รายงานการวิจัย

การพัฒนาเนื้อดินและน้ำเคลือบอุณหภูมิต่ำจากผงหินบะซอลต์ จังหวัดบุรีรัมย์ เพื่อลดต้นทุนการผลิตในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

The Development of Low Temperature firing Bodies and Glazes from Basalt Stone of Buriram Province to Reduce Production Costs Industrial Ceramics.

วัชระ วชิรภัทรกุล และคณะ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

สัญญาเลขที่ 06 / 2557

รหัสโครงการ 2557A13902008

พ.ศ. 2557

(ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์)

รายงานการวิจัย

การพัฒนาเนื้อดินและน้ำเคลือบอุณหภูมิต่ำจากผงหินบะซอลต์ จังหวัดบุรีรัมย์ เพื่อลดต้นทุนการผลิตในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

The Development of Low Temperature firing Bodies and Glazes from Basalt Stone of Buriram Province to Reduce Production Costs Industrial Ceramics.

ผู้วิจัย

วัชระ วชิรภัทรกุล
วีระ เนตราทิพย์
ปราโมทย์ ปิ่นสกุล
กฤษดากร เชื่อมกลาง
พนิช สมสะอาด

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
พ.ศ. 2557
(ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์)

หัวข้อโครงการ การพัฒนาเนื้อดินและน้ำเคลือบอุณหภูมิต่ำจากผงหินบะซอลต์ จังหวัดบุรีรัมย์ เพื่อลดต้นทุนการผลิตในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

ผู้วิจัย วัชระ วชิรภัทรกุล และคณะ

สังกัด คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

ปี พ.ศ. 2557

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องการพัฒนาเนื้อดินและน้ำเคลือบอุณหภูมิต่ำจากผงหินบะซอลต์ จังหวัดบุรีรัมย์ เพื่อลดต้นทุนการผลิตในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาศักยภาพด้านวัตถุดิบผงหินบะซอลต์มาใช้ในการทำเนื้อดินและน้ำเคลือบในการผลิตเซรามิกส์ และเพื่อต้องการลดต้นทุนการผลิตเซรามิกส์ โดยนำผงหินบะซอลต์ที่มีมูลค่าต่ำมาเพิ่มมูลค่าด้วยเทคโนโลยีเพื่อสร้างโอกาสในการแข่งขัน มีการแบ่งขั้นตอนในการปฏิบัติงานออกเป็น 3 ขั้นตอนด้วยกัน ขั้นตอนแรกจะเป็นการทดสอบในส่วนของเนื้อดิน โดยใช้วัตถุดิบหลักจากผงหินบะซอลต์ เป็นการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน รวมไปถึงการศึกษาถึงอัตราส่วนผสมของเนื้อดินที่ดีที่สุดเพื่อนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ ในขั้นตอนที่ 2 จะเป็นการทดสอบสมบัติของน้ำเคลือบ ซึ่งทั้ง 2 ขั้นตอนนี้จะมีจุดมุ่งหมายที่สัมพันธ์กันคือเพื่อลดจุดสุกตัวของเนื้อดินและน้ำเคลือบ และขั้นตอนที่ 3 นำผลการทดลองทั้งเนื้อดิน และน้ำเคลือบที่ได้นำมาออกแบบและผลิตเครื่องปั้นดินเผาที่เหมาะสมกับการผลิต

ผลการทดลองในส่วนของเนื้อดิน พบว่าสูตรที่อยู่ในเกณฑ์เนื้อดินสโตนแวร์ ได้แก่สูตรที่ 29 คือมีการหดตัวของเนื้อดินไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการดูดซึมน้ำใกล้เคียงเกณฑ์มาตรฐานที่สุดคือ 6.57 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าความแกร่งสูงสุด แต่ยังไม่ถึงค่าความแกร่งของเนื้อดินสโตนแวร์เนื่องจากเป็นเนื้อดินที่มีส่วนผสมของหินบะซอลต์ในปริมาณมาก และประกอบกับการเผาที่อุณหภูมิต่ำ

การทดลองในส่วนของน้ำเคลือบ ซึ่งต้องการลดอุณหภูมิของเคลือบให้มีจุดสุกตัวที่ต่ำลง ทำการทดสอบ 3 วิธีการ ได้แก่ 1) การใช้เคลือบใส (ฟริต CG466) ผสมผงหินบะซอลต์ 2) เคลือบขาวทึบ (ฟริต OG053) ผสมผงหินบะซอลต์ และ 3) ใช้วัตถุดิบระหว่างหินบะซอลต์ กับโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ พบว่าทั้งกลุ่มเคลือบใส และเคลือบทึบ มีการหลอมตัวที่ดี ผิวมันวาว สีของเคลือบออกสีน้ำตาลอ่อน ยังคงความเป็นเคลือบใสและเคลือบทึบได้ สีของเคลือบจะมีความเข้มขึ้นเรื่อย ๆ และมีเม็ดของผงหินบะซอลต์ในปริมาณที่มากขึ้นตามปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นของหินบะซอลต์

ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบขนาดเล็ก โดยใช้ทฤษฎีการออกแบบ 12 ทฤษฎี เป็นแนวทางในการออกแบบ ผลงานออกแบบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา นั้นมีความสวยงามและความประณีตดี มีความแตกต่างกันในส่วนของรูปแบบและลวดลายที่แตกต่างออกไปในแต่ละทฤษฎี ในด้านประโยชน์ใช้สอยของชิ้นงานนั้น สามารถนำไปเป็นของฝากของที่ระลึก ใช้ประดับตกแต่งห้อง อาคาร

บ้านเรือนและสถานที่ต่างๆ และที่สำคัญนั้นสามารถนำวัตถุดิบจากท้องถิ่นจังหวัดบุรีรัมย์ ทั้งส่วนของเนื้อดิน และน้ำเคลือบมาเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตและใช้เป็นต้นแบบสำหรับขยายขนาดได้ตามความเหมาะสมต่อไป

คำสำคัญ : เนื้อดิน, น้ำเคลือบ, ผงหินบะซอลต์, จังหวัดบุรีรัมย์

Project Title	The Development of Low Temperature firing Bodies and Glazes from Basalt Stone of Buriram Province to Reduce Production Costs Industrial Ceramics.
Researchers	Vatchara Vachirapatharakul et al
Office	Faculty of Industrial Technology, Buriram Rajabhat University
Year	2014

Abstract

The objective of the research to developed Low Temperature of Clay body and glaze from basalt rock dusts Buriram Province. The division has operations in three step process. First step is Testing to body and glaze from the results to research ware designed and ceramic products.

The results from the experiment for Stoneware clay body. that the 29 point. Shrinkage Test under 15 % Porosity 6.57 %, and Maximum Fired Strength But not the strength Stoneware Oxidation Firing Glaze.

Experimental research Laboratory Low temperature. Test methods include three 1) Clear Glaze (Frit CG A66) Additions Powdered basalt. 2) Opaque white Glaze (Frit OG 053) Additions Powdered basalt. 3) Raw Materials for Basalt Rock and Potash Feldspar. Found that The clear glaze and the Opaque Glaze is Intensity more Powdered basalt.

Design prototypes small by Inspiration from 12 Theory of design. The product Design In the sense of beauty , the works created was regarded as beautiful and suitable product in its type ; also the Shapes ware very simple and refined. In the meaning of the production process and suitability as souvenirs for interior decoration. By using the raw materials found in the local area as the main raw materials.

Keys word : Clay body, Glaze, Basalt , Buriram Province.

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาเนื้อดินและน้ำเคลือบอุณหภูมิต่ำจากผงหินบะซอลต์ จังหวัดบุรีรัมย์เพื่อลดต้นทุนการผลิตในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ให้การสนับสนุนด้านเงินทุน และข้อมูลต่าง ๆ ในการศึกษาวิจัย ขอขอบคุณ สาขาวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ เครื่องมือเครื่องจักรและวัตถุดิบที่ใช้ในทดลองผลิต และขอขอบคุณคณาจารย์ นักศึกษาที่มีส่วนร่วมในการวิจัยในครั้งนี้ จนดำเนินการแล้วเสร็จ นอกจากนี้ ยังรวมไปถึงผู้ที่ไม่สามารถกล่าวนามในที่นี้ ได้ทั้งหมด ผู้วิจัยขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้อีกครั้งหนึ่ง

วัชระ วชิรภัทรกุลและคณะ

ผู้วิจัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย 1

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 2

ขอบเขตของโครงการวิจัย 3

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

นิยามศัพท์เฉพาะ 5

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับภูเขาไฟ 8

ประเภทของเนื้อผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ 24

วัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมเนื้อดิน 25

การหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดิน 28

การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ 31

การทดสอบสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน 35

การออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ 39

ประวัติความเป็นมาของเคลือบ 50

ชนิดของเคลือบ 51

วัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมเคลือบ 52

การเตรียมเคลือบ 59

การเคลือบ 63

เตาเผาและการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ 65

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 68

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

การทดสอบคุณสมบัติของเนื้อดิน..... 70

การทดสอบคุณสมบัติของน้ำเคลือบ..... 73

การออกแบบและผลิตเครื่องปั้นดินเผาร่วมสมัย..... 75

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของเนื้อดินหล่อที่พัฒนามาจากผงหินบะซอลต์.....80

ผลวิเคราะห์การศึกษาต่อยอดคุณลักษณะของน้ำเคลือบ.....85

ผลวิเคราะห์การลดต้นทุนการผลิตเนื้อดินและน้ำเคลือบเซรามิกส์ 89

ผลวิเคราะห์การดำเนินการออกแบบ..... 90

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษาวิจัย..... 98

ข้อเสนอแนะ..... 102

บรรณานุกรม..... 103

ภาคผนวก

ก. ขั้นตอนการทดสอบเนื้อดินหล่อไฟต่ำจากผงหินบะซอลต์.....106

ข. แสดงขั้นตอนการทดสอบน้ำเคลือบไฟต่ำจากผงหินบะซอลต์..... 120

ค. ขั้นตอนการออกแบบสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ต้นแบบ โดยใช้วัตถุดิบที่พัฒนามาจากผงหินภูเขาไฟจังหวัดบุรีรัมย์..... 126

