,000 กรัมต่อน้ำ 1,000 ซีซี

3. การบดน้ำเคลือบ หม้อบดเคลือบที่ใช้บดเคลือบนิยมใช้หม้อบดเนื้อปอร์สเลน ถ้าหากเป็นหม้อบดขนาดใหญ่จะใช้ปอร์สเลนหรือยางเป็นวัสดุบดผนังหม้อบดภายใน ภายในหม้อจะเป็นโลหะ มีลูกบดบรรจุภายใน หม้อบดมีขนาดแตกต่างกัน การบรรจุวัสดุติบและลูกบดลงในหม้อบด ควรจะให้เหลือเนื้อที่ว่างในหม้อบดมีปริมาณประมาณร้อยละ 15 เพื่อให้ลูกบดภายในหม้อบดเคลื่อนที่ได้สะดวก เกิดการบดได้ละเอียด ปริมาณลูกบดที่ใช้บดควรจะบรรจุ 1/4 ของปริมาตรของหม้อบด

4. การทดสอบเคลือบก่อนนำไปใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ หลังจากบดเคลือบเสร็จแล้วต้องกรองด้วยตะแกรงร่อนขนาด 80 – 120 เมชก่อน หลังจากเสร็จแล้วต้องนำเอาเคลือบไปทดสอบก่อนเพื่อไม่ให้เกิดการผิดพลาด อาจทำให้เกิดการเสียหายได้ เช่น สีไม่ได้ตามความต้องการ ความต้านมันไม่เป็นไปตามต้องการ ความทึบความใสของเคลือบไม่ได้ตามความต้องการ หลังการทำเคลือบเสร็จทุกครั้งต้องนำมาทดสอบก่อนไปใช้งาน โดยกระทำดังนี้

4.1 ทดสอบการเผา โดยการชุบแผ่นทดลองเข้าเตาเผาสำหรับทดลอง เพื่อพิสูจน์ว่าเคลือบเป็นไปตามต้องการหรือไม่ ผลจากการทดสอบหลังการเผาแล้วจะมองเห็นสีของเคลือบ ความมันด้านของเคลือบ ความทึบโปร่งใสของเคลือบ การหลอมละลายของเคลือบ และค่าพินท์ที่เกิดแก่เคลือบ เมื่อได้ผลออกมาจะต้องทำการแก้ไขเคลือบได้ ถ้าหากแก้ไขไม่ได้จำเป็นต้องเตรียมเคลือบใหม่

4.2 ทดสอบหาความร้นของเคลือบ เป็นการทดสอบก่อนเผา ทำการทดสอบโดยการหาความถ่วงจำเพาะหรือหาความหนาแน่นของเคลือบ ตัวอย่างเคลือบเฟลด์สปาร์ควรมีความถ่วงจำเพาะ 1.2 – 1.4

4.3 ทดสอบหาการตกตะกอนของเคลือบ หากเคลือบตกตะกอนเร็วเกินไปก็มีปัญหาในการเคลือบ วัสดุติบที่หยาบและมีน้ำหนักของโมเลกุลสูงจะตกตะกอนอยู่กับภาชนะที่ใช้เก็บน้ำเคลือบ เมื่อชุบเคลือบเสร็จแล้วเอาไปเผาเคลือบ น้ำเคลือบที่ผ่านการเผาแล้วเปลี่ยนสภาพ

ไม่เหมือนเดิมตามต้องการ จะแก้ไขได้โดยการนำมาบดให้ละเอียดยิ่งขึ้นหรืออาจจะใช้วัตถุดิบที่ละลายน้ำได้เติมลงไปในน้ำเคลือบเพื่อเพิ่มความหนาแน่นของน้ำเคลือบวัตถุดิบที่ใช้คือแคลเซียมคลอไรด์ (Calcium chloride) และแมกนีเซียมคลอไรด์ (Magnesium chloride)

4.4 ทดสอบความเหนียวของเคลือบ น้ำเคลือบที่มีความเหนียวไม่พอเมื่อชุบผลิตภัณฑ์ก็จะหลุดง่าย เนื้อเคลือบไม่เกาะติดผลิตภัณฑ์การหยิบยกเคลือบย้ายกระแทกกระแทกจะหลุดทำให้เกิดความเสียหาย สาเหตุที่เคลือบมีความเหนียวต่ำเนื่องมาจากในสูตรเคลือบมีส่วนผสมของดินน้อย เมื่อมีดินผสมอยู่น้อยจึงจำเป็นต้องเติมสารจำพวกกาวยินทรีย์ผสมในน้ำเคลือบ ได้แก่ กาว C.M.C กาวยางมะขวิด กาวกระถิน กาวเคิร์ทรีน เป็นต้น กาวที่ใช้ควรละลายด้วยน้ำร้อนก่อนผสมในเคลือบ การใช้กาวในเคลือบมักมีปัญหาเรื่องการบุดน้ำ เก็บเคลือบไว้นานจะเกิดกลิ่นเหม็น

5. การเผาเคลือบผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ที่นำไปเคลือบเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการเผาดิบและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาดิบแล้ว การนำผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการเผาดิบ ผลิตภัณฑ์ต้องผ่านการตากแห้งแล้ว การชุบเคลือบผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่เผาดิบต้องระมัดระวังมาก เพราะเกิดการแตกหักได้ง่าย เนื้อผลิตภัณฑ์เมื่อถูกน้ำมากสามารถละลายน้ำได้ ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาดิบแล้ว ปัญหาในการเคลือบน้อยมาก เพราะเนื้อผลิตภัณฑ์แข็งแรง

สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ (2534 : 69 -70) กล่าวถึงการเตรียมน้ำเคลือบว่า การที่จะเตรียมน้ำเคลือบสูตรใด ๆ สูตรนั้นควรจะได้ทำการทดลองจนได้ผลดีมาก่อน เพื่อป้องกันการผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ ทำให้สิ้นเปลืองวัสดุ ขั้นตอนในการเตรียมน้ำเคลือบพอสรุปได้ดังนี้

1. การชั่งส่วนผสม จะต้องให้ถูกต้องแน่นอนตรงตามสูตร

2. การบดส่วนผสม ส่วนมากการบดก็เป็นการผสมไปในตัว ถ้าเตรียมเคลือบจำนวนน้อยเพื่อทำการทดลองใช้โถงบดผสมก็เพียงพอ แต่ถ้าต้องการเตรียมจำนวนมากและให้ได้ดีสม่ำเสมอ ควรจะบดด้วยหม้อบดมากกว่า ส่วนจะบดนานเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับส่วนผสมหรือชนิดของน้ำเคลือบ น้ำเคลือบบางชนิด ถ้าบดนานเกินไปอาจจะมีผล ให้เคลือบเปลี่ยนแปลงได้ เช่น เคลือบบอแรกซ์ การบดน้ำเคลือบควรใส่น้ำไม่เกิน 55 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักส่วนผสม (Batch weight) โดยทั่วไปจะให้น้ำประมาณ 30 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการบดสูงสุด น้ำที่ใช้ในการผสมน้ำเคลือบจะต้องสะอาดปราศจากตะกอน และมีสภาพเป็นกลาง

3. การกรองน้ำเคลือบเมื่อผ่านการบดผสมเรียบร้อยแล้วจะต้องผ่านการกรองด้วยตะแกรง เพื่อให้ได้ความละเอียดตามต้องการ

น้ำเคลือบทุกชนิดถ้าเก็บเปียกไว้จะเกิดการตกผลึกของสาร ฉะนั้นก่อนนำไปใช้ควรคนให้เข้ากันก่อนหรือกรองใหม่ได้จะดีมาก มิฉะนั้นสารเคมีจะเกาะตัวเป็นเม็ดผลึกฝังอยู่ในเนื้อเคลือบเมื่อเผาแล้วจะเกิดเป็นจุดเป็นดวงบนผิวเคลือบได้

ในการเคลือบผลิตภัณฑ์ ต้องเตรียมผลิตภัณฑ์ให้เรียบร้อยก่อนจะเคลือบโดยทำความสะอาด ขูดขจัดฝุ่นละอองหรือสิ่งสกปรกให้หมดไป โดยใช้ฟองน้ำเช็ดหรือใช้ลมเป่าทำความสะอาด วิธีเคลือบผลิตภัณฑ์มีวิธีการดังนี้

1. วิธีเคลือบผลิตภัณฑ์โดยวิธีจุ่ม (Dipping) การเคลือบด้วยวิธีนี้ทำได้รวดเร็วกว่าวิธีอื่นๆ เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ขนาดเล็ก มีน้ำหนักเบาสามารถจุ่มได้ง่ายกระทำได้โดยการที่นำเอาผลิตภัณฑ์จุ่มลงในน้ำเคลือบแล้วยกขึ้นมาโดยดูความเหมาะสมของความหนาของเคลือบให้เหมาะสม

2. วิธีเคลือบผลิตภัณฑ์โดยวิธีพ่น (Spraying) วิธีนี้เป็นวิธีเคลือบผลิตภัณฑ์ทุกขนาด เป็นวิธีที่ใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ได้สม่ำเสมอ เหมาะกับงานอุตสาหกรรมเครื่องสุญญากาศมากที่สุดวิธีนี้ยังเหมาะกับการเคลือบผลิตภัณฑ์ประเภท Green ware สำหรับเผาแบบ One Firing การเคลือบผลิตภัณฑ์โดยวิธีการพ่น กระทำแบบเดียวกับการพ่นสี คือ ใช้การพ่นสามารถพ่นเคลือบได้ทุกซอกทุกมุมตามต้องการ

3. วิธีเคลือบผลิตภัณฑ์โดยวิธีเทราด (Pouring) การเคลือบด้วยวิธีนี้ส่วนมากใช้เคลือบกับผลิตภัณฑ์ใหญ่ๆ เช่น โอ่งมังกร ราชบุรี แจกันขนาดใหญ่ๆ เป็นต้น ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้ไม่สามารถจะจุ่มได้ โดยนำผลิตภัณฑ์ที่จะเคลือบไปวางบนภาชนะที่มี ไม้วางพาดเอาไว้ แล้วใช้ภาชนะตักน้ำเคลือบราดให้ทั่ว การเคลือบวิธีนี้ผิวผลิตภัณฑ์จะไม่เรียบนัก มีรอยหนานางอีกทั้งเคลือบไม่เท่ากัน เนื่องจากตอนราดเคลือบจะมีรอยทับกัน การเคลือบวิธีนี้สามารถนำไปใช้เคลือบตกแต่งผลิตภัณฑ์ให้เกิดลายสีได้ด้วย อาจจะใช้โร้วความสวยงามรอยราดสีต่าง ๆ ของเคลือบ

4. วิธีเคลือบผลิตภัณฑ์โดยวิธีทา (Painting) วิธีเคลือบด้วยวิธีนี้ใช้แปรงหรือพู่กันทา ส่วนมากใช้กับการเคลือบผลิตภัณฑ์ชิ้นเล็ก ๆ เพื่อการทดลองหรือเคลือบผลิตภัณฑ์ที่ต้องการตกแต่งด้วยเคลือบหลาย ๆ สีเพื่อให้เกิดความสวยงาม ส่วนมากใช้ทำการเคลือบผลิตภัณฑ์พวก Art ware ทำให้เกิดสีต่าง ๆ หลาย ๆ สี (โกลด์ รักษ์วงศ์. 2531 : 95 – 99)

ในการดำเนินการทดลองครั้งนี้ใช้วิธีการจุ่มเคลือบ เนื่องจากการเตรียมน้ำเคลือบมีมากพอที่จะใช้ในการจุ่มผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์มีขนาดไม่ใหญ่มากนัก โดยการชุบเคลือบนั้นต้องจุ่มผลิตภัณฑ์ลงในน้ำเคลือบนาน 3 วินาที

5.4 ลักษณะทางกายภาพและตำหนิของผิวเคลือบ

สิ่งที่ต้องการในการทำเคลือบคือต้องการให้เคลือบมีความสมบูรณ์ตามความต้องการ คือความต้องการให้เคลือบห่อหุ้มตัวในอุณหภูมิที่กำหนดไว้ ความหนืดตัวของเคลือบคือไม่ต้องการให้เคลือบมีการไหลตัวมาก ความโปร่งใสและความทึบของเคลือบ สีที่เกิดกับเคลือบ ในการเตรียมน้ำเคลือบและการเผาเคลือบมีความต้องการให้เคลือบมีความสมบูรณ์ปราศจากตำหนิที่จะเกิดขึ้นในเคลือบ มีความจำเป็นที่ต้องศึกษาถึงสิ่งต่าง ๆ ต่อไปนี้ (โกลด์ รัชวงศ์, 2538 : 147 - 156)

1. การระเหยของสารประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ผสมทำเคลือบในขณะทำการเผาเคลือบในอุณหภูมิสูงจะเกิดการระเหยของก๊าซที่เป็นสารประกอบของวัตถุดิบที่ใช้ผสมทำเคลือบเกิดขึ้น ในเมื่อเคลือบถูกเผาในอุณหภูมิสูงอะตอมของสารที่อยู่ในเคลือบที่มีพันธะที่อ่อนแอบนผิวเคลือบจะถูกกำจัดออกไปด้วยพลังงานความร้อนที่เกิดจากการเผา อะตอมที่มีพันธะที่อ่อนแอจะเปลี่ยนสภาพไปอยู่ในรูปของก๊าซระเหยออกไป การระเหยกระจายของก๊าซอาจจะเกิดการรวมตัวใหม่ขึ้นได้ อาจจะไปรวมตัวติดบนผนังเตาเผา หรืออาจรวมตัวใหม่ไปติดบนผิวเคลือบของผลิตภัณฑ์ที่อยู่ใกล้เคียง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ใกล้เคียงเกิดสีขึ้น หรือเกิดผลทางความต้านและความมันของเคลือบได้

2. ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นกับเคลือบและเนื้อดินปั้น บริเวณที่เกิดปฏิกริยานี้จะเกิดขึ้นที่เนื้อเคลือบละลายเนื้อผลิตภัณฑ์ตรงบริเวณที่สัมผัสกันระหว่างเคลือบกับเนื้อดินปั้น เมื่อทำการเผาการละลายผิวผลิตภัณฑ์ทุกจุดไม่เท่ากัน เช่น ผิวผลิตภัณฑ์ที่เกิดปฏิกริยาที่มีพื้นผิวไม่เรียบจะทำให้เคลือบติดผิวผลิตภัณฑ์ได้ดี เนื้อดินปั้นที่มีความพรุนตัวสูงจะดูดซึมเคลือบได้ดีเมื่อเคลือบก็จะติดผิวผลิตภัณฑ์ได้ดี ถ้าหากเคลือบชนิดใดทำปฏิกริยากับเนื้อดินปั้นน้อยจะทำให้เคลือบไม่คงทนจะหลุดร่อนได้หลังการเผาแล้ว เคลือบที่มีลักษณะผิวด้าน เคลือบชนิดนี้เกิดจากการเกิดผลึกที่ผิวเคลือบเพราะส่วนผสมของเคลือบจะมีสารประกอบของอลูมินาและแคลเซียมออกไซด์สูง ดังนั้นเคลือบที่มีแคลเซียมออกไซด์สูงจะเกิดเป็นผลึกของอะนอร์ไทท์และวอลลาสไทท์ จะพบผลึกของวิเทลไมท์ในเคลือบที่มีสังกะสีออกไซด์อยู่ และจะพบผลึกของหินฟันม้าชนิดแบบเรียบในเคลือบที่มีส่วนผสมของแบเรียมสูง

3. การหดตัวและการขยายตัวของเคลือบที่มีผลกระทบต่อเนื้อดินปั้น ถ้าเคลือบกับเนื้อดินปั้นมีการหดตัวและขยายตัวเท่ากัน ระหว่างที่เผาเคลือบและปล่อยให้เย็นตัวลง จะไม่มีแรงเค้นเกิดขึ้นในเนื้อเคลือบ เคลือบจะออกมาสมบูรณ์ดีไม่มีการร้าว แต่ถ้าหากการหดตัวและขยายตัวระหว่างเนื้อดินปั้นกับเคลือบไม่เท่ากันจะเกิดแรงเค้นในเนื้อเคลือบ โดยปกติถ้าเคลือบจะทนต่อแรงอัด แต่ไม่ทนต่อแรงดึง ดังนั้นเมื่อเกิดการหดตัวและขยายตัวไม่เท่ากันระหว่างเคลือบกับเนื้อดินปั้น จะทำให้เคลือบเกิดการร้าวขึ้น

4. สาเหตุที่ทำให้เกิดสีในเนื้อเคลือบ มีสาเหตุดังนี้

4.1 บรรยากาศในการเผา ในการเผาเตาจะมีบรรยากาศในการเผาที่แตกต่างกันจะทำให้สีของเคลือบแตกต่างกัน บรรยากาศที่เกิดในเตาเผามี 2 ลักษณะคือ

4.1.1 การเผาแบบรีดักชัน ทำได้สีเกิดขึ้นได้ สีที่เกิดขึ้นในเนื้อเคลือบเปลี่ยนแปลงไปกับบรรยากาศของการเผา การเผาแบบรีดักชันคือการที่เกิดการเผาไหม้ไม่หมดภายในเตาเผา จะมีกลุ่มควันและร่มาอยู่ในห้องเผาไหม้ของเตาเผาเนื่องจากออกซิเจนกับเชื้อเพลิงมีอัตราส่วนที่ไม่พอดีกัน การเผาเตาลักษณะนี้เรียกว่าการเผาแบบรีดักชัน เตาที่ใช้ในการเผาบรรยากาศนี้ได้มีได้แก่ เตาพื้น เตาน้ำมัน เตาแก๊ส ตัวอย่างเนื้อเคลือบและเนื้อดินปั้นที่มีสารประกอบของเฟอร์ริกออกไซด์เมื่อเผาในบรรยากาศรีดักชันจะทำให้เกิดสีเขียวแกมฟ้าในเคลือบ

4.1.2 การเผาแบบออกซิเดชัน เป็นการเผาไหม้ที่หมดจดไม่มีกลุ่มควันอยู่ในห้องเผาไหม้ของเตาเผา เพราะออกซิเจนและเชื้อเพลิงเหมาะสมกัน การเผาในบรรยากาศแบบนี้สามารถทำการเผาได้กับเตาเผาทุกชนิด เตาเผาที่เผาแบบออกซิเดชันได้ดีที่สุดคือเตาไฟฟ้า จะทำให้เกิดสีตามคุณสมบัติของออกไซด์ที่ผสมในเคลือบ เช่น เฟอร์ริกออกไซด์จะให้สีน้ำตาลเมื่อเผาในบรรยากาศออกซิเดชัน

4.2 การเผาในอุณหภูมิที่แตกต่างกันย่อมจะทำให้สีของเคลือบแตกต่างกัน อาจจะทำให้เกิดสีขึ้นมาใหม่หรืออาจจะทำให้สีจางหายไป สาเหตุจากอุณหภูมิในการเผาเคลือบแตกต่างกันหรือเผาในอุณหภูมิที่ไม่เท่ากันดังนี้

4.2.1 การเผาเคลือบไฟต่ำและการเผาเคลือบไฟสูงใช้สีเดียวกันหรือออกไซด์ชนิดเดียวกัน อัตราส่วนที่ใช้เท่ากัน ถ้าหากใช้เคลือบไฟต่ำจะให้สีที่เข้มกว่าไฟสูง

4.2.2 การเผาเคลือบผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากเคลือบเดียวกัน และเนื้อดินปั้นเดียวกันในอุณหภูมิที่ต่างกันจะทำให้เกิดสีต่างกัน

4.3 สีของเคลือบจะเกิดขึ้นได้เพราะส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ผสมทำน้ำยาเคลือบ การใช้วัตถุดิบที่มีความบริสุทธิ์น้อยจะทำให้เคลือบเกิดขึ้นได้

5. ความหนืดตัวของเคลือบ เคลือบที่มีความหนืดตัวสูงเป็นคุณสมบัติที่ดีอย่างหนึ่งของเคลือบ การที่เผาเคลือบเป็นการให้พลังงานความร้อนแก่เคลือบเพื่อให้เกิดการหลอมละลายซึ่งเปลี่ยนแปลงจากของแข็งเป็นของเหลวเกาะติดกับผิวผลิตภัณฑ์ พลังงานความร้อนของการทำให้เคลือบหลอมเหลวเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหลังจากเย็นตัวลง เมื่อเคลือบจะมีความแข็งมากขึ้นได้ ไม่ใช่เพราะอุณหภูมิในการเผาเพียงอย่างเดียว การที่ใช้วัตถุดิบที่เป็นฟลักซ์ปริมาณมากจะทำให้เคลือบไหลตัวได้มากด้วย เช่น การใช้โซดาแอสกเป็นตัวยึดทำให้เคลือบไหลตัวสูงขึ้น

6. ความตึงผิวของเคลือบ ในเมื่ออะตอมหรือโมเลกุลที่อยู่ภายในของเหลวจะถูกกระทำด้วยแรงที่มีขนาดเท่ากันทุกด้าน ยกเว้นที่บริเวณผิวหน้าของของเหลวจะถูกกระทำด้วยแรงเพียงครึ่งเดียวของอะตอมจึงเป็นสาเหตุทำให้เกิดการตึงผิวขึ้น เคลือบที่มีความตึงผิวน้อยผิวก็จะเรียบ ส่วนเคลือบที่มีความตึงผิวมากจะทำให้เกิดการตึงตัวแยกออกจากกัน ความตึงผิวของเคลือบจะเกิดขึ้นในขณะที่ยังก่อนเผา ถ้าตั้งเผา และหลังเผาคงนี้

6.1 ความตึงผิวของเคลือบที่เกิดขึ้นก่อนเผา เคลือบที่มีความตึงผิวน้อยส่วนใหญ่จะมีสารประกอบที่มีความเหนียวผสมอยู่ในเคลือบเพียงพอ สารประกอบที่มีความเหนียวได้แก่ดินและสารอินทรีย์ที่ผสมเข้าไปในเคลือบเพื่อทำให้เคลือบมีความเหนียว และประการหนึ่งคือความละเอียดของเคลือบไม่พอ ไม่หยาบจนเกินไป

6.2 ความตึงผิวของเคลือบที่เกิดขึ้นขณะกำลังเผาและหลังจากการเผา ในขณะกำลังเผา เคลือบจะเริ่มเกิดความตึงผิวขึ้นเมื่อก๊าซเริ่มระเหยออกจากเนื้อเคลือบ และเมื่อเคลือบเริ่มหลอมละลายกลายเป็นแก้วจนกระทั่งเย็นตัว

จากลักษณะทางกายภาพของเคลือบที่ได้กล่าวมาข้างต้นสามารถนำมาเป็นข้อสรุปในการอธิบายผลของเคลือบที่ได้ในการทำวิจัยครั้งนี้

ตำหนิของผิวเคลือบ ตำหนิที่เกิดขึ้นบนผิวเคลือบคือสิ่งที่ทำให้เคลือบไม่สวยงาม ผลิตภัณฑ์ที่มีตำหนิบนเคลือบจะทำให้หมดความสวยงาม ถ้าหากผลิตภัณฑ์เกิดความเสียหายเนื่องจากการเคลือบก็จะทำให้เกิดการสูญเสียทั้งด้านแรงงาน เวลาและการลงทุน โกมล รักวงศ์ (2531 : 107) ได้ให้รายละเอียดเกี่ยวกับตำหนิเคลือบไว้ว่า

1. การเกิดตำหนิเป็นลักษณะรูเข็ม (Pin Holes) มีลักษณะเป็นรูเล็ก ๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวเคลือบ ถ้ามีขนาดใหญ่เรียกว่า "BRISTER" สาเหตุที่ทำให้เกิดตำหนิลักษณะรูเข็ม คือ

1.1 เกิดจากเนื้อดินปั้นมีความพรุนตัว (Porosity) เนื่องมาจากการผสมเนื้อดินและการนวดดินไม่ดี คือเนื้อดินไม่เข้ากัน ในเนื้อดินมีฟองอากาศอยู่ในขณะที่เผา ฟองอากาศจะขยายตัวระเหยออกจากเนื้อดินทะลุผ่านผิวเคลือบออกมา ทำให้เกิดรูเข็มและอีกสาเหตุหนึ่งคือเคลือบมีความหนืดสูง วิธีแก้ไขได้โดยวิธีต่อไปนี้

1.1.1 นวดดินให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน

1.1.2 แก้ไขอัตราส่วนของเนื้อดินปั้น

1.1.3 แก้ไขโดยการนำดินไปหมัก

1.1.4 แก้ไขโดยการเผาให้ความคมอุณหภูมิเป็นไปอย่างช้า ๆ

1.2 เกิดจากการเก็บน้ำเคลือบไว้นาน ๆ จะทำให้น้ำเคลือบตกตะกอน และเกิดจากสารละลายตัวของกาวคาร์บอนเปลี่ยนแปลงสภาพจะเกิดก๊าซขึ้นได้ วิธีแก้ไขโดยวิธีต่อไปนี้

1.2.1 เอน้ำเคลือบไปบดใหม่หรือกวนให้เข้ากันอย่างละเอียด

1.2.2 เมาเคลือบโดยการปั่นไฟ

1.2.3 การชุบเคลือบจะต้องชุบให้เรียบโดยไม่มีรูเข็ม หากมีตำหนิควรใช้มีดถูหรือนำน้ำเคลือบป้ายลบรอยตำหนิ

1.3 ผลิตภัณฑ์ที่นำไปชุบเคลือบไม่สะอาดจะทำให้เกิดรอยตำหนิเป็นรูเข็มได้โดยการทำความสะอาดผิวผลิตภัณฑ์ก่อนนำไปชุบเคลือบ

2. การเกิดตำหนิเป็นลักษณะน้ำเคลือบรานตัว (Crazing) เป็นตำหนิประเภทหนึ่งที่เกิดขึ้นกับเคลือบมีสาเหตุจะเกิดขึ้นได้ดังนี้

2.1 เกิดจากสัมประสิทธิ์การหดตัวและการขยายตัวของเนื้อดินปั้นกับน้ำเคลือบไม่เท่ากัน

2.2 เกิดจากเปิดเตาเผาเร็วเกินไป คือ เตาเผายังร้อนจัดรีบเปิดเตาเอาผลิตภัณฑ์ออก ทำให้เคลือบรานตัวได้ วิธีแก้การรานตัวของเคลือบแก้ไขได้ดังนี้

2.2.1 แก้ไขเนื้อดินปั้นโดยที่เดิมอัตราส่วนของอุณหภูมิ ลงไปในเนื้อดินปั้น

2.2.2 แก้ไขน้ำเคลือบโดยที่เดิม จิลิกา ออกไซด์ ลงไปในน้ำเคลือบแล้วให้ลดสารที่เป็น ฟลักซ์ลงและให้เพิ่มอุณหภูมิในการเผาขึ้น

3. การเกิดตำหนิของเคลือบที่เนื่องจากการเผาเคลือบไฟเกิน ทำให้มีตำหนิประเภทนี้เคลือบจะไหลตัวและสีสำเร็จรูปที่ใช้ผสมในเคลือบจะจางหายไป สีเคลือบจะมีความเข้มขึ้นต่ำลง