ประวัติคณะผู้วิจัย 156

มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
BURIRAM RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1. การเปรียบเทียบสมบัติของหินภูเขาไฟ 3 ชนิด 13
2. แสดงอายุของภูเขาไฟ (หินบะซอลต์) ในประเทศไทย 15
3. ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของตัวอย่างหินบะซอลต์ในเขตภูเขาไฟของอีสานใต้ 23
4. แสดงผลการวิเคราะห์ดินขาว 26
5. อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบบนตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า 28
6. แสดงอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบบนตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า 29
7. แสดงความแกร่งของดินชนิดต่าง ๆ ก่อนเผา 38
8. อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบบนตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า 71
9. อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบบนตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า (Triaxial blend) 72
10. แสดงการเพิ่มอัตราส่วนผสมระหว่างเคลือบใสกับผงหินบะซอลต์ 73
11. แสดงการเพิ่มอัตราส่วนผสมระหว่างเคลือบขาวทึบ กับผงหินบะซอลต์ 74
12. แสดงการปรับอัตราส่วนผสมของเคลือบระหว่างหินบะซอลต์กับเฟลด์สปาร์ 74
13. บันทึกผลการทดลองก่อนเผาของเนื้อดินจากผงหินบะซอลต์ 81
14. สรุปผลการทดลองเนื้อดินจากผงหินบะซอลต์หลังเผา 1,100 องศาเซลเซียส 82
15. แสดงการเพิ่มอัตราส่วนผสมระหว่างฟริต CG466 กับผงหินบะซอลต์ 10 สูตร 86
16. ลักษณะของเคลือบใส ปรับเพิ่มผงหินบะซอลต์ หลังเผา 1,100 °C 86
17. แสดงการเพิ่มอัตราส่วนผสมระหว่างฟริต OG 053 กับผงหินบะซอลต์ 87
18. ลักษณะของเคลือบขาวทึบ ปรับเพิ่มผงหินบะซอลต์ หลังเผา 1,100° C 87
19. แสดงการปรับอัตราส่วนผสมของเคลือบระหว่างหินบะซอลต์ กับเฟลด์สปาร์ 88
20. ลักษณะเคลือบระหว่างหินบะซอลต์ กับเฟลด์สปาร์ หลังเผา 1,100° C 89
21. แสดงการเพิ่มอัตราส่วนผสมระหว่างเคลือบใสกับผงหินบะซอลต์ 121
22. แสดงการเพิ่มอัตราส่วนผสมระหว่างเคลือบขาวทึบ กับผงหินบะซอลต์ 121
23. แสดงการปรับอัตราส่วนผสมของเคลือบระหว่างหินบะซอลต์ กับเฟลด์สปาร์ 121

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1. การขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อกลวง 32
2. แสดงการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อตัน 33
3. แสดงชิ้นทดลองการหดตัวของเนื้อดิน 36
4. การทดสอบค่าแกร่งของเนื้อดินก่อนเผา – หลังเผา 38
5. การหารูปทรงเครื่องปั้นดินเผา ได้อาศัยหลักเรขาคณิตจำพวกสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม วงกลม วงรี เป็นแนวทางในการหาสัดส่วนมาโดยตลอด 40
6. แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 1 แนวความคิดมาจากทฤษฎีเส้นแย้ง 90
7. แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 2 แนวความคิดมาจากทฤษฎีเส้นเฉียง 91
8. แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 3 แนวความคิดมาจากทฤษฎีการซ้ำ 91
9. แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 4 แนวความคิดมาจากทฤษฎีจังหวะ 92
10. แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 5 แนวความคิดมาจากทฤษฎีระดับความเปลี่ยนแปลง 92
11. แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 6 แนวความคิดมาจากทฤษฎีความเคลื่อนไหว 93
12. แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 7 แนวความคิดมาจากทฤษฎีความกลมกลืน 93
13. แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 8 แนวความคิดมาจากทฤษฎีความขัดแย้ง 94
14. แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 9 แนวความคิดมาจากทฤษฎีสัดส่วน 95
15. แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 10 แนวความคิดมาจากทฤษฎีดุลยภาพ 95
16. แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 11 แนวความคิดมาจากทฤษฎีการเน้น 96
17. แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 12 แนวความคิดมาจากทฤษฎีเอกภาพ 97
18. การร่อนผงหินบะซอลต์..... 107
19. การชั่งวัตถุดิบอื่นที่เป็นส่วนผสม 107
20. การผสมวัตถุดิบ 108
21. การหมักวัตถุดิบทั้ง 36 สูตร 108
22. การบดผสมเนื้อดิน 109
23. การวัดค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำดินหล่อ 109
24. การหาค่าการไหลตัวของน้ำดิน 110
25. การหล่อขึ้นรูปแท่งทดสอบ 110
26. การวัดความยาวแท่งทดสอบอัตราการหดตัวของเนื้อดิน 111
27. แท่งทดสอบเนื้อดินทั้ง 36 สูตร 111
28. การวัดความกว้างของแท่งทดสอบ 112

29. การหาค่าความแกร่งของแท่งทดสอบเมื่อแห้ง 112
30. นำแท่งทดสอบทั้ง 36 สูตร ไปเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส 113
31. แท่งทดสอบที่ผ่านการเผาอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส 113
32. เตรียมแท่งทดสอบ เผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส 114

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

33. แท่งทดสอบหลังการเผา 1,100 องศาเซลเซียส 114
34. แท่งทดสอบที่ผ่านการเผาอุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส 115
35. ชั่งแท่งทดสอบก่อนนำไปต้มทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำ 115
36. การต้มทดสอบค่าการดูดซึมน้ำทั้ง 36 สูตร 116
37. วัดความยาวเพื่อทดสอบการหดตัวหลังเผา อุณหภูมิ 1,100 °C 116
38. การหาค่าความแกร่งหลังเผาที่อุณหภูมิ 1,100 °C 117
39. ภาพแสดทดสอบบนตารางสามเหลี่ยม 117
40. การเตรียมวัตถุดิบทำเนื้อดินหล่อ 118
41. เติมน้ำตามเพื่อหมักเนื้อดิน 118
42. ปั่นน้ำดินให้วัตถุดิบเข้ากัน 119
43. การวัดค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำดินหล่อ 119
44. การร่อนผงหินบะซอลต์เพื่อเป็นวัตถุดิบในการเตรียมเคลือบ 122
45. การชั่งวัตถุดิบในการทดสอบเคลือบใสผสมผงหินบะซอลต์ 122
46. การทดสอบเคลือบใสผสมผงหินบะซอลต์ ลงบนชิ้นงาน 123
47. การทดสอบเคลือบใสผสมผงหินบะซอลต์ ลงบนชิ้นงาน 123
48. การทดสอบเคลือบขาวทึบผสมผงหินบะซอลต์ ลงบนชิ้นงาน 124
49. การทดสอบเคลือบขาวทึบผสมผงหินบะซอลต์ ลงบนชิ้นงานทดสอบ 124
50. ชุดทดสอบเคลือบใสและเคลือบขาวทึบผสมผงหินบะซอลต์ หลังเผา 1,100 °C 125
51. ชุดทดสอบเคลือบหินฟันม้าผสมผงหินบะซอลต์หลังเผา 1,100 °C 125
52. การออกแบบภาพร่าง 127
53. การออกแบบภาพร่าง 127
54. การออกแบบภาพร่าง 128
55. การออกแบบภาพร่าง 128
56. การออกแบบภาพร่าง 129
57. การออกแบบภาพร่าง 129

58. ปั้นต้นแบบจำลอง 130
59. ปั้นต้นแบบจำลอง 130
60. การกลึงต้นแบบ 131
61. การแกะลวดลายชิ้นงาน 131
62. ต้นแบบปูนปลาสเตอร์ 132
63. การทาน้ำสบู่เพื่อเตรียมทำพิมพ์ 132
64. การทำพิมพ์ 133
65. การกั้นพิมพ์ 133

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

66. การเทปูนทำแบบพิมพ์ 134
67. แบบพิมพ์ที่ได้ 134
68. การตากพิมพ์ให้แห้ง เตรียมหล่อชิ้นงาน 135
69. การขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อน้ำดิน 135
70. การแกะชิ้นงานออกจากแบบพิมพ์หล่อ..... 136
71. ตกแต่งชิ้นงานที่แกะออกจากแบบพิมพ์ 136
72. การตกแต่งชิ้นงาน เนื้อดินหล่อผสมผงหินบะซอลต์..... 137
73. การตกแต่งชิ้นงาน เนื้อดินหล่อผสมผงหินบะซอลต์..... 137
74. ชิ้นงานเนื้อดินหล่อผสมผงหินบะซอลต์ หลังเผา 1,100 องศาเซลเซียส..... 138
75. ชิ้นงานเนื้อดินหล่อผสมผงหินบะซอลต์ หลังเผา 1,100 องศาเซลเซียส..... 138
76. ชิ้นงานเนื้อดินหล่อผสมผงหินบะซอลต์ หลังเผา 1,100 องศาเซลเซียส..... 139
77. ชิ้นงานเนื้อดินหล่อผสมผงหินบะซอลต์ หลังเผา 1,100 องศาเซลเซียส..... 139
78. ชิ้นงานเนื้อดินหล่อผสมผงหินบะซอลต์ หลังเผา 1,100 องศาเซลเซียส.....140
79. ชิ้นงานเนื้อดินหล่อผสมผงหินบะซอลต์ หลังเผา 1,100 องศาเซลเซียส..... 140
80. ชิ้นงานเนื้อดินหล่อผสมผงหินบะซอลต์ หลังเผา 1,100 องศาเซลเซียส 141
81. ชิ้นงานเนื้อดินหล่อผสมผงหินบะซอลต์ หลังเผา 1,100 องศาเซลเซียส 141
82. ชิ้นงานเนื้อดินหล่อผสมผงหินบะซอลต์ หลังเผา 1,100 องศาเซลเซียส 142
83. ชิ้นงานเนื้อดินหล่อผสมผงหินบะซอลต์ หลังเผา 1,100 องศาเซลเซียส 142
84. ชิ้นงานเนื้อดินหล่อผสมผงหินบะซอลต์ หลังเผา 1,100 องศาเซลเซียส 143
85. ชิ้นงานเนื้อดินหล่อผสมผงหินบะซอลต์ หลังเผา 1,100 องศาเซลเซียส 143
86. ชิ้นงานเนื้อดินปั้นผสมผงหินบะซอลต์ ขึ้นรูปแบบแป้นหมุน 144

87. ชิ้นงานเนื้อดินปั้นผสมผงหินบะซอลต์ ขึ้นรูปแบบแป้นหมุน 144
88. งานเนื้อดินปั้นผสมผงหินบะซอลต์ ขึ้นรูปแบบแป้นหมุนเผา 1,100 องศาเซลเซียส... 145
89. ชิ้นงานเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบผสมผงหินบะซอลต์หลังเผา 1,100 องศาเซลเซียส. 145
90. ชิ้นงานหลังเผาดิบ 146
91. การเคลือบด้านในผลิตภัณฑ์ 146
92. การชุบเคลือบ 147
93. เตรียมเผาเคลือบ 147
94. แจกันที่มีแนวความคิดจากทฤษฎีเส้นแย้ง 148
95. แจกันที่มีแนวความคิดจากทฤษฎีเส้นเฉียง 148
96. แจกันที่มีแนวความคิดจากทฤษฎีการซ้ำ 149
97. แจกันที่มีแนวความคิดจากทฤษฎีจังหวะ 149
98. แจกันที่มีแนวความคิดจากทฤษฎีระดับความเปลี่ยนแปลง 150
99. แจกันที่มีแนวความคิดจากทฤษฎีความเคลื่อนไหว 150

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

100. แจกันที่มีแนวความคิดจากทฤษฎีความกลมกลืน 151
101. แจกันที่มีแนวความคิดจากทฤษฎีความขัดแย้ง 151
102. แจกันที่มีแนวความคิดจากทฤษฎีสัดส่วน 152
103. แจกันที่มีแนวความคิดจากทฤษฎีดุลยภาพ 152
104. แจกันที่มีแนวความคิดจากทฤษฎีการเน้น 153
105. แจกันที่มีแนวความคิดจากทฤษฎีเอกภาพ 153
106. แจกันที่มีแนวความคิดจาก 12 ทฤษฎีการออกแบบ 154
107. แจกันที่มีแนวความคิดจาก 12 ทฤษฎีการออกแบบ 154
108. ชิ้นงานเนื้อดินหล่อผสมผงหินบะซอลต์ หลังเผา 1,100 องศาเซลเซียส 155
109. แจกันต้นแบบที่มีแนวความคิดจาก 12 ทฤษฎีการออกแบบ 155

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

อุตสาหกรรมเซรามิกส์ จัดได้ว่าเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญในการสร้างรายได้ให้แก่ประเทศไทย มีมูลค่าในการส่งออกสูงถึงปีละ 20,000 ล้านบาท เครื่องปั้นดินเผาหรือเซรามิกส์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีขอบเขตการใช้งานอย่างกว้างขวาง โดยเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้วัตถุดิบภายในประเทศเป็นหลักและมีการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศในสัดส่วนที่น้อย สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับทรัพยากรเป็นอย่างสูง ซึ่งต้องใช้แรงงานจำนวนมากในสถานประกอบการณ์ขนาดกลางและขนาดเล็ก (SMEs) มีการสร้างงานอันเป็นการกระจายรายได้สู่ทั่วประเทศได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันสภาวะการแข่งขันของตลาดเซรามิกส์ทั้งในและต่างประเทศทวีความรุนแรงขึ้น เป็นผลมาจากกระแสการเปิดการค้าเสรีทั้งระดับทวิภาคีและพหุภาคี ทำให้ทุกชาติสามารถส่งสินค้าเข้าแข่งขันในเวทีการค้าโลกได้เปิดกว้างยิ่งขึ้น จึงทำให้ประเทศไทยจำเป็นต้องพัฒนาศักยภาพให้สามารถดำเนินธุรกิจของตนเองในทุกด้าน ซึ่งรวมทั้งการเร่งยกระดับเทคโนโลยีการผลิต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพสินค้า สามารถพัฒนาความสามารถของบุคลากรด้านเซรามิกส์ของไทย โดยเฉพาะด้านการออกแบบ เพื่อสินค้าเซรามิกส์ไทยมีความโดดเด่น ทันสมัย มีรูปแบบและการใช้วัสดุที่หลากหลาย เพื่อรองรับความต้องการด้านการตลาดและพัฒนาสินค้าของตนเองให้มีมาตรฐานในระดับสากล และเป็นสินค้าที่ส่งออกสู่ตลาดโลกได้มากยิ่งขึ้น การพัฒนาศักยภาพในด้านการผลิตสินค้าให้ได้คุณภาพ เพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนในการผลิตจึงเป็นเรื่องจำเป็นอย่างยิ่ง และจากการสำรวจข้อมูลการเผาของโรงงานผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ในประเทศไทยใช้อุณหภูมิการเผาประมาณ 1,200 C – 1,230 °C และใช้เวลาในการเผาผลิตภัณฑ์ 8 – 10 ชั่วโมง ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการเผาผลิตภัณฑ์สูงมาก ทำให้ต้นทุนในการผลิตสูง ดังนั้นการลดต้นทุนที่ตรงประเด็นมากที่สุดคือ การลดอุณหภูมิ และระยะเวลาในการเผา โดยการปรับปรุงโครงสร้างของวัตถุดิบจึงเป็นประเด็นสำคัญ

จากประเด็นดังกล่าว สาขาวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ มีความตระหนักและพยายามหาทางออกในปัญหาดังกล่าวมาโดยตลอดและได้บูรณาการการวิจัยสู่การเรียนการสอนและการบริการวิชาการ ที่เน้นการลงไปศึกษาเชิงปฏิบัติควบคู่กับทฤษฎี โดยใช้ทุนทางความรู้เชิงวิชาการและศักยภาพของทรัพยากรในท้องถิ่นที่มีอยู่ จังหวัดบุรีรัมย์เป็นจังหวัดที่มีซากภูเขาไฟครอบคลุมอยู่หลายพื้นที่ เช่น ภูเขาไฟพนมรุ้ง ภูเขาไฟอังคาร ภูเขาไฟกระโดง เป็นต้น ภูเขาไฟแต่ละแห่ง

เป็นภูเขาไฟที่ดับแล้ว มีอายุที่แตกต่างกันไป ที่เก่าแก่ที่สุดคือประมาณไม่เกิน 2 ล้านปี มีสัณฐานและร่องรอยการไหลของธารลาวาถูกทำลายเกือบหมด หินที่ผุกร่อนง่ายสลายกลายเป็นดินหมดแล้ว คงเหลือแต่หินที่แข็งแกร่งเท่านั้นและหินที่น่าสนใจคือหินบะซอลต์ ซึ่งเป็นหินที่ใช้เป็นวัสดุก่อสร้างในเขตภาคอีสาน มีการระเบิดเหมืองและย่อยหินบะซอลต์เพื่อสร้างถนน ทางรถไฟ ตลอดจนเป็นวัสดุผสมคอนกรีตก่อสร้างอาคารต่าง ๆ เช่น เหมืองหินศิลาชัย เหมืองหินศิลาทอง เหมืองหินศิลาเพชร เป็นต้น การใช้ประโยชน์ของหินบะซอลต์ของไทยยังมีมูลค่าต่ำ อาจไม่เหมาะกับคุณภาพทางเศรษฐกิจของหินนัก การบดย่อยหินเพื่อใช้เป็นวัสดุก่อสร้างซึ่งมีราคาถูก โดยปัจจุบันราคาจำหน่ายแร่หินบะซอลต์อยู่ที่ระดับราคา 4 บาทต่อเมตริกตัน และในการบดย่อยหินนั้นจะมีส่วนที่เป็นฝุ่นหินหรือผงหิน ซึ่งไม่มีมูลค่าในเชิงพาณิชย์และยังมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเรื่องมลภาวะทางอากาศ จากการศึกษาในเบื้องต้นพบว่าในผงหินบะซอลต์มีสัดส่วนของซิลิกาผสมอยู่ในปริมาณที่สูง นอกจากนี้ยังมีสารให้สีและวัตถุดิบชนิดอื่นๆ เป็นองค์ประกอบอยู่อย่างหลากหลายจึงน่าที่จะนำมาใช้เป็นส่วนผสมในวัตถุดิบทางเซรามิกส์ได้ คณาจารย์และนักศึกษาในสาขาวิชาฯ จึงได้ดำเนินการศึกษาวิจัยเรื่องการใช้ผงหินบะซอลต์มาอย่างต่อเนื่อง และจากผลการศึกษาวิจัยที่ผ่านมากลุ่มผู้วิจัยได้ทำการศึกษาวิจัยแล้วเสร็จจำนวน 2 โครงการด้วยกัน คือ 1. การใช้ประโยชน์จากผงหินบะซอลต์ในการทำเนื้อดินหล่อเซรามิกส์ 2. การใช้ประโยชน์จากผงหินบะซอลต์ในการทำน้ำเคลือบเซรามิกส์ ซึ่งทั้ง 2 โครงการประสบความสำเร็จอย่างสูง สามารถลดต้นทุนการผลิตทั้งในส่วนของเนื้อดินหล่อ.และน้ำเคลือบได้มาก จากข้อเสนอแนะในโครงการวิจัยดังกล่าว ผู้วิจัยยังสามารถที่จะพัฒนาศักยภาพของวัตถุดิบทั้งในส่วนของเนื้อดินและน้ำเคลือบจากผงหินบะซอลต์ให้มีจุดสุกตัวที่ต่ำลงเพื่อลดต้นทุนในการผลิตด้านการใช้พลังงานเชื้อเพลิงและระยะเวลาในการเผาเป็นการสร้างความหลากหลายและเหมาะสมกับรูปแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ โดยขยายผลต่อยอดจากงานวิจัยที่ผ่านมาเพื่อพัฒนาและผลิตวัตถุดิบให้ได้มาตรฐานอุตสาหกรรมทางเซรามิกส์ และนำไปใช้ในการผลิตเชิงพาณิชย์ได้จริง

ดังนั้น ผู้วิจัยในฐานะที่เป็นนักวิชาการในมหาวิทยาลัยที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ใกล้เหมืองหินบะซอลต์ ได้เล็งเห็นแนวทางการเพิ่มมูลค่าของผงหินบะซอลต์ได้อย่างมากมายมหาศาล จึงเห็นเป็นการเร่งด่วนในการที่จะทำการศึกษาวิจัยและพัฒนาด้านเทคโนโลยีการผลิตโดยศึกษาต่อยอดการใช้ประโยชน์จากผงหินบะซอลต์ในอุตสาหกรรมการผลิตเซรามิกส์ ด้วยการพัฒนาเนื้อดินและน้ำเคลือบอุณหภูมิต่ำจากผงหินบะซอลต์ จังหวัดบุรีรัมย์ ก่อให้เกิดนวัตกรรมใหม่และสอดคล้องกับนโยบายของรัฐที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการปรับโครงสร้างอุตสาหกรรมเซรามิกส์ให้มีความเข้มแข็ง สามารถผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่มีคุณภาพได้มาตรฐาน เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน ลดต้นทุนการผลิตและยกระดับความรู้ความสามารถของบุคลากรที่สอดคล้องกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรม และมีการนำไป

ประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสมเพื่อช่วยให้อุตสาหกรรมเซรามิกส์ของไทยสามารถรักษาระดับและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลกได้อย่างมั่นคง