และยังจะทำให้เกิดผลเสียหายนี้อีกมาก คือ ทำให้เคลือบไหลติดกับชั้นวางผลิตภัณฑ์ภายในเตาเผา วิธีแก้ไขการเผาเคลือบไฟเกิน ทำได้คือ

3.1 เลือกใช้น้ำเคลือบที่มีช่วงการเผายาว (Firing rang) จึงจะทำงานมีประสิทธิภาพดี

3.2 อย่าเคลือบให้หนามากเกินไป

3.3 การเผาจะต้องอยู่ในอุณหภูมิที่กำหนดไว้

4. คำพินิจที่เกิดจากน้ำเคลือบร้อนหลุดออกจากผิวผลิตภัณฑ์ (Peeling) ลักษณะที่เกิดขึ้นคือเคลือบร้อนหลุดออกจากผิวผลิตภัณฑ์ออกมาเป็นแผ่น ๆ อาจจะมีกระเด็นหลุดออกไปจากผลิตภัณฑ์ เกิดจากการแยกตัวออกจากเนื้อดินปั้นสาเหตุเนื่องมาจากสิ่งต่อไปนี้

4.1 เนื้อดินปั้นมีส่วนผสมของ ซิลิกา สูงเกินไป

4.2 ผิวผลิตภัณฑ์สกปรก อาจมีฝุ่นละอองหรือไขมันเกาะติดอยู่ทำให้เคลือบราน ไม่ติดอยู่บนบริเวณนั้น

4.3 ผลิตภัณฑ์ที่นำไปชุบเคลือบมีความร้อนอยู่ เอาไปทำการเคลือบจะทำให้เคลือบหลุดร้อนออกไปได้

4.4 การเผาเคลือบเร็วเกินไป วิธีแก้ไขการร้อนหลุดของเคลือบจากผิวผลิตภัณฑ์

4.4.1 ทำเนื้อดินปั้นให้อัตราส่วนของ ซิลิกา เหมาะสม

4.4.2 ทำความสะอาดผลิตภัณฑ์ก่อนชุบเคลือบทุกครั้ง

4.4.3 การเคลือบผลิตภัณฑ์ทุกครั้งจะต้องไม่เคลือบผลิตภัณฑ์ที่กำลังร้อน ๆ

4.4.4 เมาเคลือบควบคุมอุณหภูมิให้ถูกต้อง

4.4.5 คำพินิจที่เกิดจากการแยกตัวของเคลือบ (Crawling) มีลักษณะเป็นรอยแยกตัวของเคลือบ เคลือบจะไม่ติดเป็นเนื้อเดียวกัน เกิดจากสาเหตุ

4.4.5.1 น้ำเคลือบหดตัวมากเกินไป เกิดจากส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้เคลือบบดหยาบหรือละเอียดเกินไป เคลือบหนามากเกินไป

4.4.5.2 เกิดจากไม่ทำความสะอาดผิวผลิตภัณฑ์ก่อนเคลือบ

4.4.5.3 น้ำเคลือบไม่เกาะผิวเนื้อดินปั้น เนื่องจากเคลือบ มีความเหนียวน้อยเกินไป วิธีแก้ไขการแยกตัวของเคลือบ โดยแก้ไขส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ในน้ำเคลือบ วัตถุดิบที่ทำให้เคลือบแยกตัวคือ ดินจะต้องให้อัตราส่วนที่เหมาะสม โดยห้ามใช้ดินเหนียวเป็นส่วนผสมของน้ำเคลือบ เพราะจะทำให้เกิดการแยกตัวของเคลือบได้

6. เตาเผาและการเผา

6.1 เตาเผา

ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ชนิดต่าง ๆ เตาเผาจะอยู่ในขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการผลิต การที่ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ได้ผ่านกรรมวิธีขั้นตอนต่าง ๆ ของการผลิตมาอย่างดีแล้วก็ตาม อาจประสบความล้มเหลวได้ทันทีที่จุดสุดท้ายนี้ย่อมเป็นไปได้ จึงทำให้ไม่ได้มาตรฐานตามที่กำหนดไว้ด้วยเหตุนี้ในทางอุตสาหกรรมทางด้านเซรามิกส์จึงมักจะทำให้ความสำคัญเป็นพิเศษ (อำพน วัฒนรังสรรค์. 2531 : 1)

ประเภทของเตาเผาสามารถแบ่งออกตามลักษณะต่าง ๆ ของเตาเผาได้ดังนี้ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2525 : 13)

1. แบ่งตามประเภทของการใช้งานของเตา

1.1 เตาเผาที่ไม่ต่อเนื่อง (Un Continuous Kiln) เป็นเตาที่ทำการเผาเป็นครั้งคราว โดยเผาไม่ติดต่อกันใช้เวลานาน ต้องรอให้เตาเย็นจึงมีการบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตาใหม่

1.2 เตาเผานิดกึ่งต่อเนื่อง (Semi Continuous Kiln) เป็นเตาที่สามารถเผาเกือบจะติดต่อกันไป เมื่อเผาเสร็จแล้วพร้อมที่จะเผาต่อไปอีก โดยไม่ต้องรอให้เตาเย็น

1.3 เตาเผานิดที่เผาต่อเนื่อง (Continuous Kiln) เป็นเตาที่ออกแบบติดต่อกันได้ตลอดเวลาเป็นเตาที่มีระบบการควบคุมอย่างดี ส่วนมากจะใช้ในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เช่น เตาอุโมงค์ เตาแบบวงแหวน

2. แบ่งตามประเภททางเดินลมร้อน

2.1 เตาเผานิดทางเดินลมร้อนในแนวนอน (Horizontal Draft Kiln) เป็นเตาชนิดที่มีรูปร่างยาวขนานกับพื้นดิน หลังคาโค้งตลอดจนถึงแนวปล่อง

2.2 เตาเผานิดทางเดินลมร้อนขึ้น (Up Draft Kiln) เป็นเตาที่เผาอุณหภูมิไม่สูงมากนักเตาชนิดนี้ผู้สร้างจะต้องเรียงตะกรับ (Checker Work) หลาย ๆ ชั้นจะช่วยให้ความร้อนภายในเตาสม่ำเสมอ

2.3 เตาเผานิดทางเดินลมร้อนลง (Down Draft Kih) เป็นเตาเผาที่สามารถเผาในอุณหภูมิสูง และการลงทุนค่อนข้างสูง โดยเฉพาะวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างเตาต้องเป็นวัสดุที่มีคุณภาพดี สามารถทนต่อสภาวะต่าง ๆ และช่วยประหยัดเชื้อเพลิงได้ดี

3. แบ่งตามประเภทของเปลวไฟ

3.1 เตาเผาชนิดเปลวไฟสัมผัส (Direct muffle Kiln) เป็นเตาขนาดใหญ่ใช้เผาผลิตภัณฑ์ประเภทสิ่งก่อสร้าง เป็นเตาเผาอุณหภูมิสูงส่วนมากใช้เผาผลิตภัณฑ์ไม่เคลือบ

3.2 เตาเผาชนิดกึ่งป้องกันเปลวไฟ (Semi muffle Kiln) เป็นเตาชนิดที่ออกแบบให้มีกำแพงไฟ (Muffle Wall) โดยให้เปลวไฟสัมผัสกำแพงไฟโดยตรง สามารถใช้เผาเคลือบได้ดี

3.3 เตาเผาชนิดเตาปิด (Muffle Kiln) เป็นเตาที่ออกแบบให้มีระบบป้องกันเปลวไฟสัมผัสโดยใช้วัสดุทนไฟสร้างเป็นทึบป้องกันไฟโดยตรง ใช้เผาเคลือบได้

4. แบ่งตามลักษณะของเชื้อเพลิง

4.1 เตาชนิดใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง (Wood Firing Kiln)

4.2 เตาชนิดใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง (Coal Firing Kiln)

4.3 เตาชนิดใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง (Gas Firing Kiln)

4.4 เตาชนิดใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง (Oil Firing Kiln)

4.5 เตาชนิดไฟฟ้า (Electric Firing Kiln)

เตาแก๊ส (Gas Kiln)

ในปัจจุบันนี้เตาแก๊สนับว่าเป็นเตาที่นิยมในหมู่บรรดาผู้ผลิตเครื่องปั้นดินเผา เป็นเตาที่ค่อนข้างสะดวก เผาให้อุณหภูมิสูง (High Temperature) มีความสะดวกต่อการใช้งาน ประหยัดเชื้อเพลิง ปลอดภัยเป็นเตาที่สามารถเผาแบบ Reduction ได้ดี

ทวี พรหมพฤกษ์ (2525 : 33 – 43) ได้กล่าวเกี่ยวกับเตาแก๊สไว้ว่า เตาแก๊สที่สร้างแบบมาตรฐานที่ใช้กันอยู่ทั่วไปมีอยู่ 2 แบบ

1. เตาแก๊สชนิดทางลมร้อนขึ้น (Up Draft Kiln)

2. เตาแก๊สชนิดทางลมร้อนลง (Down Draft Kiln)

เตาแก๊สชนิดทางลมร้อนขึ้น (Up Draft Kiln) เป็นเตาที่ไม่มีปล่องไฟ แต่มีช่องระบายความร้อน ทำหน้าที่แทนปล่องไฟอยู่ในตอนบนของเตา ช่องล่าง (ก้นเตา) ให้ความร้อนผ่านแผ่นรองชนิดทนไฟสูง (Hearth Slab) โดยไม่ผ่านผลิตภัณฑ์โดยตรง แผ่นรองนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวนำความร้อนที่ดี (Thermal Conductivity) รับน้ำหนักและช่วยเฉลี่ยความร้อนให้สม่ำเสมอทั่วทั้งเตา เตาแก๊สชนิดทางลมร้อนขึ้น นิยมออกแบบเตาเป็นรูปสี่เหลี่ยม ชนิดเปิดหน้า (Front Loading) ชนิดเปิดบน (Top Loading) เตาแก๊สชนิดทางลมความร้อนขึ้นเป็นเตาที่เหมาะสมสำหรับงานทดลองงานวิจัยต่าง ๆ ได้ดี

เตาแก๊สชนิดทางลมร้อนลง (Down Draft Kiln) ส่วนมากออกแบบสร้างเป็นเตาขนาดใหญ่และเผาผลิติดังกล่าวได้จำนวนมาก การบรรจุผลิติดังกล่าวโดยการใส่รถ (Kiln Car) ซึ่งทำให้สะดวกและคล่องตัว ถ้าต้องการเพิ่มผลผลิตก็เพิ่มรถไว้สำรองอีกซึ่งเท่ากับเป็นการประหยัดเชื้อเพลิงได้ดี ซึ่งสามารถเผาคิดต่อกันไป กำลังเป็นที่นิยมกันอยู่ เตาแก๊สชนิดทางลมร้อนลง จะต้องสร้างให้มีปล่องเตา ซึ่งจะช่วยให้การเผาไหม้หรือสันดาปได้อย่างดี

นอกจากนี้ ทวี พรหมฤกษ์ (2525 : 34 – 43) ยังได้กล่าวถึงส่วนประกอบที่สำคัญของเตาแก๊สที่เป็นเตาแก๊สชนิดทางลมร้อนลง จะเป็นเตาที่มีประสิทธิภาพและได้อุณหภูมิสูง จะต้องมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ

1. กำแพงเตา เนื่องจากเตาชนิดทางลมร้อนลงเป็นเตาขนาดใหญ่ การก่อสร้างกำแพงเตาโดยก่อเป็นสองชั้น ส่วนภายในเตา (Lining) เป็นส่วนที่รับความร้อนสูงสุดและรับความร้อนโดยตรง ใช้อิฐที่มีคุณภาพดี เมาในอุณหภูมิสูง เป็นอิฐเบา (Insulating Brick) ส่วนภายนอกจะใช้แผ่นรองชนิด Insulating board อีกชั้นหนึ่งก็ได้

2. หลังคาเตา สร้างเป็นหลังคาโค้ง (Roof arch) ทำให้หลังคาทรงตัวได้ดี ในพื้นที่กว้างในการก่อหลังคาเตา จะต้องสร้างแบบและเรียงอิฐตามแบบ อิฐที่ใช้ก่อจะต้องคำนึงถึงการหดตัวและขยายตัวของอิฐจากน้ำหนักแรงอัดที่จะเกิดขึ้น ข้อควรคำนึงจะต้องสร้างกำแพงที่รองรับจุดศูนย์ถ่วงต้องแข็งแรง มิฉะนั้นหลังคาอาจยุบตัวได้

3. รถบรรจุผลิติดังกล่าว เตาที่สร้างชนิดที่บรรจุผลิติดังกล่าวในรถ (Kiln car) ชนิดทางลมร้อนลง ผู้สร้างต้องออกแบบให้มีช่องระบายความร้อน (Exhaust Channel in the Floor) ไม่ในตัวออกสู่ปล่อง ทำให้การหมุนเวียนของลมร้อนเป็นไปอย่างช้า ๆ และสามารถทำให้ได้ช่วยความร้อนให้สูงขึ้น

4. ประตูเตา มักจะออกแบบสร้างให้ติดกับตัวเตาหรือจะติดกับรถโดยตรงก็ได้ แต่ข้อสำคัญต้องให้การเปิดปิดได้คล่องตัว เนื่องจากฝาเตาใหญ่รับน้ำหนักมาก ฝาเตาออกแบบให้มีช่องคูผลิติดังกล่าวภายในเตาหรือใช้เบรียบเทียบสไลของไฟภายในเตา โดยเจาะรูสองระดับจะให้ตัวโคน (Cone) วัดอุณหภูมิก็ได้