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาต่อยอดการพัฒนาศักยภาพด้านวัตถุดิบโดยนำเอาผงหินบะซอลต์เป็นวัตถุดิบหลักมาใช้ในการทำเนื้อดินหล่อและน้ำเคลือบในการผลิตเซรามิกส์อุณหภูมิต่ำ

2. ต้องการลดต้นทุนการผลิตเนื้อดินและน้ำเคลือบเซรามิกส์อุณหภูมิต่ำโดยนำผงหินบะซอลต์ที่มีมูลค่าต่ำมาเพิ่มมูลค่าด้วยเทคโนโลยีเพื่อสร้างโอกาสในการแข่งขัน

3. ทดลองผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบสำหรับนำไปพัฒนาเพื่อการผลิตจริงตามระบบอุตสาหกรรม

4. เพื่อนำผลการวิจัยไปถ่ายทอดโดยการเผยแพร่ สัมมนา ฝึกอบรมให้กับสถานประกอบการและผู้สนใจทั่วไปนำไปใช้ประโยชน์จริงในเชิงพาณิชย์

ขอบเขตของโครงการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ทำการศึกษาวิจัยและพัฒนาด้านเทคโนโลยีการผลิตโดยต่อยอดการใช้ประโยชน์จากผงหินบะซอลต์จากเหมืองหินในจังหวัดบุรีรัมย์เป็นสำคัญ โดยมีขอบเขตการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ การวิจัยเพื่อทดสอบคุณสมบัติของเนื้อดิน และการวิจัยเพื่อทดสอบคุณสมบัติของน้ำเคลือบโดยมีรายละเอียดในการศึกษาดังต่อไปนี้

1. การทดสอบในส่วนของเนื้อดิน

1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย

1.1.1 ผงหินบะซอลต์ จากโรงโม่หินภูเขาไฟกระโดง อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์

1.1.2 ดินขาว จากบริษัท เคลย์ แอนด์ มิเนอรัลส์ (ประเทศไทยจำกัด)

1.1.3 หินฟันม้า จากบริษัทอัมรินทร์ เซรามิกส์ คอปเปอร์เรชั่น

1.1.4 หินเขี้ยวหนุมาน บริษัท เคลย์ แอนด์ มิเนอรัลส์ (ประเทศไทยจำกัด)

1.1.5 ดินดำสุราษฎร์ธานี จากบริษัท เคลย์ แอนด์ มิเนอรัลส์ (ประเทศไทยจำกัด)

1.1.6 สารช่วยกระจายตัว คือ โซเดียมซิลิเกต ชนิดที่ใช้ในการทางการค้าทั่วไป

1.1.7 น้ำประปา ช่วยให้ส่วนผสมอยู่ในรูปของของเหลวเป็นเนื้อเดียวกัน

1.2 การทดสอบคุณสมบัติทางเคมี (Chemical testing) เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุ

1.3 ทดสอบสมบัติทางกายภาพ (Physical Testing) ของเนื้อดิน โดยจะทดสอบดังต่อไปนี้

1.3.1 สีหลังการเผา (Fired color)

1.3.2 ความหดตัว (Shrinkage)

1.3.3 ความทนไฟ (Refractoriness)

1.3.4 ความแข็งแรง (Modulus of rupture)

1.3.5 การดูดซึมน้ำ (Water Adsorption)

1.3.6 ความเหมาะสมในการขึ้นรูปแบบหล่อน้ำดิน

1.4 การหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น

1.4.1 เป็นการสุ่มตัวอย่างแบบจำเพาะเจาะจง(Purposive sampling) จากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า (Triaxial Blend) เพื่อให้ได้ส่วนผสมที่มีวัตถุดิบ 3 ชนิด ได้แก่ ผงหินบะซอลต์ จากภูเขาไฟกระโดง อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ , หินฟันม้า และดินดำสุราษฎร์ธานีกำหนดจุดในการทดลอง 36 จุด

1.4.2 ผสมเนื้อดินตามสูตร ทดสอบสมบัติทางกายภาพ เลือกตัวอย่างที่เหมาะสม แล้วจึงทำการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ตัวอย่าง

1.5 ตัวแปรที่จะศึกษา ได้แก่

1.5.1 ตัวแปรต้น ได้แก่

อัตราส่วนผสมของเนื้อดินจากผงหินบะซอลต์

1.5.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ สมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน

1.5.2.1 สีหลังเผา

1.5.2.2 ความหดตัว

1.5.2.3 ความทนไฟ

1.5.2.4 ความแข็งแรงของเนื้อดิน

1.5.2.5 การดูดซึมน้ำ

1.5.2.6 ความเหมาะสมในการขึ้นรูป

2. การทดสอบในส่วนของน้ำเคลือบ

2.1 การหาอัตราส่วนผสมของน้ำเคลือบ

2.1.1 ใช้ทฤษฎีการเพิ่มวัตถุดิบในอัตราส่วนทีละเท่า ๆ กัน (Addition)

2.1.2 ใช้ทฤษฎีเชิงเส้น (Line Blend)

2.2 ตัวแปรต้น ได้แก่

2.2.1 อัตราส่วนผสมของเคลือบผงหินบะซอลต์

2.3 ตัวแปรตาม ได้แก่ ลักษณะของเคลือบหลังการเผา

2.2.1 ลักษณะของผิวเคลือบ

2.2.2 ลักษณะความมันวาว

2.2.3 ลักษณะการหลอมตัวของเคลือบ

2.2.4 ความสวยงามลงตัวในการเคลือบบนผลิตภัณฑ์

3. อุณหภูมิที่ใช้ทดลองกำหนดที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส

4. เตาเผาที่ใช้ในการทดลองคือ เตาไฟฟ้าเผาบรรยากาศแบบออกซิเดชัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผลที่ได้จากการวิจัยนำไปถ่ายทอดโดยการจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการวิชาชีพเครื่องปั้นดินเผาให้กับประชาชนทั่วไปและกลุ่มอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเพื่อพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์เป็นสินค้าโอท็อป สร้างรายได้ให้กับชุมชนได้อย่างยั่งยืนต่อไป

2. ผลที่ได้จากการวิจัยสามารถพัฒนาการผลิตเนื้อดินและน้ำเคลือบจากผงหินบะซอลต์ เป็นวัตถุดิบสำเร็จรูปต้นทุนต่ำที่มีเอกลักษณ์เฉพาะเหมาะสำหรับการผลิตเชิงพาณิชย์เป็นวัตถุดิบชนิดใหม่ในตลาดวัตถุดิบทางเซรามิกส์ โดยในส่วนของเนื้อดินมีจุดเด่นคือจะเป็นการเผาครั้งเดียวประหยัดต้นทุนด้านเชื้อเพลิงได้สูง และในส่วนของน้ำเคลือบบะซอลต์เมื่อมีการเคลือบทับซ้อนจะให้สีสันที่แปลกใหม่สวยงามแตกต่างกันออกไปเหมาะสำหรับเคลือบลงบนผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ร่วมสมัย

3. ผลที่ได้จากการวิจัยเป็นนวัตกรรมใหม่ที่สามารถนำไปขอรับสิทธิบัตรเพื่อคุ้มครองทรัพย์สินทางปัญญา เป็นช่องทางในการดำเนินการเชิงพาณิชย์ได้ต่อไป

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การพัฒนาเนื้อดิน หมายถึง เนื้อดินที่ได้จากการหาอัตราส่วนผสมจุดที่ดีที่สุด ตามคุณสมบัติของเนื้อดินสโตนแวร์ จากตารางสามเหลี่ยม(Triaxial Blend) จำนวน 36 จุด

2. เนื้อดินหล่อที่พัฒนามาจากผงหินบะซอลต์ หมายถึง เนื้อดินที่ได้จากอัตราส่วนผสม 3 ชนิด คือ ผงหินบะซอลต์ ,ดินดำ และ ดินขาว

3. ผงหินภูเขาไฟ หมายถึง ผงหินบะซอลต์ที่ได้จากโรงโม่หินภูเขาไฟกระโดง อ.เมือง จ.บุรีรัมย์ ที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงแล้ว และมีความละเอียด ใช้เป็นส่วนผสมในการพัฒนาเนื้อดิน และน้ำเคลือบ

4. ดินขาว หมายถึง ดินที่มีลักษณะสีขาวหรือซีดจาง มีความเหนียวน้อย ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ดินขาว จากบริษัท เคลย์ แอนด์ มิเนอรัลส์ (ประเทศไทยจำกัด) ผสมในเนื้อดินหล่อเพื่อช่วยให้มีความทนไฟ และเพิ่มความแข็งแรงหลังเผา

5. ดินดำ หมายถึง ดินที่มีลักษณะก่อนเผาสีดำ มีความเหนียวมาก ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ ดินดำสุราษฎร์ธานี ผสมในเนื้อดินปั้น

6. การทดสอบคุณสมบัติทางเคมี หมายถึง การวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุที่มีอยู่ในผงหินบะซอลต์

7. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ หมายถึง การพิจารณาลักษณะของวัตถุ โดยใช้คุณสมบัติที่สามารถจับต้องได้ด้วยการสัมผัส หรือตรวจสอบด้วยสายตาและใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาใช้ในการทดสอบ

8. สีหลังการเผา หมายถึง สีหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส

9. ความหดตัว หมายถึง จำนวนร้อยละของการหดตัวของเนื้อดินปั้นที่ผ่านการเผาในอุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส

10. ความทนไฟ หมายถึง เนื้อดินต้องสามารถทนทานต่อความร้อนโดยไม่หลอมละลายในระดับอุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส

11. ความแข็งแรง หมายถึง คุณสมบัติของเนื้อดินปั้นที่แสดงถึงความทนทานต่อแรงกดที่กระทำต่อเนื้อดิน โดยใช้เครื่องมือในการทดสอบความแข็งแรง ค่าที่วัดได้มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

12. การดูดซึมน้ำ หมายถึง จำนวนร้อยละในการดูดซึมน้ำ ของเนื้อดินหลังเผา

13. ความเหมาะสมในการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อ หมายถึง น้ำดินที่ได้จากการเตรียมต้องสามารถหล่อขึ้นรูปได้ วัดค่าความถ่วงจำเพาะ (1.60 – 1.80) และการไหลตัวที่ดี โดยการขึ้นรูป

หล่อน้ำดินไม่มีการรวมตัวเป็นก้อนหรือย่นในการถอดพิมพ์ หล่อไม่ติดแบบพิมพ์ มีความหนาเร็ว สามารถตัดแต่งได้ง่าย ไม่หักหรือบิ่น หรือเกิดการสูญเสียน้อยที่สุด

14. เคลือบไฟต่ำ หมายถึง การใช้วัตถุดิบที่ทำให้เกิดเคลือบดังนี้

14.1 ฟริต รหัส CG466 จากบริษัทอัมรินทร์ เซรามิกส์ คอปเปอร์เรชั่น เป็นลักษณะของเคลือบใส ผสมผงหินบะซอลต์เพื่อให้เกิดสีและพื้นผิวของเคลือบที่หลากหลาย

14.2 ฟริต รหัส OG053 จากบริษัทอัมรินทร์ เซรามิกส์ คอปเปอร์เรชั่น เป็นลักษณะของเคลือบขาวทึบ ผสมผงหินบะซอลต์เพื่อให้เกิดสีและพื้นผิวของเคลือบที่หลากหลาย

14.3 โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ จากบริษัทอัมรินทร์ เซรามิกส์ คอปเปอร์เรชั่น ผสมผงหินบะซอลต์เพื่อให้เกิดสีและพื้นผิวของเคลือบที่หลากหลาย

15. ออกแบบเครื่องปั้นดินเผาร่วมสมัย หมายถึง ออกแบบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา โดยใช้วัตถุดิบหลักจากผงหินภูเขาไฟกระโดง จังหวัดบุรีรัมย์ ที่ได้จากการทดลอง โดยคำนึงถึงคุณลักษณะเด่นของเนื้อดินและน้ำเคลือบ ให้มีรูปแบบที่เหมาะสมกับสภาพปัจจุบัน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาเนื้อดินและน้ำเคลือบอุณหภูมิต่ำจากผงหินบะซอลต์ จังหวัดบุรีรัมย์ เพื่อลดต้นทุนการผลิตในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูล เอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาผงหินบะซอลต์เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ผู้วิจัยได้แยกเป็นหัวข้อต่อไปนี้

1. ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับภูเขาไฟ
   - 1.1 ความหมายของภูเขาไฟ
   - 1.2 การกำเนิดภูเขาไฟ
   - 1.3 ผลผลิตจากภูเขาไฟ
   - 1.4 หินภูเขาไฟ
   - 1.5 โครงสร้างของหินภูเขาไฟ
   - 1.6 การกำเนิดและการแตกกระจายของภูเขาไฟในเขตอีสานใต้
   - 1.7 สภาพธรณีวิทยาทั่วไปของภูเขาไฟในเขตอีสานใต้
   - 1.8 คุณค่าของซากภูเขาไฟในเขตอีสานใต้
2. ประเภทของเนื้อผลิตภัณฑ์เซรามิกส์
3. วัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมเนื้อดิน
4. การหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดิน
5. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกส์
6. การทดสอบสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน
7. การออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์
8. ประวัติความเป็นมาของเคลือบ
9. การจำแนกชนิดของเคลือบ
10. วัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมเคลือบ
11. การเตรียมเคลือบ
12. การเคลือบ
13. เตาเผาและการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

14. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับภูเขาไฟ

1.1 ความหมายของภูเขาไฟ

ภูเขาไฟ หมายถึง ภูเขาที่เกิดขึ้นจากการปะทุของหินหนืด ก๊าซ และเถ้าธุลีภูเขาไฟจากใต้เปลือกโลก แล้วปรากฏตัวเป็นสภาพเด่นอย่างหนึ่งทางภูมิศาสตร์ (คณะอนุกรรมการจัดทำพจนานุกรมธรณีวิทยา 2530 : 128)

ภูเขาไฟ คือ ภูเขาที่เกิดขึ้นโดยการปะทุของหินหนืดร้อน แรงดันสูงภายใต้เปลือกโลก (ราชบัณฑิตยสถาน 2516 : 391) จนในที่สุดวัสดุต่างๆ ที่ปะทุออกมาสะสมตัวเป็นเนินสูงขึ้นจากพื้นที่โดยรอบ (Leet 1969 : 43)

ภูเขาไฟเป็นปรากฏการณ์ที่แสดงให้เห็นการปลดปล่อยพลังงานภายในโลกขึ้นมาสู่ผิวโลกตามธรรมชาติ และการสร้างหรือทำลายทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงผิวเปลือกโลก ซากภูเขาไฟจะทิ้งร่องรอยวิวัฒนาการของโลกในอดีตต่อเนื่องมาถึงปัจจุบัน (จุมพล วิเชียรศิลป์ 2528 : 72)

การกำเนิดของภูเขาไฟ

Aristotle (อ้างใน อมร 2515 : 1) นักปราชญ์ชาวกรีกเชื่อว่าภูเขาไฟและแผ่นดินไหว มีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกัน และคิดว่าภูเขาไฟเกิดจากพายุร้ายภายใต้บาดาล ทำให้เกิดการระเบิดและลุกเป็นไฟอย่างรุนแรงจนพุ่งออกมานอกโลกตามปล่องช่องปะทุ และทำให้เกิดแผ่นดินไหวตามมา

Ordwey (1971 : 168 -169) บรรยายการก่อกำเนิดของภูเขาไฟ ปาริคิวติน ไว้ว่า “ ตอนบ่าย วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 1943 ” อุณหภูมิน้ำในบ่อ บริเวณไร่ข้าวโพดของนาย Dionisio Pulido สูงขึ้นอย่างผิดปกติ ต่อมาได้เกิดรอยแตกที่บริเวณบ่อน้ำ และขยายใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ ในขณะเดียวกันก็มีกลุ่มควันไอน้ำเดือดพุ่งขึ้นมา พร้อมกับการเกิดแผ่นดินไหว และเกิดเสียงแผ่นดินแยกออกดุจดังฟ้าร้อง ปรากฏการณ์เหล่านี้เกิดอยู่ประมาณ 2 สัปดาห์ มีความรุนแรงเพิ่มขึ้นตามลำดับ และในที่สุด ก็เกิดการประทุระเบิดของก๊าซพิษ เขม่า เถ้าถ่าน และเศษหินตะกรันภูเขาไฟออกมา บริเวณหมู่บ้านปริคิวติน ถูกทับถมด้วยตะกรันภูเขาไฟ และธารลาวาร้อนแดงเต็มไปหมด ในตอนกลางคืนท้องฟ้าสว่างไสวดุจเวลากลางวัน การปะทุจะเกิดขึ้นประมาณ 2-3 นาทีต่อครั้ง เศษหินภูเขาไฟได้ทับถมก่อเป็นเนิน

รอบๆ ปล่องปะทุ สูงขึ้นจากที่ราบโดยรอบประมาณ 30 ฟุต ในวันแรก 1 สัปดาห์ต่อมาสูงเป็น 500 ฟุต และ 1 ปีผ่านไปมีความสูงเพิ่มเป็น 1100 ฟุต การปะทุระเบิดในบางครั้งพ่นตะกรันภูเขาไฟพร้อมกลุ่มก๊าซ – ไอน้ำขึ้นไปบนท้องฟ้าสูงเกิน 3 ไมล์ ในช่วงเวลา 1 เดือน ธารลาวาได้ไหลแผ่ขยายออกไปไกลประมาณ 6 ไมล์ ฝุ่นเถ้าถ่านปลิวไปไกลกว่า 100 ไมล์ มวลสารที่ภูเขาไฟนี้พ่นออกมามีน้ำหนักประมาณ 3001.0 ล้านตัน เป็นเศษหินตะกรันภูเขาไฟประมาณ 2000.5 ล้านตัน และหินลาวาประมาณ 1000.5 ล้านตัน ปัจจุบันภูเขาไฟปาริคิวตันเป็นส่วนหนึ่งของแนวภูเขาไฟที่ประกอบด้วยภูเขาไฟหลายพันลูก

ตามทฤษฎี เพลต เทคโทนิค และทวีปเลื่อน (Plate Tectonic And Continental Drift) การเกิดภูเขาไฟจะพบตามแนวภูเขาใหม่ตามขอบทวีป และหมู่เกาะใกล้ร่องลึกบาดาล (Oceanic Trench) หรือตามแนวสันเขาใต้สมุทร (Oceanic Ridges) ในเขตเหล่านี้จะมีความสัมพันธ์กับการเกิดแผ่นดินไหวและการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก (Bradshaw 1978 : 10-12)

ส่วนที่เป็นเพลต นี้เป็นเปลือกโลกและส่วนตอนบนของแมนเติล (Crust And Upper Part Of The Mantle) ซึ่งรวมเรียกว่า “ Lithosphere Plate ” เป็นมวลแผ่นแข็งลอยตัวอยู่บนสารหลอมเหลวหนืดคล้ายแผ่นพลาสติกที่เรียกว่า “ Asthenosphere ”

บาร์ดชอร์ จำแนกเพลตเป็น 2 ชนิด คือ เพลตทวีป (Continental Plate) และเพลตมหาสมุทร (Oceanic Plate) เพลตแต่ละแผ่นจะมีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กัน 3 แบบ คือ (Bradshaw 1977 : 13-32)

1. การเคลื่อนที่เข้าหากัน เพลตที่มีความหนาแน่นมากกว่าจะมุดลงไปใต้แผ่นเพลตที่มีความหนาแน่นต่ำกว่า (เบากว่า) บริเวณที่เพลตชนกันจะมี 2 ลักษณะ คือ ถ้าเป็นเพลตมหาสมุทรเคลื่อนที่เข้าหาเพลตทวีป จะเกิดแนวภูเขาไฟบนทวีปใกล้ชายฝั่งทะเล ดังเช่น ภูเขาไฟ เทือกเขาแอนดีส แต่ถ้าเป็นเพลตทวีปเคลื่อนที่เข้าหาเพลตทวีปด้วยกันจะทำให้เกิดแนวภูเขาโก่งตัวบนทวีป ดังเช่น แนวเทือกเขาหิมาลัย

2. การเคลื่อนที่แยกออกจากกัน ตามแนวการแยกตัวของเพลต จะมีมวลหินหนืดไหลทะลักออกมา หินหนืดเหล่านี้เย็นแข็งตัวก่อนเป็นแนวสันเขาใต้สมุทร และเป็นส่วนหนึ่งของเพลตมหาสมุทรที่ก่อเกิดขึ้นใหม่ และเป็นเหตุให้เพลตมหาสมุทรแผ่ขยาย ทำให้พื้นที่ของท้องมหาสมุทรมีพื้นที่เพิ่มขึ้น (Sea Floor Spreading) ดังเช่น มหาสมุทรแอตแลนติก มีความกว้างเพิ่มขึ้นปีละประมาณ 2 เซนติเมตร (0.75 นิ้ว) เป็นต้น สันเขาใต้สมุทรเหล่านี้ก็คือภูเขาไฟ ซึ่งบางส่วนอาจก่อตัวสูงพ้นผิวน้ำขึ้นมาเป็นเกาะ ดังเช่น เกาะไอซ์แลนด์ คานารี่ เป็นต้น