5. ปล่องเตาแก๊ส มีไว้เพื่อให้การลุกไหม้ของเชื้อเพลิงได้ดีมีขนาดไม่ใหญ่เหมือนเตาฟืน นิยมใช้ท่อเหล็กและเป็นปล่องไม่สูงมากนักหัวท่น หัวท่นเตาแก๊ส (Burner) มีหลายแบบ และบางแบบปรับลมธรรมชาติ (Primary air) บางแบบใช้ความดันของลม (Forced air mixing) ซึ่งแล้วแต่ผู้ออกแบบเตาควรจะติดตั้งชนิดไหนหัวท่นชนิดที่นิยมใช้กันแบบเวนจูรี (Venturi) แบบ (Air –

Gas mixer) อุปกรณ์อื่น ๆ ซึ่งได้แก่ ชั้นรอง (Shelf) I ตั้ง เครื่องวัดอุณหภูมิซึ่งถือว่าเป็นเครื่องมืออุปกรณ์ที่จำเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะชั้นรองเรียกว่า ซิลิคอนคาร์ไบด์ (Silicon Carbide) ซึ่งเผาไฟสูงและรับน้ำหนักได้มาก

6.2 การเผาผลิตภัณฑ์ (Firing)

เป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการผลิตเครื่องปั้นดินเผา ซึ่งนับว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะดีหรือไม่เพียงใด จะสวยงามมากน้อยเพียงใด หรือมีคุณค่ามากน้อยเท่าใด ก็จะขึ้นอยู่กับขั้นตอนการเผาผลิตภัณฑ์ทั้งสิ้น การเผาผลิตภัณฑ์แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้คือการเผาดิบ (Biscuit Firing) และการเผาเคลือบ (Glost Firing) (ทวี พรหมพฤษ. 2523 : 152)

6.2.1 การเผาดิบ (Biscuit Firing)

การเผาดิบหมายถึง การนำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่ขึ้นแต่งและผึ่งให้แห้งดีแล้วมาทำการเผา เพื่อให้คงรูปร่างอยู่ได้และป้องกันการเสียหายในการนำไปดำเนินการขั้นตอนต่อไป การเผาดิบอาจทำได้ 2 วิธี (ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา. 2529 : 154 ; อ้างอิงมาจาก นิวัตร พัฒนะ. 2534 : 17)

1. เผาดิบที่อุณหภูมิสูงแล้วเผาเคลือบอุณหภูมิต่ำ ในกรณีที่ใช้น้ำเคลือบที่มีจุดหลอมละลายต่ำ จำเป็นต้องใช้วิธีนี้เพื่อให้เนื้อดินมีความแข็งแรง อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาสูงหรือต่ำเป็นไปตามประเภทของผลิตภัณฑ์

2. เผาดิบที่อุณหภูมิต่ำแล้วเผาเคลือบที่อุณหภูมิสูง อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาประมาณ 700 ถึง 800 องศาเซลเซียส (1,311 – 1,496 องศาฟาเรนไฮต์)

การจัดเรียงผลิตภัณฑ์เข้าเผาดิบควรจะเอาผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่หรือมีน้ำหนักมากไว้ด้านล่าง แล้วนำผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กหรือมีน้ำหนักเบาวางซ้อนไว้ด้านบน เพื่อเป็นการป้องกันการเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นได้ การเผาดิบในระยะแรกจำเป็นต้องเพิ่มอุณหภูมิขึ้นอย่างช้า ๆ ในการเร่งไฟให้ร้อนเร็วเกินไป ถ้าผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในเตาไม่แห้งสนิทเมื่อได้รับความร้อนมาก น้ำที่อยู่ในเนื้อผลิตภัณฑ์นั้นจะดันตัวออกมาและแตกกระเบิดได้ ฉะนั้นการเผาในระยะแรกจึงต้องให้ความร้อนเพียงเล็กน้อย เพื่ออบไล่ไอน้ำออกจากผลิตภัณฑ์เสียก่อน สำหรับเตาเผาขนาดเล็กอย่างน้อยภายในระยะเวลา 3 ชั่วโมงแรก อุณหภูมิในเตาไม่ควรเกิน 200 องศาเซลเซียส (424 องศาฟาเรนไฮต์) ต่อชั่วโมง แล้วจึงค่อย ๆ เร่งไฟเพิ่มความร้อนในอุณหภูมิสูงขึ้น แต่ไม่ควรสูงมากเกินไป 150

องศาเซลเซียส (334 องศาฟาเรนไฮต์) ต่อชั่วโมง เมื่อเผาจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการแล้วจึงค่อย ๆ ลดความร้อนภายในเตาให้เย็นลงทีละน้อย จนกระทั่งอุณหภูมิไม่เกิน 150 องศาเซลเซียส (324 องศาฟาเรนไฮต์) จึงสามารถนำผลิตภัณฑ์ออกจากเตาได้

6.22 การเผาเคลือบ (Glaze firing)

การเผาเคลือบ หมายถึง การเผาให้น้ำเคลือบที่รูปบนผลิตภัณฑ์ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน มีความมันวาว บางชนิดเป็นเคลือบด้าน ผิวเรียบมีความแข็ง สามารถต้านทานต่อกรดและด่างได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ ทวี พรหมพฤกษ์ (2523 : 155) ได้กล่าวถึง การเผาเคลือบว่าไม่ว่าจะเป็นเคลือบชนิดไฟต่ำหรือไฟสูง จะต้องเผาให้ได้อุณหภูมิ ตามข้อกำหนดของ น้ำเคลือบ แต่ละชนิด มิฉะนั้นการเผาจะเกิดการเสียหายได้ เช่น การเผาที่ไฟเกิน (Over fired) ย่อมทำให้น้ำเคลือบไหลมากอาจติดพื้นเตาหรือชั้นรองทำให้เสียหายได้ และการเผาที่อุณหภูมิไม่ถึงจุดสุกตัวทำให้น้ำเคลือบไม่เป็นมันเท่าที่ควร

ทวี พรหมพฤกษ์ (2523 : 156) กล่าวถึง เทคนิคในการเผาเคลือบไว้ว่า การเผาเคลือบที่ดีควรให้อัตราเร่งในการเผา 50 – 100 องศาเซลเซียส (122 – 212 องศาฟาเรนไฮต์) ต่อชั่วโมง ไม่ควรเผาให้รวดเร็วเกินไป การเผาที่อุณหภูมิ (Cone) เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิประกอบด้วยนั้น ภายหลังจากที่โคนลึ้มแล้วควรเผายืนไฟไว้ที่อุณหภูมิเดิมนั้นอีกประมาณครึ่งชั่วโมง จะทำให้การเผาสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และในการปิดเตา หลังจากการเผาเคลือบได้ที่แล้ว ควรปล่อยให้เตาทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง อัตราการลดความร้อนควรใช้ 100 องศาเซลเซียส (212 องศาฟาเรนไฮต์) ต่อชั่วโมง จะทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่แตกหักเสียหายได้ ทวี พรหมพฤกษ์ (2523 : 155) ยังได้กล่าวต่อไปอีกว่า การเผาเคลือบไม่ว่าจะเป็นเคลือบชนิดไฟต่ำหรือไฟสูงจะต้องเผาให้ได้อุณหภูมิตามข้อกำหนดของน้ำเคลือบแต่ละชนิด มิฉะนั้นการเผาจะเกิดการเสียหายได้ เช่น การเผาที่ไฟเกิน (Over Fire) ย่อมทำให้น้ำเคลือบไหลมาก อาจติดพื้นเตาหรือชั้นรองทำให้เสียหายได้ และการเผาที่อุณหภูมิไม่ถึงจุดสุกตัว ทำให้น้ำเคลือบไม่เป็นมันเท่าที่ควร

ปรีดา พิมพ์ขาวจำ (2539 : 349 – 350) กล่าวว่า การเผาเคลือบจะเกิดปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในแต่ละขั้นว่า

1. ระยะการอบแห้ง ผลิตภัณฑ์ดิบเมื่อชุบเคลือบ ส่วนผสมของเคลือบจะเกาะบนผิว ผลิตภัณฑ์เป็นชั้นบาง ๆ ส่วนผสมของเคลือบมีวัตถุดิบต่าง ๆ บางกรณีจะมีสารอินทรีย์ที่ช่วยทำให้เกิดความเหนียวเมื่อเริ่มเผาความชื้นจะถูกกำจัดออกไป ความหนาของเคลือบจะลดลงพร้อมกับการหดตัว ถ้าชั้นรองเคลือบมีคุณสมบัติยึดหยุ่นตัวที่ดีเคลือบจะไม่แตกกระหนังเนื่องจากความเครียด

ถ้ามีดินเป็นส่วนผสมมากมีการบดที่ละเอียดหรือขุบหนาเกินไปจะทำให้เกิดการแตกระแหงหลังการขุบเคลือบ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เคลือบเกิดการแตกร้าวและเคลือบผิวผลิตภัณฑ์เป็นหย่อม ๆ

2. การออกซิเดชันพวกสารอินทรีย์ ระหว่างอุณหภูมิ 500 – 600 องศาเซลเซียส อินทรีย์สารจำนวนหนึ่งจะถูกออกซิไดส์ จะทำให้ชั้นของเคลือบพ่นตัวมากขึ้น 30 – 50 เปอร์เซ็นต์

3. การกำจัดกลุ่ม OH ออกจากดิน ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส กลุ่ม OH ในโครงสร้างของดินจะถูกกำจัดออกไป จะทำให้ชั้นของเคลือบพ่นตัวมากขึ้น

4. จุดเริ่มต้นการเกิดแก้ว ที่อุณหภูมิประมาณ 700 องศาเซลเซียส ในเคลือบที่มีฟritจะเริ่มเชื่อมตัวและละลายส่วนผสมอื่น ๆ ในเคลือบชนิดอื่น ๆ จุดเริ่มต้นของการเกิดที่อุณหภูมิสูงกว่า แต่ในทุกกรณีจะมีแก้วเกิดขึ้นที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส

5. การละลายของวัตถุดิบที่ใช้ในส่วนผสมของเคลือบ เมื่อเริ่มเกิดแก้วขึ้นในขณะที่อุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณของเนื้อแก้วจะมีมากขึ้น เนื่องจากวัตถุดิบอื่น ๆ ละลายลงไปเนื้อแก้วมีแต่หินแก้วเท่านั้นคงตัวอยู่ได้ และสามารถทนอยู่ได้เกือบถึงจุดสุกตัวของเคลือบ การละลายของหินแก้วทำให้มีความหนืดสูงขึ้น ซึ่งจะช่วยให้เคลือบไหลตัวได้ดีขึ้น

6. การกำจัดพวกฟองอากาศ ชั้นของส่วนผสมของเคลือบขณะขุบเคลือบใหม่ ๆ จะมีรูพรุน 40 – 50 เปอร์เซ็นต์ซึ่งจะมีอากาศอยู่เต็ม ขณะที่ส่วนผสมของเคลือบหลอมตัว ฟองอากาศจะหนีออกไป แต่บางส่วนจะถูกขังอยู่ในเนื้อเคลือบ ยังมีฟองอากาศที่เกิดจากสลายตัวของพวกคาร์บอนเนตในวัตถุดิบที่ใช้ทำส่วนผสมของเคลือบ ที่จุดสุกตัวของเคลือบความหนืดของเคลือบจะลดลง ฟองอากาศส่วนใหญ่จะลอยตัวขึ้นมาที่ผิวเคลือบและหนีออกไป

ในการเผาเคลือบต้องใช้ความชำนาญและความระมัดระวังเป็นพิเศษเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ตรงตามความต้องการ มีตำหนิของเคลือบที่น้อย และสวยงาม

6.3 บรรยากาศในการเผา (Kiln Atmosphere)

ในการเผาเครื่องปั้นดินเผาจะมีการเผา 2 แบบคือ การเผาแบบ Reduction และ Oxidation การเผาจะเป็นบรรยากาศประเภทใดนั้นขึ้นอยู่กับประเภทของเตาเผาและเชื้อเพลิงการเผา การเผาแบบ Reduction จะทำให้เกิดสีขึ้นได้ สีที่เกิดขึ้นแก่ผลิตภัณฑ์จะเปลี่ยนแปลงไปกับบรรยากาศของการเผา การเผาแบบนี้จะต้องใช้เตาชนิดต่าง ๆ ดังนี้ เตาน้ำมัน เตาแก๊ส เตาฟืน เตาถ่าน ฯลฯ บรรยากาศในการเผาเตาจะมีบรรยากาศในการเผาที่แตกต่างกันจะทำให้สีของเคลือบแตกต่างกัน บรรยากาศที่เกิดในเตาเผา มี 2 ลักษณะคือ

1. การเผาแบบรีดักชัน ทำได้สี่เกิดขึ้นได้ สี่ที่เกิดขึ้นในเนื้อเคลือบเปลี่ยนแปลงไปกับบรรยากาศของการเผา การเผาแบบรีดักชันคือการที่เกิดการเผาไหม้ไม่หมดภายในเตาเผา จะมีกลุ่มควันและเขม่าอยู่ในห้องเผาไหม้ของเตาเผาเนื่องจากออกซิเจนกับเชื้อเพลิงมีอัตราส่วนที่ไม่พอดีกัน การเผาเตาลักษณะนี้เรียกว่าการเผาแบบรีดักชัน เตาที่ใช้ในการเผาบรรยากาศแบบรีดักชันได้ดี ได้แก่ เตาหิน เตาน้ำมัน เตาแก๊ส ตัวอย่างเนื้อเคลือบและเนื้อดินปั้นที่มีสารประกอบของเฟอร์ริกออกไซด์เมื่อเผาในบรรยากาศรีดักชันจะทำให้เกิดสีเขียวแกมฟ้าในเคลือบ