3. การเคลื่อนที่ตามแนวด้านข้าง (Slide Past One Another) ทำให้เกิดแนวรอยเลื่อนเหลื่อมข้าง (Fransform Fault) ดังเช่น San Andres Fault ในกรณีนี้ ตามแนวรอยเลื่อน อาจทำให้หินหนืดไหลแทรกขึ้นมาเกิดภูเขาไฟแบบโล่ (Shield Volcano) หรือเกิดเป็นที่ราบสูงธารลาวา (Lava Plateau) ดังเช่น ที่ราบสูงโคลัมเบีย (The Columbia River Pasalt Plateau) ซึ่งธารลาวาเป็นหินบะซอลต์หนาประมาณ 3500 เมตร มีพื้นที่มากกว่า 200000 ตารางไมล์ (Thornbury 1964 : 492) ปรากฏการณ์ภูเขาไฟบริเวณสันเขาใต้สมุทรส่วนใหญ่เกิดจากการปะทุเงียบ มีลาวาไหลออกมาตามแนวแยกของเพลต ลาวาเหล่านี้เย็นตัวเป็นหินบะซอลล์ที่มีซิลิเกตมาก จัดเป็นพวกแอลคาไลน์ บะซอลล์ (Alkaline Basalt)(Rice 1977 : 88)

แนวขนาดของเพลตมุดสอดกัน (Subductive Zone) และแนวที่เพลตแยกออกจากกัน รวมความยาวได้ประมาณ 47000 ไมล์ ที่เรียกว่า “ วงแหวนไฟ ” (Ring Of Fire) ภูเขาไฟส่วนมากพบอยู่ใต้มหาสมุทร เฉพาะมหาสมุทรแปซิฟิก มีมากกว่า 10,000 ลูก และเป็นภูเขาไฟที่ดับแล้ว ทั้งนี้เพราะเพลตมหาสมุทรจะมีความหนาเพียง 5-25 ไมล์ (8-40 กิโลเมตร) เป็นเปลือกโลกที่บางมาก ดังนั้นจึงเป็นแหล่งระบายความร้อนจากภายในโลกออกมาสู่ผิวโลกได้ง่าย จุดที่มีการระบายความร้อนขึ้นมาสู่ผิวโลกนี้เราเรียกว่า “จุดร้อน” (Hot Spots) เช่น หมู่เกาะภูเขาไฟฮาวาย ภูเขาไฟใต้สมุทร (Abyssal Volcanoes) ที่ยังทรงพลัง (Active Vocalnoes) มีอยู่ประมาณ 500 ลูก (Thornbury 1969 : 473) และโดยเฉลี่ยแต่ละปีมีการปะทุระเบิดเราเรียกว่า “ภูเขาไฟที่สะสมพลัง” (Dormant Volcanoes) ส่วนภูเขาไฟที่สิ้นพลังแล้วเราเรียกว่า “ ภูเขาไฟที่ดับแล้ว ” (Extinct Volcanoes) แต่ก็เป็นการยากที่จะกำหนดเช่นนี้ เพราะภูเขาไฟบางลูกที่เราคิดว่าเป็นภูเขาไฟที่ดับแล้ว แต่กลับมีการปะทุระเบิดเกิดขึ้นใหม่ อาทิ ภูเขาไฟซอมมา (Monte Somma) ซึ่งปะทุระเบิดเมื่อก่อน ค.ศ. 79 ทำลายเมืองปอมเปอี (Pompei) ทั้งเมืองคนตายกว่า 20000 คน ซึ่งอยู่ห่างจากช่องปะทุ 10 กิโลเมตร (Allison And Palmer 1980 : 91) หลังจากนั้นมีการปะทุต่อเนื่องมา จนกระทั่งปี ค.ศ. 1139 จึงเงียบสงบดุเหมือนเป็นภูเขาไฟที่ดับแล้ว แต่หลังจากนั้นอีกประมาณ 500 ปี คือ ปี ค.ศ. 1631 ก็เกิดการปะทุขึ้นมาอีก เป็นต้น (Ordway 1971 : 3)

1.2 การกำเนิดภูเขาไฟ

การกำเนิดภูเขาไฟในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนใต้ นิยม จึงอยู่สุข และธนาวุฒิ ศิรินาวิน (2523) ได้ศึกษาและทำรายงานการศึกษาหินบะซอลล์บนที่ราบสูงโคราชด้านใต้ได้ สรุปว่า การเกิด Tectonic Activity ในบริเวณประเทศไทยและประเทศข้างเคียง ช่วง Phanerozoic Time (Suensilpong Et Al., 1978) และในช่วงหลังสุด (Late Stage Of Tectonic Activity) ทำให้

หินพวก Alkaline Basaltic เกิด Eruption ขึ้นมาในบริเวณประเทศไทยหลายแห่ง (รวมทั้งในประเทศลาว เขมร และเวียดนาม) ซึ่งเกิดขึ้นมาในช่วงตั้งแต่ Miocene จนถึง Late Pliocene และ Pleistocene การที่หินพวก Alkaline Basaltic เกิดขึ้นในบริเวณดังกล่าวนั้นเป็นผลเนื่องมาจากกันเกิด Extension ของ Crust ซึ่งมีสาเหตุหลายอย่างที่สำคัญมากระทำพอจะสรุปได้ดังนี้

1. การหมุน (Rotation) ของ Soutwest Asia ซึ่งทำให้เกิด Folding และ Tilting ของหินชุดโคราช เนื่องจากบริเวณนี้อาจจะอยู่ไกลกับ Rotational Poles ทำให้เกิด Compression (Workman, 1978)

2. เกิด Collision ระหว่าง Indian Plate และ Eurasian Plate (Curry And Moore, 1974)

3. การเกิดของ South China Sea (Ben Arraham And Uyeda, 1973) ซึ่งอาจจะเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ Alkaline Basaltic เกิดขึ้นอย่างมาก บริเวณประเทศเวียดนามและลาว เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศไทย เพราะว่า Crust บริเวณประเทศเวียดนามและลาวนั้นอยู่ใกล้กับ South China Sea มากกว่าประเทศไทย จึงทำให้ถูก Extension Forece มากระทำมากกว่า จากการศึกษาลักษณะธรณีสัณฐานของภูเขาไฟบริเวณตอนใต้ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของ วิโรจน์ เอี่ยมเจริญ (2525) สรุปว่ากระบวนการกำเนิดภูเขาไฟบริเวณตอนใต้ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีกำเนิดเนื่องจากหินหนืดพุขึ้นมาตามรอยแยกของแผ่นดิน แล้วแผ่ธารลาวากระจายออกจากช่องปะทุ ปกคลุมพื้นที่บริเวณตอนใต้ การปะทุขึ้นมานั้นมี 2 ช่วง คือ ช่วงแรกปะทุขึ้นทางทิศตะวันตกเฉียงใต้เป็นภูเขาไฟครบุรี ช่วงหลังได้แก่ ภูเขาไฟกระโดง ภูเขาไฟหลุบ ภูเขาไฟอังคาร ภูเขาไฟไปรบัด ภูเขาไฟพนมรุ้ง ภูเขาไฟสวาย การที่แบ่งช่วงเวลาของการปะทุแตกต่างกันออกไปเป็น 2 ระยะนั้น เพราะจากการศึกษาในสนามบ่งชัดว่าหินภูเขาไฟครบุรี มีการผุพังสลายตัวมากและเกือบทั่วพื้นที่ ส่วนภูเขาไฟกระโดง ภูเขาไฟหลุบ ภูเขาไฟอังคาร ภูเขาไฟไปรบัด ภูเขาไฟพนมรุ้ง ภูเขาไฟสวายนั้น หินภูเขาไฟยังมีการผุสลายตัวกลายเป็นวัตถุต้นกำเนิดดินน้อย ส่วน ภูเขาไฟครบุรี มีชั้นดินหนามาก การที่เป็นเช่นนี้แสดงว่ามีระยะเวลาของ การสร้างดินยาวนานกว่า นั่นคือมีอายุมากกว่านั่นเอง ส่วนภูเขาไฟกระโดง ภูเขาไฟหลุบ ภูเขาไฟอังคาร ภูเขาไฟไปรบัด ภูเขาไฟพนมรุ้ง ภูเขาไฟสวาย นั้นชั้นดินบางและมีหินผสมอยู่มาก ลักษณะของหินภูเขาไฟยังสดอยู่มากและภูเขาไฟบางลูก เช่น ภูเขาไฟกระโดงยังปรากฏบอมบ์ภูเขาไฟอยู่ และยังมีรูปร่างเกือบสมบูรณ์นั้นแสดงว่าสภาพของพื้นที่ยังมีอายุน้อยอยู่

1.3 ผลผลิตจากภูเขาไฟ (Volcanic Products)

มวลสารที่ภูเขาไฟพ่นปะทุออกมาประกอบด้วย มวลที่เป็นของแข็งของเหลว และก๊าซ ส่วนใหญ่ของก๊าซจะเป็นไอน้ำเดือด (ร้อยละ 75-90) นอกนั้นจะเป็นก๊าซไนโตรเจน ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนออกไซด์ (CO) กำมะถัน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไฮโดรเจนซัลไฟต์ คลอรีน ฟลูออรีน กรดบอริก แอมโมเนีย มีเทน และอาร์กอน (Allison And Palmer, 1980 : 95)

ก๊าซภูเขาไฟ	ร้อยละ
ไอน้ำ	70.75
CO_2	14.07
H_2	0.33
N_2	5.45
SO_2	6.40
SO_3	1.93
A	0.18
S	1.00
Cl	0.05
อื่นๆ	0.35

พุก๊าซ (Fumaroles) เป็นก๊าซและไอน้ำเดือดที่ปลดปล่อยออกมาจากใต้ผิวโลก พบทั่วไปในเขตภูเขาไฟที่ทรงพลัง มีอุรหภูมิสูงประมาณ 100-650 องศาเซลเซียส หากพุก๊าซที่เป็นก๊าซกำมะถันเป็นส่วนมาก อาทิ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ เราเรียกว่า “ Solfataras ” พุก๊าซกำมะถัน เมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจน จะได้ผลผลิตเป็นน้ำและแร่กำมะถันธรรมชาติ ดังนั้นเขตที่มีพุก๊าซกำมะถัน จะเป็นแหล่งแร่กำมะถัน ดังนั้น La Salfatara ภาคตะวันตกของเมืองเนเปิล ในอิตาลี (Allison And Palmer, 1980 : 95)