2. การเผาแบบออกซิเดชัน เป็นการเผาไหม้ที่หมดจดไม่มีกลุ่มควันอยู่ในห้องเผาไหม้ของเตาเผา เพราะออกซิเจนและเชื้อเพลิงเหมาะสมกัน การเผาในบรรยากาศแบบนี้สามารถทำการเผาได้กับเตาเผาทุกชนิด เตาเผาที่เผาแบบออกซิเดชันได้ดีที่สุดคือเตาไฟฟ้า จะทำให้เกิดสีตามคุณสมบัติของออกไซด์ที่ผสมในเคลือบ เช่น เพอร์ริกออกไซด์จะให้สีน้ำตาลเมื่อเผาในบรรยากาศออกซิเดชัน (โกมล รัชวงศ์. 2538 : 154)

การเผาเคลือบไม่ได้สิ้นสุดเมื่ออุณหภูมิขึ้นถึงจุดสูงสุดและปล่อยให้เตาเย็นลง น้ำเคลือบเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างสลับซับซ้อนและต่อเนื่อง วัตถุประสงค์ในเคลือบค่อย ๆ หลอมละลายกลายเป็นแก้ว ฟองอากาศและก๊าซต่าง ๆ จากผิวดินลอยตัวขึ้นมาแตกบนผิวเคลือบ ในอุณหภูมิสูงสุดเคลือบจะค่อย ๆ ไหลตัวเล็กน้อยทำให้ผิวเนียนเรียบเมื่อปิดเตาเผาปล่อยให้เตาเย็นลงก็ยังคงเกิดปฏิกิริยาในเคลือบต่อไปอีก ถ้าปล่อยให้เตาเย็นลงเร็วจะได้เคลือบใสแวววาว แต่ถ้าควบคุมเตาเผาให้ค่อย ๆ เย็นตัวลงช้า ๆ วัตถุประสงค์บางตัวจะเกิดผลึกหรือเกิดเป็นจุดเล็ก ๆ ทึบเป็นฝ้าบนผิวเคลือบโดยปกติเตาเผาเย็นตัวเร็วผิวเคลือบจะมันแวววาว แต่ถ้าเย็นตัวช้าเคลือบจะเกิดจุดและฝ้ามัวจนใจยิ่งขึ้นหรือเกิดเป็นผลึกเล็ก ๆ บนผิวเคลือบ (ไพจิตร อังศิริวัฒน์. 2537 : 37)

7. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นภายหลังการเผา

การหดตัวภายหลังการเผา (Firing Shrinkage)

การหดตัวเป็นการเปลี่ยนแปลงขนาดของผลิตภัณฑ์ให้เล็กลง การหดตัวของดินมีอยู่ 2 ระยะด้วยกัน คือ การหดตัวหลังจากการผึ่งแห้งและการหดตัวภายหลังการเผา การหดตัวภายหลังการเผามีความสำคัญมาก เป็นคุณสมบัติที่ต้องทราบเพื่อจะนำมาใช้ในการผลิตว่าจะต้องเพิ่มหรือขยายแบบอีกเท่าไร จึงจะได้ขนาดตามที่ต้องการ (มนูญ ประจันต์. น.ป.ป. : 20) และถ้าดินมีการหดตัวมากจำเป็นต้อง เผาอย่างช้า ๆ และควบคุมอุณหภูมิให้สม่ำเสมอ มิฉะนั้นแล้วผลิตภัณฑ์จะ

บิตเปี้ยว หรือแตกหักเสียหายได้ (กาญจนะ แก้วกำเนิด 2532 : 65) ตามปกติการหดตัวของผลิตภัณฑ์เมื่อเผาเคลือบประมาณร้อยละ 10 - 20 ในส่วนผลมของเนื้อดินปั้นที่มีหินพื้นผิว และหินเชียว หนุ่มาอยู่ด้วย อาจจะหดตัวน้อยกว่านี้ก็ได้ (Nelson. 1984 : 13) วิธีการหาปริมาณการหดตัวภายหลังการเผาทำได้ดังนี้ คือ (Rhodes. 1974 : 311)

1. ทำชิ้นทดลอง ให้มีขนาด $2 \times 12 \times 1.5$ เซนติเมตรและควรใช้ 3 ชิ้นต่อการเผาหนึ่งครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย
2. วัดเส้น บนชิ้นทดลอง ยาว 10 เซนติเมตร จดบันทึกไว้
3. นำชิ้นทดลองไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่
4. นำชิ้นทดลองไปเผาในอุณหภูมิที่กำหนดไว้
5. เมื่อเผาแล้ว วัดความยาวของเส้นที่วัดไว้บนชิ้นทดลองอีกครั้ง จดบันทึกไว้
6. คำนวณการหดตัวของเนื้อดินปั้นภายหลังการเผา โดยใช้สูตร

$$\text{ร้อยละของการหดตัว} = \frac{\text{ความยาวเดิม} - \text{ความยาวหลังการเผา}}{\text{ความยาวเดิม}} \times 100$$

การดูดซึมน้ำ (Water Absorption)

การดูดซึมน้ำเป็นคุณสมบัติที่จะช่วยให้เราทราบว่า เนื้อดินที่เรานำมาใช้นั้น เผาจนถึงจุดสุกตัวหรือไม่ หรือทำให้เราพิจารณาได้ง่ายขึ้นว่า เนื้อดินปั้นมีจุดสุกตัวสูง-ต่ำเพียงใด (Griffiths and Radford. 1965 : 38) ตามปกติทั่วไปผลิตภัณฑ์ เอ็ทเธนแวร์ จะมีความสามารถดูดซึมน้ำ ร้อยละ 4 - 10 ผลิตภัณฑ์เคลือบดินเผาจะดูดซึมน้ำ ร้อยละ 1 - 6 และผลิตภัณฑ์เคลือบเคลือบเคลือบ ร้อยละ 0 - 3 เนื้อดินปั้นที่เผาจนถึงจุดสุกตัวส่วนใหญ่ จะมีปริมาณการดูดซึมน้ำเป็น 0 หรือใกล้เคียง 0 (Nelson. 1984 : 13) การคำนวณหาปริมาณการดูดซึมน้ำทำได้ดังนี้คือ (Rhodes. 1974 : 311)

1. ทำชิ้นทดลอง ให้มีขนาด $2 \times 12 \times 1.5$ เซนติเมตรและควรใช้ 3 ชิ้นต่อการเผาหนึ่งครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย
2. เผาชิ้นทดลองในอุณหภูมิที่กำหนด
3. นำชิ้นทดลองที่เผาแล้วมาชั่งน้ำหนักและจดบันทึกไว้เป็นน้ำหนักที่แห้ง

4. นำขึ้นทดสอบที่ซึ่งน้ำหนัก แล้วไปต้มในน้ำเดือด เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และแช่ทิ้งไว้อีก 24 ชั่วโมง

5. นำขึ้นทดสอบขึ้นมาเช็ดผิวให้แห้ง แล้วชั่งน้ำหนักอีกครั้งจดบันทึกไว้ เป็นน้ำหนักที่อิ่มตัว

6. คำนวณหาปริมาณการดูดซึมน้ำ โดยใช้สูตร

$$\text{ร้อยละของการดูดซึมน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักของดินที่อิ่มตัว} - \text{น้ำหนักของดินแห้ง}}{\text{น้ำหนักดินแห้ง}} \times 100$$

ความแข็งแรงหลังเผา

ความแข็งแรงของดินหรือของผลิตภัณฑ์หลังจากผึ่งให้แห้ง หรือหลังจากการเผามีความสำคัญ เพราะเป็นตัวบ่งบอกถึงความยากง่ายในการผลิต และการใช้งานโดยทั่วไป ความแข็งแรงแบ่งออกได้หลายอย่าง เช่น ความแข็งแรงต่อแรงดึง ความแข็งแรงต่อแรงกด ความแข็งแรงต่อการโค้งงอหรือแรงบิด เป็นต้น (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2530 : 67) ซึ่งในการทดสอบความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการทดสอบเพื่อหาค่าความแข็งแรงต่อแรงกด โดยใช้วิธีของ แอนดรู (Andrews, 1957 : 44) ดังนี้

วิธีทดสอบความแข็งแรงของแอนดรูว์

1. นำดินปั้นมาทำเป็นขึ้นทดสอบให้มีขนาดดังนี้ ความยาว 12 เซนติเมตร ความกว้าง 2 เซนติเมตร และความหนา 1.5 เซนติเมตร
2. นำขึ้นทดสอบมาทำให้แห้งในที่ร่ม โดยใช้ผ้าคลุมไว้เป็นเวลา 2 วัน แล้วจึงเปิดปล่อยให้แห้งตามปกติ ควรพลิกกลับขึ้นทดสอบทุก 12 ชั่วโมง เพื่อให้แห้งสนิททั่วกันทั้งชิ้น ต่อจากนั้นจึงนำไปอบให้แห้งสนิท ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่
3. นำไปเผาตามอุณหภูมิที่กำหนด
4. นำขึ้นทดสอบไปกดให้หัก โดยเครื่องมือทดสอบความแข็งแรง
5. จดบันทึกแรงที่ทำให้ขึ้นทดสอบหัก แล้วนำไปคำนวณหาค่าความแข็งแรง โดยใช้สูตร

$$\text{MOR} = \frac{3 P l}{2 b h^2}$$

- โดย MOR = ค่าความแข็งแรงของดิน (Kg/cm^2)
 P = แรงกดที่ทำให้ชิ้นทดลองหัก (Kg)
 l = ระยะห่างรองแท่นรองรับชิ้นทดลอง (cm)
 b = ความกว้างของชิ้นทดลอง (cm)
 h = ความหนาของชิ้นทดลอง (cm)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
 Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 3

การดำเนินการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ ได้ดำเนินการตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

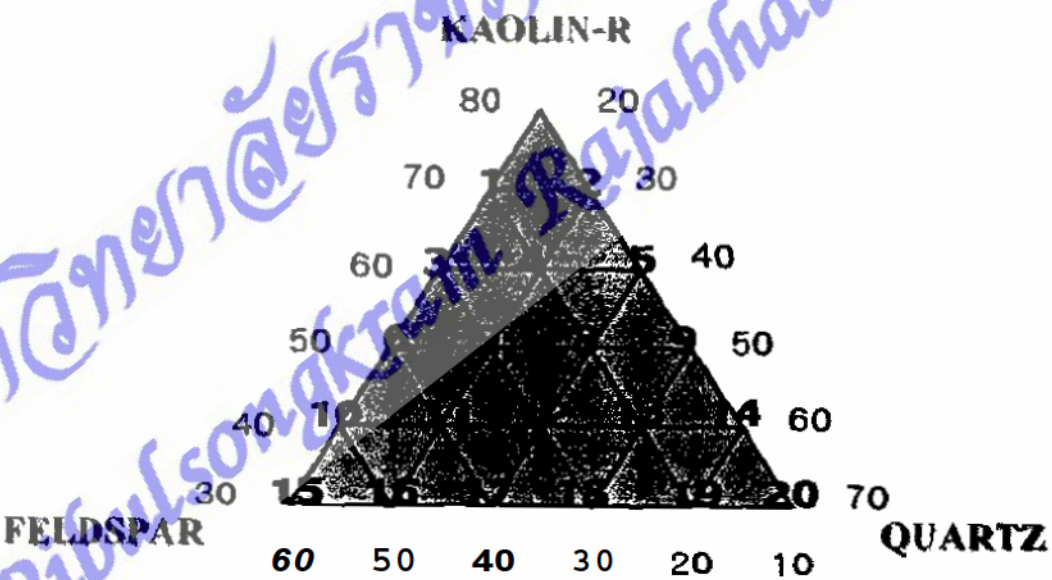
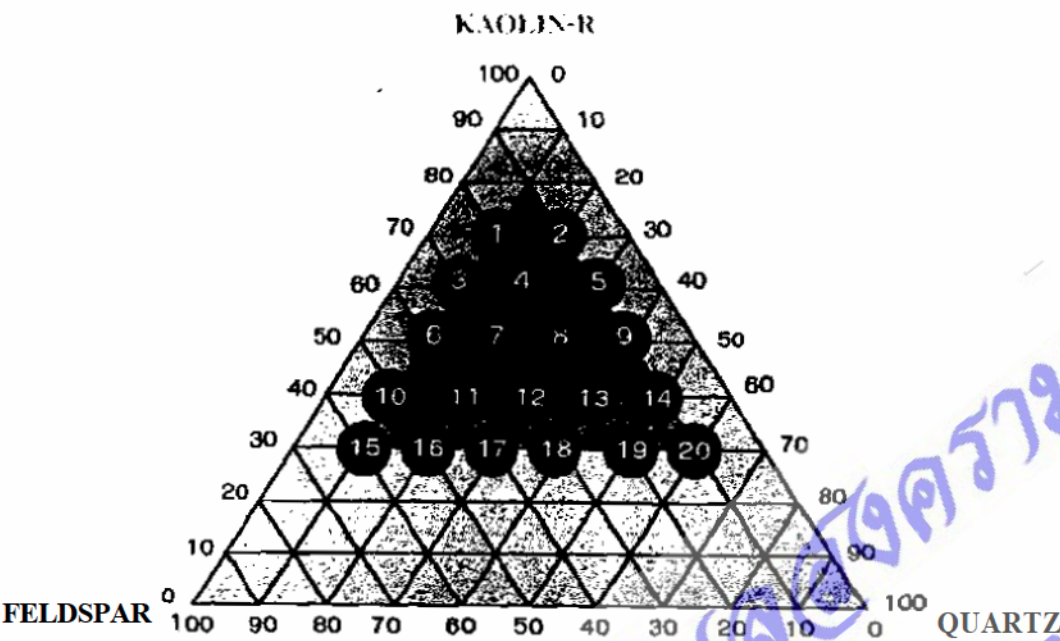
1. วัตถุประสงค์
2. กลุ่มตัวอย่าง
3. ตัวแปรที่ศึกษา
4. เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ในการทดลอง
5. สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง
6. การดำเนินการวิจัย
7. การวิเคราะห์ข้อมูล

วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ Kaolin Feldspar และ Quartz

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง ได้จากการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากตารางตามเหลี่ยม (Triaxial Diagram) ซึ่งได้สัดส่วนของกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้ Kaolin 30 – 70 % Feldspar 10 – 50 % และ Quartz 10 – 60 % จำนวน 20 สัดส่วน ดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 ตารางสามเหลี่ยมแสดงส่วนผสมของเนื้อดินปั้นฮาร์ดพอร์สเลน

จากตารางสามเหลี่ยมที่กำหนดไว้จำนวน 20 ส่วนผสม สามารถสรุปออกมาเป็นวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมเนื้อดินปั้นได้ดังตาราง 2

ตาราง 2 แสดงส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อดินปั้นฮาร์ดพอร์ตเลน

สูตรที่	วัตถุดิบที่ใช้ผสมคิดเป็นร้อยละ		
1	70	20	10
2	70	10	20
3	60	30	10
4	60	20	20
5	60	10	30
6	50	40	10
7	50	30	20
8	50	20	30
9	50	10	40
10	40	50	10
11	40	40	20
12	40	30	30
13	40	20	40
14	40	10	50
15	30	60	10
16	30	50	20
17	30	40	30
18	30	30	40
19	30	20	50
20	30	10	60

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรต้น คือ สัดส่วนของวัตถุดิบที่เปลี่ยนแปลง
2. ตัวแปรตาม คือ คุณสมบัติภายหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบรีดักชั่น

- 2.1 ค่าการหดตัว
- 2.2 ค่าการดูดซึมน้ำ
- 2.3 ค่าความแข็งแรง

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยด้วยวิธีการทดลอง ซึ่งจะต้องใช้เครื่องมือและอุปกรณ์แบ่งออกเป็น 2 หัวข้อใหญ่ ๆ ดังนี้

1. วัสดุ ได้แก่
 - 1.1 Kaolin-R
 - 1.2 Feldspar
 - 1.3 Quark
 - 1.4 Whiting
 - 1.5 Dolomite
 - 1.6 Zinc oxide
 - 1.7 ปูนปลาสเตอร์
 - 1.8 แก๊ส
2. อุปกรณ์ ได้แก่
 - 2.1 เครื่องจิกเกอร์
 - 2.2 เครื่องมือในการขึ้นรูปแบบจิกเกอร์
 - 2.3 เตาเผาเซรามิกส์
 - 2.4 สวดทนความร้อน
 - 2.5 เครื่องชั่ง

- 2.6 หม้ออบ
- 2.7 เครื่องวัดอุณหภูมิ
- 2.8 เครื่องทดสอบความแข็งแรง
- 2.9 ตะแกรงร่อน

ระยะเวลาในการทำวิจัย

ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2542 – มิถุนายน 2543

สถานที่ทำการทดลองวิจัย

โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม

การดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ลำดับขั้นตอนในการวิจัย 2 ขั้นตอน คือ

ตอนที่ 1 ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ของเนื้อดินปั้นพอร์สเลน ภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส

ตอนที่ 2 คัดเลือกส่วนผสมที่เหมาะสม 1 ส่วนผสม ขึ้นรูปด้วยโม่เป็นโถงบด

ตอนที่ 1

ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ของเนื้อดินปั้นพอร์สเลน ภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง โดยวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองต้องแห้งที่อุณหภูมิห้อง
2. ชั่งวัตถุดิบตามส่วนผสมที่ได้จากตารางสามเหลี่ยม ตามตาราง 1 ส่วนผสมๆ ละ 500 กรัม
3. นำส่วนผสมที่ได้บดผสมในหม้อบดขนาดเล็กแบบบดเปียก ส่วนผสมละ 6 ชั่วโมง

4. กรองผ่านตะแกรง 120 เมช
5. นำส่วนผสมที่ได้ ขึ้นรูปเป็นแท่งทดลอง โดยวิธีการอัด ในแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์

ส่วนผสมละ 2 ชิ้น

6. นำชิ้นทดลองที่ได้ ทั้งหมดคอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส
7. นำชิ้นทดลอง เมาในเตาแก๊ส ที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบ

รีดักชัน

8. นำชิ้นทดลองออกจากเตาเผาที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส
9. นำชิ้นทดลองไปทดสอบทางกายภาพภายหลังการเผา ได้แก่ การหดตัว การดูดซึมน้ำและความแข็งแรง

ตอนที่ 2

1. คัดเลือกส่วนผสมที่เหมาะสมเป็นเนื้อดินปั้นยาร์ตฟอร์สเลน 1 ส่วนผสม
2. ทำพิมพ์ปูนปลาสเตอร์สำหรับการขึ้นรูปด้วยใบมีด
3. ชั่งวัตถุดิบ ตามส่วนผสมที่อ่านได้จากตาราง 1 โดยชั่ง 3,000 กรัม
4. นำส่วนผสมที่ได้บดผสมในหม้อบดขนาดเล็ก เป็นเวลา 6 ชั่วโมง
5. กรองผ่านตะแกรง 120 เมช
6. เกลี่ยส่วนผสมที่ได้บนโต๊ะปูนปลาสเตอร์
7. นวดส่วนผสมที่ได้ให้มีความเหนียวและหมาดพอ สำหรับการขึ้นรูปด้วยใบมีด
8. ขึ้นรูปเป็นโถรงบด
9. ผึ่งโถรงบดให้แห้งแล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส บรรยากาศแบบรี

ดักชัน

การวิเคราะห์ข้อมูล

การทดลองครั้งนี้ได้นำสูตรมาหาคำนวณหาคุณสมบัติทางกายภาพ ภายหลังการเผาของเนื้อดินปั้นและวิเคราะห์ผลการทดลอง ดังต่อไปนี้

1. การหาค่าการหดตัวภายหลังการเผา มีสูตรในการคำนวณดังนี้

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

2. การหาค่าการดูดซึมน้ำ มีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$\text{ร้อยละของการดูดซึมน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักของดินที่อิ่มตัว} - \text{น้ำหนักดินที่แห้ง}}{\text{น้ำหนักดินที่แห้ง}} \times 100$$

3. การหาค่าความแข็งแรง หรือ MOR (Modulus of Rupture) ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่อง MOR/3-E ทดสอบค่าความแข็งแรง มีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$\text{MOR} = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times H^2}$$

โดย MOR = ค่าความแข็งแรงของดิน (Kg/cm^2)
 P = แรงกดที่ทำให้ชิ้นทดลองหัก (Kg)
 L = ระยะห่างรองแท่นรองรับชิ้นทดลอง (cm)
 b = ความกว้างของชิ้นทดลอง (cm)
 H = ความหนาของชิ้นทดลอง (cm)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองศึกษาส่วนผสมเนื้อดินปั้นฮาร์ดพอร์สเลนเพื่อนำไปผลิตโถงบด โดยวัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ Kaolin Feldspar และ Quartz มาคำนวณหาส่วนผสม จากตารางตามเหลี่ยม ซึ่งได้สัดส่วนของกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้ Kaolin 30 - 70 % Feldspar 10 - 50 % และ Quartz 10 - 60 % จำนวน 20 สัดส่วน เมื่อสิ้นสุดการดำเนินการทดลองแล้ว ผู้วิจัยได้ข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพของ เนื้อดินปั้นฮาร์ดพอร์สเลน ภายหลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส จำนวน 20 สูตร ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาวิเคราะห์ผล คำนวณ และนำเสนอผลให้เป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของ เนื้อดินปั้นพอร์สเลน ภายหลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส

mad 2 ผลการทดลองนำส่วนผสมเนื้อดินปั้นฮาร์ดพอร์สเลนผลิตเป็นรูปโถงบด

ตอนที่ 1

ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นฮาร์ดพอร์สเลน ภายหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบรีดักชัน ซึ่งแสดงรายละเอียดไว้ดังตารางที่ 3

ตาราง 3 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้น ภายหลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส

1	14.44	2.90	80.59
2	14.16	2.17	76.22
3	13.88	0.22	85.97
4	14.44	0.10	102.08
5	14.44	2.94	84.00
6	13.88	0.08	102.08
7	13.33	0.03	116.41
8	14.44	0.02	100.50
9	13.05	1.88	132.53
10	13.88	0.16	90.75
11	14.16	0.07	99.75
12	14.44	0.02	138.75
13	13.88	0.13	133.50
14	15.00	0.03	133.50
15	11.66	0.03	93.13
16	14.44	0.02	82.50
17	12.50	0.02	147.75
18	13.61	0.00	150.00
19	12.50	0.03	177.00
20	13.05	0.16	168.00

จากตาราง 3 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส มีผลการวิเคราะห์ดังนี้

ความหดตัว จากการทดสอบภายหลังจากการเผาพบว่า เนื้อดินปั้นมีความหดตัวมากที่สุดคือส่วนผสมที่ 14 ซึ่งมีค่าการหดตัวร้อยละ 15 และเนื้อดินปั้นมีความหดตัวน้อยที่สุดคือส่วนผสมที่ 15 ซึ่งมีค่าการหดตัวร้อยละ 11.66

ความดูดซึมน้ำ จากการทดสอบภายหลังจากการเผาพบว่า เนื้อดินปั้นมีค่าความดูดซึมน้ำมากที่สุดคือส่วนผสมที่ 5 ซึ่งมีค่าความดูดซึมน้ำร้อยละ 2.94 และเนื้อดินปั้นมีค่าความดูดซึมนำน้อยที่สุดคือส่วนผสมที่ 18 ซึ่งมีค่าความดูดซึมน้ำร้อยละ 0.00

ความแข็งแรง จากการทดสอบภายหลังจากการเผาพบว่า เนื้อดินปั้นมีค่าความแข็งแรงมากที่สุดคือส่วนผสมที่ 19 ซึ่งมีค่าความแข็งแรง 177.00 ก.ก./ซม.² และเนื้อดินปั้นมีค่าความแข็งแรงน้อยที่สุดคือส่วนผสมที่ 2 ซึ่งมีค่าความความแข็งแรง 75.22 ก.ก./ซม.²

ตอนที่ 2

ผลการทดลองนำส่วนผสมเนื้อดินปั้นฮาร์ดพอร์ซเลนผลิตเป็นชุดโถงบังคับ

จากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพพบว่า เนื้อดินปั้น สูตรที่ 7 มีคุณสมบัติอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำมาทดลองทำผลิตภัณฑ์ชุดโถงบังคับประเภทฮาร์ดพอร์ซเลนได้ ซึ่งมีการหดตัวหลังจากการเผาร้อยละ 13.33 มีความแข็งแรง 116.41 ก.ก./ซม.² เนื้อดินปั้นมีสีขาว และไม่ดูดซึมน้ำเลย มีความเหนียวพอสำหรับการขึ้นรูปด้วยใบมีดและการหล่อ สามารถทนความร้อนได้ถึงอุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส โดยไม่บิดเบี้ยว เสียรูปทรงผิวเคลือบที่ได้ เรียบ เป็นมัน ไม่มีตำหนิ โดยส่วนผสมที่ใช้ประกอบด้วย Kaolin 50 % Feldspar 30 % Quartz 20 %

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองหาอัตราส่วนผสมของ ดินขาวระนอง หินเขียวหนุมาน และ หินฟันม้า เพื่อให้ได้เนื้อดินที่มีความเหมาะสมสำหรับการทำผลิตภัณฑ์โกร่งบด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างเนื้อเซรามิกส์ที่สามารถนำไปผลิตโกร่งบดได้
2. เพื่อสร้างสื่อที่ใช้ประกอบการเรียนการสอน

วัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ Kaolin Feldspar และ Quartz

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง ได้จากการสุ่มจากแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากตารางสามเหลี่ยม (Trixial Diagram) ซึ่งได้สัดส่วนของกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้ Kaolin 30 - 70 % Feldspar 50% และ Quartz 10 - 60 % จำนวน 20 ส่วนผสม

เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยด้วยวิธีการทดลอง ซึ่งจะต้องใช้เครื่องมือและอุปกรณ์แบ่งออกเป็น 2 หัวข้อใหญ่ ๆ ดังนี้

1. วัสดุ ได้แก่ Kaolin Feldspar Quartz Whiting Dolomite Zinc oxide ปูนปลาสเตอร์ แก้ว
2. อุปกรณ์ ได้แก่ เครื่องจักรเกอร์ แบบพิมพ์สำหรับเครื่องจักรเกอร์และแบบพิมพ์สำหรับหล่อ เครื่องมือในการขึ้นรูปแบบจักรเกอร์และแบบหล่อ เตาเผาเซรามิกส์ ถาดทนความร้อน เครื่องชั่ง หม้อบด เครื่องวัดอุณหภูมิ เครื่องทดสอบความแข็งแรง ตะแกรงร่อน

การดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งการดำเนินการวิจัย ตามกระบวนการ โดยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ

ตอนที่ 1

1. หาส่วนผสมของเนื้อดินปั้นจากตารางสามเหลี่ยม
2. กำหนดจุดหาส่วนผสม ของเนื้อดินปั้น แต่ละจุดโดยเลือกมา 20 จุด
3. นำส่วนผสมที่ได้จากตาราง 2 มาชั่ง
4. นำส่วนผสมมาบดผสมในหม้อบดขนาดเล็ก
5. นำไปอัดเป็นชิ้นทดลอง แล้วเผาที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส
6. ทดสอบ คุณสมบัติทางกายภาพ ภายหลังจากการเผา

ตอนที่ 2

1. คัดเลือกส่วนผสมที่เหมาะสม
2. ทำพิมพ์ปูนพลาสเตอร์ที่ใช้สำหรับการขึ้นรูปด้วยไม้มัด และการหล่อแบบพิมพ์
3. ชั่ง และบด ส่วนผสม
4. ทำการขึ้นรูปด้วยไม้มัดเป็นโครงแบบ และขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อลงเป็นลูกโครง
5. ผึ่งให้แห้งสนิท
6. นำผลิตภัณฑ์ไปเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส
7. เคลือบด้วยวิธีการชุบ
8. นำไปเผาจนถึงอุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบรีดักชัน
9. สรุปผล

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์สามารถสรุปผลการทดลองออกเป็นข้อๆได้ดังนี้

การหดตัวของเนื้อดินปั้น

เนื้อดินปั้นมีการหดตัวระหว่างร้อยละ 11.66 – 15.00 ซึ่งในแต่ละสูตรมีความหดตัวไม่แตกต่างกันมากนัก และมีหลายสูตรที่มีการหดเท่ากัน

ค่าการดูดซึมน้ำ

เนื้อดินปั้นมีการดูดซึมน้ำ อยู่ในเกณฑ์น้อย ซึ่งในสูตรที่ 5 มีการดูดซึมน้ำมากที่สุด ร้อยละ 2.94 มีส่วนผสมดังนี้ ดินขาวระนอง ร้อยละ 60 หินฟันม้า ร้อยละ 10 หินเขียวหนุมาน hoar 30 สูตรส่วนผสมที่มีการดูดซึมน้ำน้อยที่สุดคือสูตรที่ 18 ซึ่งไม่มีการดูดน้ำเลยโดยมีส่วนผสม ดังนี้ ดินขาวระนอง ร้อยละ 30 หินฟันม้า ร้อยละ 30 หินเขียวหนุมาน ร้อยละ 40

ค่าความแข็งแรง

เนื้อดินปั้นที่มีความแข็งแรงมากที่สุดคือสูตรที่ 19 มีความแข็งแรง 177 ก.ก./ซม.^2 ซึ่งมีส่วนผสมดังนี้ ดินขาวระนอง ร้อยละ 30 หินฟันม้า ร้อยละ 20 หินเขียวหนุมาน ร้อยละ 50 เนื้อดินปั้นที่มีความแข็งแรงน้อยที่สุดคือสูตรที่ 2 มีความแข็งแรง 75.22 ก.ก./ซม.^2 ซึ่งมีส่วนผสมดังนี้ ดินขาวระนอง ร้อยละ 70 หินฟันม้า ร้อยละ 10 หินเขียวหนุมาน ร้อยละ 20

อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ผลการวิจัย เนื้อดินปั้นภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส

ความหดตัว

จากการทดลองภายหลังจากการเผาพบว่า เนื้อดินปั้นมีความหดตัวร้อยละ 11.66 ถึง 15 เนื่องจากเนื้อดินปั้นยาร์ตพอร์สเลนนั้นจะต้องบดให้มีความละเอียดมาก ปรีดา พิมพ์ขาวจำ (2538 : 49) ได้กล่าวไว้กว้าง ๆ ว่า เมื่อเผาแล้วจะหดตัวประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเนื้อดินปั้นยาร์ตพอร์สเลนมีแร่ดินขาวเป็นวัตถุดิบหลักตัวหนึ่ง และจากการที่บดให้ละเอียดมากทำให้เนื้อผลิตภัณฑ์ทำปฏิกิริยาหลอมตัว เข้ากันได้ดี ทำให้ความหดตัวมากตามไปด้วย และอุณหภูมิที่ใช้เผาสู่ถึง 1,300 องศาเซลเซียส จึงทำให้เนื้อดินปั้นสำหรับการวิจัยครั้งนี้มีความหดตัวมาก

ความดูดซึมน้ำ

จากผลการทดลองพบว่า การดูดซึมน้ำของเนื้อดินปั้นมีความดูดซึมน้ำน้อยมาก ซึ่งในสูตรที่ 1 ถึง 20 มีความดูดซึมน้ำตั้งแต่ร้อยละ 0.00 ถึง 2.94 โดยที่การดูดซึมน้ำและเนื้อดินปั้นจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับสัดส่วนของวัตถุดิบและความละเอียดของเนื้อดินปั้น ปรีดา พิมพ์ขาวจำ (2538 : 82) กล่าวว่า แร่ควอทซ์ (หินเขียวหนุมาน) ในดินเป็นตัวสำคัญทำให้เกิดการขยายตัว ช่วยเป็นตัวทอนไฟ และเป็นโครงร่างของผลิตภัณฑ์ อีกทั้งยังกล่าวถึงจุดหลอมตัวได้ ซึ่งสังเกตได้จากเนื้อ

ดินปั้นที่สามารถดูดซึมน้ำได้ แสดงให้เห็นว่าเนื้อดินปั้นยังไม่หลอมเป็นเนื้อเดียวกัน และยังสามารถทนไฟได้สูงกว่านี้อีก

ความแข็งแรง

ปรากฏว่าเนื้อดินปั้นมีความแข็งแรงมาก อยู่ในช่วง 75.22 - 177 กก./ซม.² ซึ่งมีความแข็งแรงมากเมื่อเทียบกับดินชนิดอื่นเนื่องจากเนื้อดินปั้นชนิดฮาร์ดพอร์สเลน เป็นเนื้อดินที่ละเอียด และผ่านการเผาที่อุณหภูมิสูงทำให้เนื้อดินปั้นมีการหลอมเป็นเนื้อเดียวกันได้ดี จึงทำให้มีความแข็งแรงมากตามไปด้วย

จากการทดลองพบว่า เนื้อดินปั้น สูตรที่ 7 มีคุณสมบัติทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำมาทดลองทำผลิตภัณฑ์ประเภทฮาร์ดพอร์สเลนได้ และมีการหดตัวหลังจากการเผาร้อยละ 13.33 ทนความร้อนที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียสได้ มีความแข็งแรง 116.41 กก./ซม.² เนื้อดินปั้นมีสีขาว และดูดซึมน้ำร้อยละ 0.03 ซึ่ง โทมัส รักชัวร์ (2531:166) ได้กล่าวถึงคุณสมบัติของฮาร์ดพอร์สเลนไว้ว่า มีความแข็งแรง และทนทานมาก โปร่งแสง มีสีขาว มีจุดสุกตัวสูง ไม่มีการดูดซึมน้ำ ช่วงอุณหภูมิในการเผายาว ทนความร้อนได้สูง เป็นฉนวนไฟฟ้า

ความเหมาะสมกับการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อลง และการขึ้นรูปด้วยใบมีดนั้น เนื้อดินปั้นที่นำมาทดลองหล่อผลิตภัณฑ์ สามารถหล่อได้ แต่หล่อได้ยากเนื่องจาก เนื้อดินปั้นนั้น ใช้วัตถุดิบที่ไม่มีความเหนียว คือ ดินขาว หินฟันม้า และหินเรียวหนุมาน จึงยากต่อการขึ้นรูป

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. การที่จะนำผลการวิจัยไปใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ฮาร์ดพอร์สเลน ถ้าจะนำสูตรส่วนผสมไปใช้โดยที่วัตถุดิบที่ใช้ไม่ใช่แหล่งเดียวกับผู้จัดทำการศึกษาควรจะได้ทำการทดลองใหม่อีกครั้งก่อนนำไปใช้งาน
2. การบดส่วนผสมได้แก่ ดินขาวระนอง หินเรียวหนุมาน หินฟันม้า ต้องบดหินเรียวหนุมาน และหินฟันม้าให้ละเอียดเสียก่อน จึงใส่ดินขาวระนองตามลงไป และบดเป็นเวลานาน 30 ชั่วโมง วิธีนี้จะทำให้ส่วนผสมต่างๆ ละเลียดง่ายต่อการขึ้นรูป
3. การขึ้นรูปแท่งทดลอง โดยวิธีการหล่อต้น ควรใช้พิมพ์ที่มีด้านประกอบ 3 ด้าน (แท่งทดลองรูปสี่เหลี่ยม) ลักษณะมีพื้นเป็นฐาน มีแขน 2 ข้างแยกออกจากกันได้ง่าย โดยเทน้ำดินลงบนพื้นด้านหลังพิมพ์ที่ไม่มีด้านประกอบ รอให้พิมพ์ดูตัวเรื่อยๆ จนเต็มพิมพ์หล่อแล้วใช้มีดกรีดพื้น

หลังให้เรียบแบบพิมพ์นี้จะได้ดินที่เป็นแท่งทดลองที่สมบูรณ์ มากกว่าวิธีอื่น เนื่องจากน้ำดินที่หล่อ
นั้นได้แท่งทดลองที่มีความหนาแน่น ไม่เกิดรูกลวงภายในแท่งทดลองทำให้หาค่าต่างๆได้อย่างมี
ประสิทธิภาพ

การทำพิมพ์ผลิตภัณฑ์ในการทำวิจัยครั้งนี้ ควรใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนปลาสเตอร์ 100:75
ถึง 85 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้ในปูนมีน้อยการเกิดช่วงว่างน้อยกว่าการระเหยออก การดูดซึมน้ำก็น้อย
ตาม และไม่ควรปล่อยให้พิมพ์แห้งมากนัก เมื่อน้ำมาหล่อหน้าดินจะทำให้พิมพ์ดูดน้ำดินเร็ว ซึ่งส่งผล
ให้ผลิตภัณฑ์ หรือแท่งทดลอง แตกง่ายเนื่องจากส่วนผสมน้ำดินไม่ค่อยมีความเหนียว

การออกแบบผลิตภัณฑ์และการออกแบบพิมพ์ให้สามารถถอดพิมพ์ได้ง่าย โดยจะต้องไม่
มีฉากแหลมภายในพิมพ์ เพราะตัวเนื้อดินง่ายต่อการเปราะ แตกหัก บิ่นได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
Pibulsongkram Rajabhat University

บรรณานุกรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
Pibulsongkram Rajabhat University

บรรณานุกรม

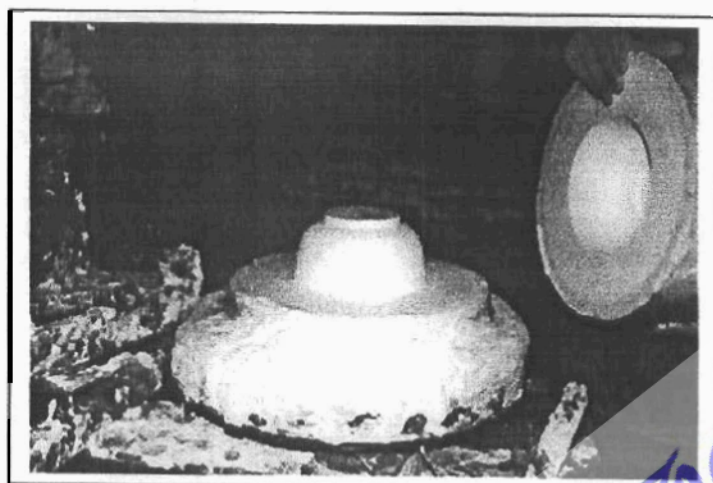
- กาญจนะ แก้วกำเนิด. การทดสอบวัตถุดิบเครื่องปั้นดินเผาและดินปั้นในห้องปฏิบัติการ. เอกสารประกอบการฝึกอบรมเสริมทักษะ อาชีวศึกษาด้านเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 1 - 15 พฤษภาคม 2530. อุดลำนาค.
- _____. น้ำเคลือบ. เอกสารประกอบการฝึกอบรมเสริมทักษะ อาชีวศึกษาด้านเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 16 -30 เมษายน 2532. อุดลำนาค.
- โกมล รักษ์วงศ์. งานทาสีสำเร็จรูป. กรุงเทพฯ : คณะวิชาอุตสาหกรรมศึกษา วิทยาลัยครูพระนคร, 2532.
- _____. วัตถุดิบที่ใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผาและเนื้อดินปั้น. นนทบุรี : โรงเรียนนารदानุเคราะห์, 2531.
- งามพิศ แยมนิยม. ทรัพยากรแร่ในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : กรมทรัพยากรธรณี, 2534.
- เงินทุนอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย,บรรษัท. เครื่องปั้นดินเผาและเครื่องเคลือบกับการพัฒนาการทางเศรษฐกิจและสังคมของสยาม. กรุงเทพฯ : รุ่งเรืองวิทย์, 2528.
- จรัสศรี สมบัติทวี. "เครื่องปั้นดินเผาชนิดเอเทิร์นแวร์," ใน การแต่งศิลปเครื่องปั้นดินเผา. หน้า 46. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร, 16 สิงหาคม - 7 กันยายน 2525.
- จิรพันธ์ สมประสงค์. เทคนิคการสร้างสรรค์ศิลปเครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2535.
- ชาญ จรรยาภิรมย์. "สถานการณ์แร่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์," วารสารเซรามิกส์ไทย. 1 (1) : 47 ; พฤศจิกายน 2528.
- ทวี พรหมพฤกษ์. วิชาเครื่องปั้นดินเผาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2523.
- ปรีดา พิมพ์ขาวจำ. เคลือบเซรามิกส์. กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์, 2530.
- _____. เซรามิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.
- _____. เซรามิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532.
- ไพจิตร อังศิริวัฒน์. รวมสูตรเคลือบเซรามิกส์. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2537.
- มนูญ ประชัยคดี. อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพฯ : กรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรม, ม.ป.ป.