ก๊าซภูเขาไฟเป็นต้นกำเนิดของความรุนแรงการปะทุก๊าซเหล่านี้เมื่ออยู่ในระดับลึก (แรงกดดันสูง) จะมีขนาดฟองก๊าซเล็ก เมื่อเคลื่อนมาอยู่ใกล้ผิวโลก (แรงกดดันต่ำ) ปริมาตรของก๊าซจะเพิ่มมากขึ้นและกลายเป็นแรงดันทำให้เกิดการปะทุ นอกจากนั้นก๊าซภูเขาไฟจะแทรกอยู่ในลาวาเมื่อลาวาเย็นตัว จะได้หินที่มีความพรุน (Vesicular)

1.4 หินภูเขาไฟ (Volcanic Rocks)

หินภูเขาไฟเป็นหินที่เกิดจากการเย็นแข็งตัวของลาวา (Lavas) และการทับถมของเศษหินตะกรันของภูเขาไฟ (Pyroclastics) หินภูเขาไฟมีลักษณะแตกต่างกันมากทั้งส่วนประกอบและเนื้อหิน เนื่องจากการกำเนิดมีสภาวะต่างกัน

หินภูเขาไฟเป็นหินอัคนีเย็นตัวบนผิวโลก มีส่วนประกอบส่วนมากเป็นแร่ซิลิกา (SiO_2) ร้อยละ 70-75 ประกอบด้วยธาตุอะลูมิเนียม โซเดียม โพตัสเซียม เหล็ก และแมกนีเซียม เป็นหลัก (Allison And Palmer, 1980 : 99) กลุ่มแร่ซิลิกาที่พบได้แก่ แร่โอลิวิน (Olivines) ไพรอกซิน (Pyroxenes) แอมฟิโบล (Amphiboles) ไมกา (Mica) เฟลด์สปาร์ และควอรต์ซ ถ้ามีแร่ซิลิกามากจะมีสีจาง จัดเป็น หินกรด (Acid) อาทิ หินไรโอไลต์ (Rhyolite) ถ้ามีซิลิกาต่ำสีจะคล้ำเข้มเป็นพวกหินด่าง (Basic Rock) เช่น หินบะซอลต์ และถ้ามีแร่ซิลิกาปานกลาง สีจะออกทางเทา –เขียว อาทิ หินแอนดีไซต์ (Andesite) หินบะซอลต์พบมากใต้ทะเลและสันเขาใต้มหาสมุทร หินแอนดีไซต์จะพบเขตเทือกเขาภูเขาไฟใกล้ชายฝั่งทะเล อาทิ เทือกเขาแอนดีส ร็อกกี้ ส่วนหินไรโอไรต์จะพบมากบนทวีป หินออบซิเดียน (Obsidian) เป็นหินเนื้อละเอียดมาก เนื้อเป็นแก้ว มีส่วนประกอบเช่นเดียวกับหินไรโอไลต์ สมบัติของหินภูเขาไฟ (Francis, 1981 : 131)

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบสมบัติของหินภูเขาไฟ 3 ชนิด คือ บะซอลต์ แอนดีไซต์ และไรโอไลต์

Property	Basalt	Andesite	Rhyolite
Silica Content	Least About	Intermediate	Most (More

	50 %	(About 60 %)	Than 65%)
Content Of Dark Minerals	(Therefore Basic)	Intermediate	(Therefore
Typical Minerals	Highest	Feldspar	Acid)
	Feldspar	Amphibole	Least
	Pyroxene	Pyroxene	Feldspar
	Olivine	Mica	Quartz
Density	Oxides	Intermediate	Mica
Melting Point	Highest	Intermediate	Amphibole
Viscosity As Molten Rock	Highest	Intermediate	Lowest
At Surface	Least		Lowest
Tendency To Form Lavas		Intermediate	Highest
Tendency To Form	Highest	Intermediate	
Pyroclastics	Least		Least
			Highest

1.5 โครงสร้างของหินภูเขาไฟ (Structure Of Volcanic Rocks)

พวกเนื้อแน่น (Massive Structure) มีรูพรุนน้อย – กึ่งไม่มีเลย เช่น หินบะซอลต์เนื้อแน่นที่นำมาโม่-บด ย่อยให้เป็นวัสดุก่อสร้าง หินไรโอไลต์ และหินแอนดีไซต์ ที่ใช้ตัด-ขัดเป็นแผ่นสำหรับปูพื้น พวกมีรูพรุนน้อยกว่าร้อยละ 50 โดยปริมาตร (Secondary Mineral) เช่น แคลไซต์ ซีโอไรต์ หรือควอร์ตซ์ เข้าไปตกผลึก และเรียกโครงสร้างที่มีแร่ตกผลึกอยู่นี้ว่า “ Amygdaloidal Structure ” พวกมีรูพรุนคิดเป็นร้อยละเกิน 50 โดยปริมาตร (Scoriaceous Structure) ได้แก่ หิน พัมมิส (Pumice) ความพรุนของหินเกิดจากหินลาวาที่มีก๊าซแทรกอยู่ ส่วนมากไอน้ำเดือด และเย็นตัวในขณะที่ก๊าซเหล่านี้ยังแทรกอยู่ ความพรุนของหินเป็นดัชนีบ่งบอกตำแหน่งของปากปล่องช่องปะทุ พวกหินพัมมิส หรือหินสคอเรีย จะพบอยู่ในเขตปากปล่องช่องปะทุมากกว่าพวกหินบะซอลต์พรุน (Vesicular Basalt) (จุมพล วิเชียรศิลป์ , 2536 : 101 – 102)

1.6 การกำเนิดและการแตกกระจายของภูเขาไฟในเขตอีสานใต้

ภูเขาไฟของเขตอีสานใต้เกิดจากการแทรกดันของหินหลอมละลาย (Molten Rock) ไหลทะลักขึ้นมาตามรอยแตก อันเนื่องมาจากการเกิดรอยเลื่อน (Fault) ของขอบแผ่นดินอีสานใต้ซึ่งเลื่อน

สูงขึ้น ส่วนแผ่นดินกัมพูชาประชาธิปไตยเลื่อนตัวทรุดต่ำลง แนวรอยเลื่อนดังกล่าว จะขนานกับแนวเทือกเขาสันกำแพงและดงรัก ของอีสานใต้ ดังนั้นภูเขาไฟของเขตอีสานใต้ จึงแตกกระจายเป็นแนวขนานกับแนวเทือกเขาดังกล่าวด้วย

ภูเขาไฟในเขตนครราชสีมา ได้แก่ ภูเขาครบุรี – โชคชัย ภูเขาไฟในเขตบุรีรัมย์ ได้แก่ ภูเขาไฟกระโดง ภูเขาไฟหลุบ ภูเขาไฟอังคาร ภูเขาไฟไปรบัด ภูเขาไฟพนมรุ้ง ภูเขาไฟในเขตสุรินทร์ ได้แก่ ภูเขาไฟสวาย ภูเขาไฟในเขตศีรสะเกษ ได้แก่ ภูเขาไฟคำเงิน ภูเขาไฟก้อม ภูเขาไฟขมิ้น ภูเขาไฟฝ้าย และภูเขาไฟในเขตจังหวัดอุบลราชธานี คือ ภูเขาไฟหนองน้ำขุ่น และภูเขาไฟเขาน้อยคีรีบรรพต ภูเขาไฟในเขตอีสานใต้ แตกกระจายอยู่ระหว่างละติจูด 14 องศา เหนือ ถึง 15 องศา เหนือ ภูเขาไฟในเขตลำนารายณ์ ลพบุรี เป็นหินบะซอลต์ที่มีอายุเก่าแก่ที่สุดของไทยมีอายุประมาณ 11.29 ± 0.64 ล้านปี ภูเขาเด่นชัย อายุประมาณ 5.64 ± 0.28 ล้านปี ภูเขาไฟกระโดง มีอายุประมาณ 0.92 ± 0.30 ล้านปี (K /Ar Dating) และภูเขาไฟฝ้ายมีอายุประมาณ 3.28 ± 0.48 ล้านปี นิคม จึงอยู่สุข และธนวุฒิ ศิรินาวิน (ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์) สรุปว่าอายุภูเขาไฟในเขตที่ราบสูงโคราชตอนใต้ มี 2 ช่วง คือ ภูเขาไฟที่ยังเห็นรูปทรงสัณฐานชัดเจนมีอายุประมาณ 0.6 ± 0.7 ล้านปี ซึ่งเป็นภูเขาไฟที่อยู่ห่างจากแนวเลื่อนหรือใกล้แนวพรมแดนกัมพูชาประชาธิปไตย ลักษณะรูปทรงสัณฐานถูกทำลายไปมากจนมีสัณฐานไม่ชัดเจนมีอายุประมาณ น้อยกว่า 2 ล้านปี

1.7 สภาพธรณีวิทยาทั่วไปของภูเขาไฟในเขตอีสานใต้

1. ภูเขาไฟในจังหวัดนครราชสีมา ได้แก่ ภูเขาไฟครบุรี – โชคชัย อยู่ในเขตอำเภอครบุรี – โชคชัย หนองบุญนาค และอำเภอเสิงสาง นครราชสีมา ธารลาวา (Lava Flow) ได้ไหลเข้าไปในเขตอำเภอหนองกี่ และนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์ จัดเป็นที่ราบสูงธารลาวา (Lava Plateau) ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่ประมาณ 1,398.26 ตารางกิโลเมตร มีความลาด (Slope) ประมาณ 1-3 องศา ประกอบด้วยหินบะซอลต์ ปิดทับบนหินทรายและทรายแป้ง (Sandstone And Siltstone) ของหน่วยหินโคกกรวด (Khok Kruat Formation : Cretaceous Period) หินบะซอลต์ เนื้อละเอียด สีดำปนเทา มีรูพรุน (Vesicular Structure) ประกอบด้วย แร่โอลิวีน (Olivine) เป็นส่วนมาก ส่วนแร่อื่นๆ ได้แก่ Iddingsite และ Serpentine และมีเนื้อพื้น (Ground Mass) เป็นแร่เฟลด์สปาร์ชนิดแพลจิโอเคลส (Plagioclase) หรือแอนดีซีน (Andesine) หินบะซอลต์แหล่งนี้จัดเป็นชนิด Hawaiite (Barr And Macdonald, 1978) ช่องปะทุระเบิด (Volcanic Vent) ไม่ปรากฏให้เห็น เนื่องจากการผุพังสูง หินบะซอลต์ ส่วนใหญ่เปลี่ยนสภาพไปเป็นดินสีแดง น้ำตาลแดง (ชุดดิน โชคชัย)

ตารางที่ 2 แสดงอายุของภูเขาไฟ (หินบะซอลต์) ในประเทศไทย ดัดแปลงจาก N. Jungyusuk และ T. Sirinawin, 1983.