- วรนันท์ กิตติอัมพานนท์. รายงานการวิจัยบทบาทของเทคโนโลยีในการพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิกส์เพื่อการส่งออก. กรุงเทพฯ : คณะเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2531.
- ศิริชัย โพธิ์ตาปะนะ. เทคโนโลยีการผลิตผลิตภัณฑ์ White Ware. กรุงเทพฯ : กองบริการอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, ม.ป.ป.
- ศุภกา ดอกไม้. การทดสอบหาเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ จากอัตราส่วนระหว่างดินปากเกร็ด ดินขาว หินเขียวหนามาน และแทลคัม. ปริญญาโท กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2535.
- สุมาลี ลิขิตวณิชกุล. วิธีการเตรียมและควบคุมน้ำเคลือบ. เอกสารประกอบการสัมมนา เทคโนโลยีเซรามิก ณ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทยญี่ปุ่น 12 - 16 กันยายน 2531.
- สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช, 2531.
- อายุวัฒน์ สว่างผล. วัตถุดิบที่ใช้แพร่หลายในงานเซรามิก. กำแพงเพชร : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยครูกำแพงเพชร, ม.ป.ป.
- อำพน วัฒนรังสรรค์. การเผาผลิตภัณฑ์เซรามิก. เอกสารประกอบการสัมมนาเทคโนโลยีเซรามิก ณ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย - ญี่ปุ่น 12 - 16 กันยายน 2531.
- Andrews, A.I. Ceramic Test and calculation. New York : John Milley and Sons, 1957.
- Nelson, Glenn C. Ceramics a pottery's Hand Book. New York : CBS. Colledge Publishing, 1984.
- Rhodes, Daniel. Clay and Glare for the Potter. Pennsylvania : Chilton Book Company, 1974.
- Signer, Felix and Sonja S. Singer. Industrial Ceramic. New York : Chemical Publishing Co., 1963.

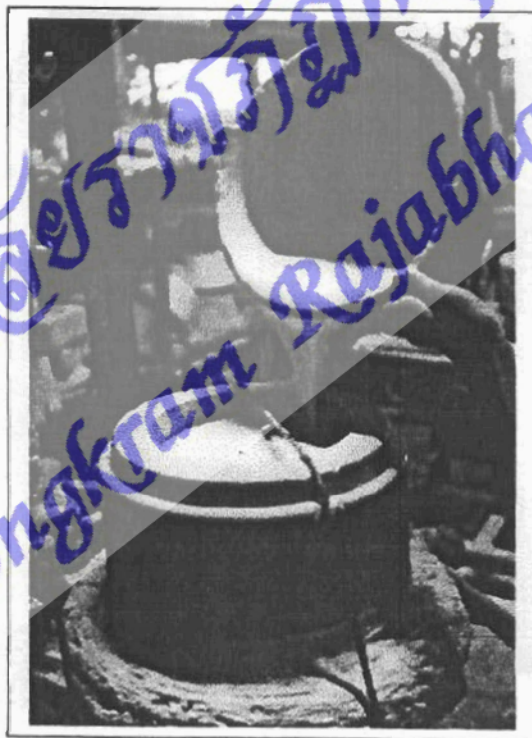
ภาศผนวก

แสดง การทำพิมพ์และการขึ้นรูปเป็นโรงแบบค

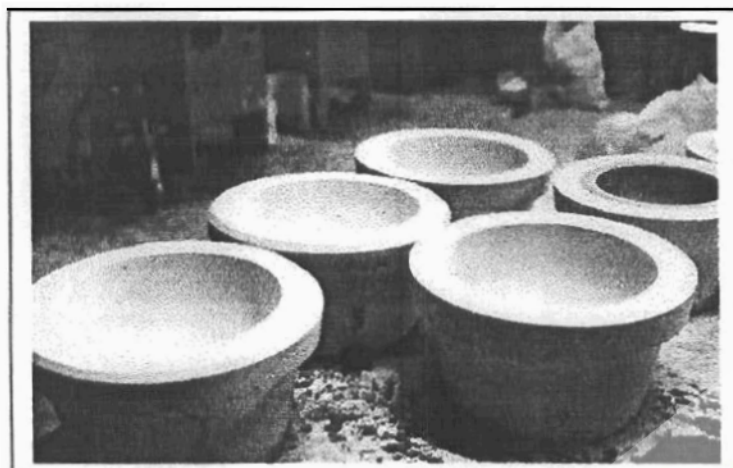
มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
Pibulsongkram Rajabhat University



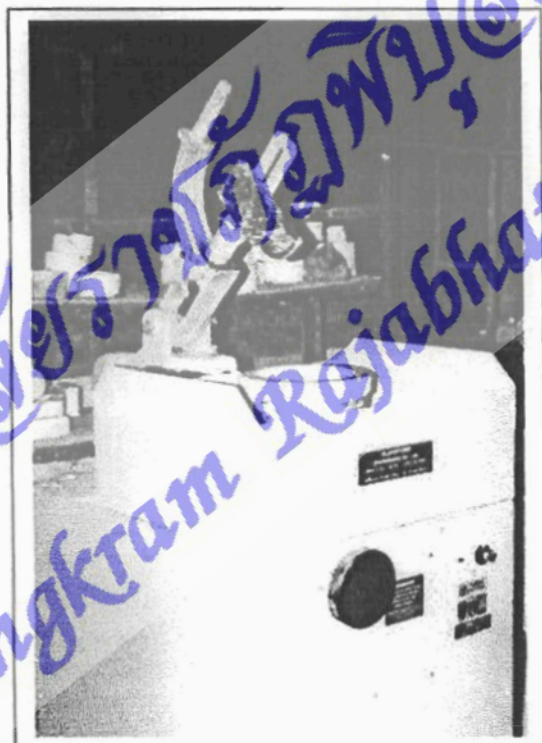
ภาพ 6 พิมพ์ปูนพลาสเตอร์



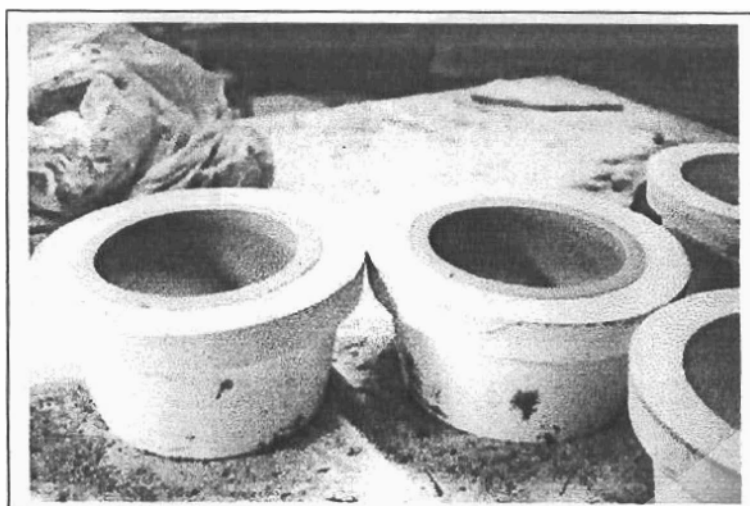
ภาพ 7 พิมพ์ปูนพลาสเตอร์



ภาพ 8 พิมพ์ปูนพลาสติก



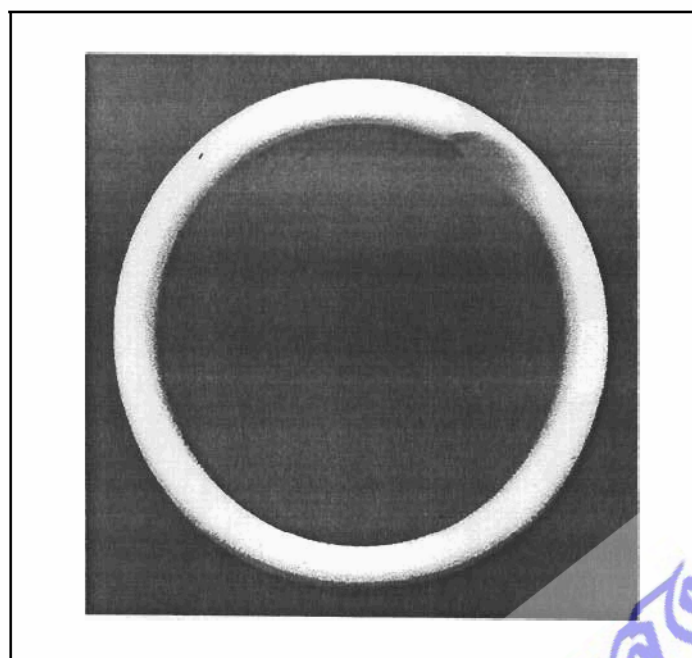
ภาพ 9 เครื่องขึ้นรูปด้วยใบมีด



ภาพ 10 โกร่งบดภายหลังการขึ้นรูปด้วยโบมิด



ภาพ 11 โกร่งบดก่อนทำการเผา

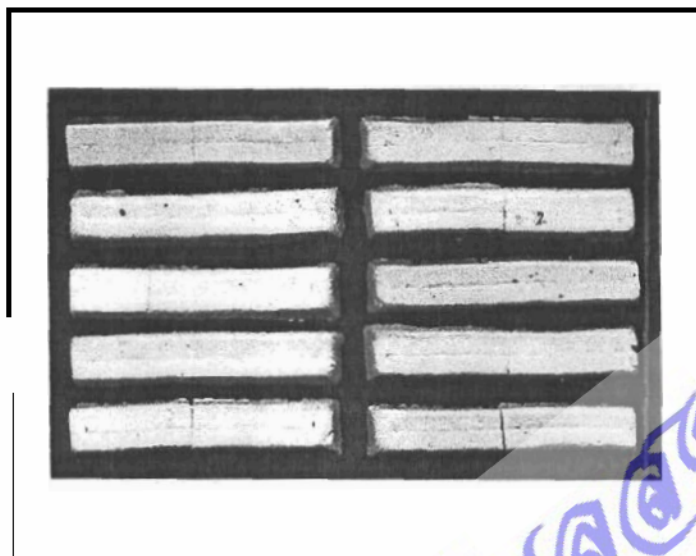


ภาพ 12 โกร่งบดภายหลังการเผาดิบ



ภาพ 13 ลูกโกร่งภายหลังการเผา

ภาพ 14 ชั้นทดลองภายหลังการทดสอบ



มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
Pibulsongkram Rajabhat University

ประวัติย่อคณะวิจัย

1. นายจุมพฏ พงศ์ศักดิ์ศรี (หัวหน้าโครงการ)

วัน เดือน ปี 25 มีนาคม พ.ศ. 2516
สถานที่อยู่ปัจจุบัน 177/32 ซ.17 ต.ในเมือง อ.เมือง จ.พิษณุโลก
สถานที่ทำงาน โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม
จ.พิษณุโลก
ตำแหน่ง อาจารย์ 1 ระดับ 4
คุณวุฒิ พ.ศ. 2537 วท.บ. เทคโนโลยีเซรามิกส์
พ.ศ. 2539 ศศ.บ. การจัดการทั่วไป
พ.ศ. 2542 กศ.ม. อุตสาหกรรมศึกษา
ผลงาน - การทดลองเนื้อดินปั้นแบบเร็ว
- การทดลองเนื้อดินปั้นได้กรองน้ำเซรามิกส์
- ที่ปรึกษางานวิจัยนักศึกษาโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์
จำนวน 30 เรื่อง

2. นางสาวเพ็ชรทิพย์ ขยับ

วัน เดือน ปี 20 สิงหาคม พ.ศ. 2515
สถานที่อยู่ปัจจุบัน 80/1 ถ.สีหราชเดโชชัย ต.ในเมือง อ.เมือง จ.พิษณุโลก
สถานที่ทำงาน โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม
จ.พิษณุโลก
ตำแหน่ง อาจารย์ 1 ระดับ 3
คุณวุฒิ พ.ศ. 2538 วท.บ. เทคโนโลยีเซรามิกส์
ผลงาน - การทดลองเนื้อดินปั้นเตนทอล
- ที่ปรึกษางานวิจัยนักศึกษาโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์
จำนวน 35 เรื่อง

3. นางสาวสุภาพร อรรถโกมล

วัน เดือน ปี 6 กันยายน พ.ศ. 2515
สถานที่อยู่ปัจจุบัน 600/19 ถ.มิตรภาพ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.พิษณุโลก
สถานที่ทำงาน โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม
จ.พิษณุโลก
ตำแหน่ง อาจารย์ประจำโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์
คุณวุฒิ พ.ศ. 2537 วท.บ. เทคโนโลยีเซรามิกส์
ผลงาน - การทดลองอิทธิพลของ สังกะสี แบบเรียบม ทอส์ค เซอร์โคเนียม
ที่มีต่อคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นโดโลไมท์
- ที่ปรึกษางานวิจัยนักศึกษาโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์
จำนวน 30 เรื่อง

4. นางสาวรัชฎาภรณ์ เกษมศักดิ์

วัน เดือน ปี 27 ตุลาคม พ.ศ. 2519
สถานที่เกิด ต.บึงคล้า อ.ห่มสัถ จ.เพชรบูรณ์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม (ฝั่งทะเลแก้ว) อ.เมือง จ.พิษณุโลก
สถานที่ทำงาน โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม
จ.พิษณุโลก
ตำแหน่ง อาจารย์ประจำโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์
คุณวุฒิ พ.ศ. 2541 วท.บ. เทคโนโลยีเซรามิกส์
ผลงาน - วัสดุทนไฟชนิดโครม
- ที่ปรึกษางานวิจัยนักศึกษาโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์
จำนวน 10 เรื่อง