ภูเขาไฟ	อายุ (ล้านปี)			แหล่งข้อมูล
	K/Ar	Fission Traek	Paleomagnetic	
เชียงของ (เชียงราย)	1.74 ±0.18			Barr And Macdonald, 1981
แม่ทา (ลำปาง)		< 1.7	0.69 ± 0.95	Barr And Other, 1976
เชียงเขียน (เชียงราย)	1.69 ±			Barr And Macdonald, 1981
เด่นชัย (แพร่)	1.25	5.62 ±		Barr And Macdonald, 1979
บ่อพลอย (กาญจนบุรี)	5.64 ±	6.06		Barr And Macdonald, 1981
พลอยแหวน (จันทบุรี)	0.28			Barr And Macdonald, 1981
เกาะกูด (ตราด)	3.14 ±			Bignell And Other, 1977
ฝ้าย (ศีรสะเกษ)	0.17			Barr And Macdonald, 1981
กระโดง (บุรีรัมย์)	0.44 ±			Barr And Macdonald, 1981
ลำนารายณ์	0.11			Barr And Macdonald, 1981
	8.5 ± 1			
	3.28 ±			
	0.48			
	0.92 ±			
	0.30			
	11.29			
	±0.64			

2. ภูเขาไฟในจังหวัดบุรีรัมย์ ส่วนใหญ่เป็นภูเขาไฟที่มีสัณฐานของช่องปะทุระเบิดชัดเจนก่อตัวเป็นภูเขาไฟรูปกรวย เป็นเนินภูเขาโดด (Isolated Hill) มีความสูงจากพื้นราบโดยรอบประมาณ 50

ถึง 200 เมตร หินบริเวณช่องปะทุระเบิดมีความพรุนสูง (50-70%) เป็นแบบ Scoriaceous มีหินระเบิดภูเขาไฟ (Volcanic Bombs) เนื้อหินเป็นหินบะซอลต์ทั้งเนื้อแน่นและมีรูพรุนต่ำกว่าร้อยละ 50 โดยปริมาตร จัดเป็น Hawaiite (N. Jungyusuk และ T. Sirinawin, 1983)

2.1 ภูเขาไฟกระโดง อยู่ในเขตอำเภอเมืองบุรีรัมย์ มีพื้นที่ประมาณ 92.05 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ปากปล่องช่องปะทุระเบิดประมาณ 210 ตารางกิโลเมตร ลักษณะซากปากช่องปะทุเป็นรูปพระจันทร์ครึ่งซีก เนื่องจากส่วนช่องปะทุด้านตะวันออกและตะวันตกพังทลาย ซึ่งเป็นแนวที่หินหลอมละลาย (Lava) ไหลออกไปสู่บริเวณโดยรอบ สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 283 เมตร ประกอบด้วยหินบะซอลต์ที่มีรูพรุน พวก Vesicular Basalt และ Scoriaceous Basalt หินตะกรันภูเขาไฟ (Pyroclastic Materials) เป็นพวกวัสดุที่ถูกแรงระเบิดโยนขึ้นไปในอากาศแล้วตกลงมาอาจเป็นลาวาเย็นตัวในอากาศ หรือตกลงมาแล้วเย็นแข็งตัวก็ตาม เช่น Volcanic Bomb, Volcanic Ash, Volcanic Breccia และ Volcanic Cinder หินเหล่านี้จะตกลงมาทับถมอยู่โดยรอบของปากปล่องช่องปะทุ พวก Volcanic Bomb จะมีมากกว่าภูเขาไฟอื่นๆ ในเขตอีสานใต้ มีลักษณะรูปร่างเป็นแบบหยดน้ำ จานบิน หัวมันเทศ (Fusiform Bomb) มีขนาดเล็กตั้งแต่เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2-3 เซนติเมตร ถึงเกือบ 2 เมตร และแต่ละก้อนแสดงร่องรอยการหลอมละลายการบิดตัวเนื่องจากถูกแรงเหวี่ยงปลิวไปในอากาศ หินบะซอลต์ใกล้ช่องปะทุระเบิด มีลักษณะแสดงการไหล (Lava Flow) ชนิด Pahoehoe (ผิวเรียบ) แบบบิดเป็นเกลียวเชือก ผ้าพับทับซ้อนกันเป็นชั้นๆ เนื้อหินเป็นเนื้อละเอียด สีดำถึงเทา มีผลึกแร่ขนาดเล็กของแร่โอลิวีน (Olivine) เนื้อพื้น (Groundmass) เป็นแร่เฟลด์สปาร์ชนิดแพลจิโอเคลส มีผลึกของแร่ อะพาไทต์ (Apatite) และแมกนีไทต์ (Magnetite) ออไจต์ (Augite) และพบแร่ซีโอไลต์ (Zeolite) แคลไซต์ (Calcite) ตกผลึกในช่องว่างของหิน

2.2 ภูเขาไฟพนมรุ้ง ตั้งอยู่ในบริเวณติดต่อของอำเภอนางรอง ประโคนชัย และละหานทราย มีพื้นที่ประมาณ 16.45 ตารางกิโลเมตร มีช่องปะทุระเบิดอยู่ตรงศูนย์กลางของเขตภูเขาไฟและมีลักษณะคล้ายชามยักษ์กว้างประมาณ 300 เมตร ยอดสูงประมาณ 383 เมตรจากระดับน้ำทะเล เนินภูเขาไฟกว้างประมาณ 3.7 กิโลเมตร ยาวประมาณ 6.4 กิโลเมตร วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ประกอบด้วยหินบะซอลต์ที่มีรูพรุนเป็นส่วนมาก มีสีเทา-ดำ วางทับบนหินทราย และทรายแป้งหน่วย หินโคกกรวด หินบะซอลต์ประกอบด้วยแร่โอลิวีน ไพรอกซีน (Pyroxene) แร่เฟลด์สปาร์ ชนิดแอนดีซีน และอัลไบต์ (Albite) จัดเป็นหินบะซอลต์พวก Hawaiite บนยอดปากช่องปะทุระเบิดด้านใต้เป็นที่ตั้งของปราสาทหินทราย และหินทรายแป้ง (Sand Stone And Siltstone) สีน้ำตาลแดง – ชมพู ของหินกลุ่มโคราช (Khorat Group) ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีในนามปราสาทหินพนมรุ้ง

2.3 ภูเขาไฟอังคาร อยู่ในเขตอำเภอนางรอง และละหานทราย มีพื้นที่ประมาณ 61.3 ตารางกิโลเมตร เนินภูเขาไฟวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ กว้างประมาณ 7.0 กิโลเมตร ยาวประมาณ 12.2 กิโลเมตร ยอดเขาสูงประมาณ 331 เมตร จากระดับน้ำทะเล ปากปล่องช่องปะทุระเบิดกว้างประมาณ 30 เมตร บริเวณศูนย์กลางของเนินภูเขาไฟแสดงร่องรอยการยุบถล่ม (Subsidence) เกิดในภูมิสัณฐานแบบแอ่งคัลดีรา (Caldera) มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 900 เมตร และมีผาชัน (Bluff) โดยรอบ และใจกลางของแอ่งคัลดีรานี้จะมีเนินภูเขาไฟรูปกรวย (Volcanic Cone) มีปากปล่องช่องปะทุอยู่บนเนินยอดนี้ ภูเขาไฟลูกนี้แสดงร่องรอยการยุบถล่มเป็นแนวซ้อนกันหลายชั้นมีช่องทางการไหลของหินลาวาออกมาหลายจุด แสดงถึงการปะทุระเบิดมีความรุนแรงกว่าภูเขาไฟลูกอื่น อย่างเห็นได้ชัด หินภูเขาไฟเป็นหินบะซอลต์ที่มีสีดำปนเทา มีทั้งเนื้อพรุนและเนื้อแน่น พวกเนื้อมีรูพรุนจะพบในเขตใกล้ปล่องปะทุระเบิด ส่วนพวกเนื้อแน่นพบอยู่โดยรอบเนินของภูเขาไฟและมีการแตกเป็นรูปแท่งเสา (Columnar Jointing) หินบะซอลต์ ประกอบด้วย แร่โอลิวีน ผลึกละเอียด (Olivine Microphenocrysts) แร่เฟลต์สปาร์ ชนิดแอนดีซีน แร่แมกนีไทต์ อะพาไทต์ ไพรอกซีน คลอไรต์ (Chlorite) และแร่เซอร์เพนทีน (Serpentine) จัดเป็นหินบะซอลต์ Hawaiite

2.4 ภูเขาไฟไปรบัด อยู่ในเขตอำเภอละหานทราย และประโคนชัย ห่างจากภูเขาไฟพนมรุ้งลงไปทางใต้ ประมาณ 5 กิโลเมตร มีพื้นที่ประมาณ 6.65 ตารางกิดลเมตร ยอดเขาสูงสุดประมาณ 295 เมตร จากระดับน้ำทะเล มีปากปล่องช่องปะทุกว้างประมาณ 200 เมตร และมีสัณฐานเป็นรูปพระจันทร์ครึ่งซีก ประกอบด้วยหินบะซอลต์สีดำปนเทา เนื้อละเอียดแน่นเป็นส่วนมาก พวกมีรูพรุนมีอยู่น้อย ซึ่งเข้าใจว่าผุสลายตัวไปมาก เนื่องจากสลายตัวได้ง่ายกว่าพวกหินบะซอลต์เนื้อแน่นดูจากกล้องจุลทรรศน์เป้นพวก Diabasic Texture ประกอบด้วยแร่ไพรอกซีน โอลีวีน แร่แพลจิโอเคลสเฟลต์สปาร์ ชนิด ลาบราดอไรต์ (Labradorite) (มี Extinction Angle ประมาณ 30 องศา) แร่แมกนีไทต์ และแร่แอนติโกไรต์ (Antigorite) จัดเป็นหินหินบะซอลต์ Hawaiite

2.5 ภูเขาไฟหลุบ อยู่ในเขตอำเภอนางรอง และละหานทราย อยู่ห่างจากภูเขาไฟอังคารลงไปทางใต้ ประมาณ 6 กิโลเมตร มีพื้นที่ประมาณ 6 ตารางกิโลเมตร กว้างประมาณ 2 กิโลเมตร ยาวประมาณ 4 กิโลเมตร จุดสูงสุดประมาณ 235 เมตรจากระดับน้ำทะเล ปากช่องปะทุระเบิดถูกทำลายมีสัณฐานไม่ชัดเจน บริเวณตอนกลางของเนินภูเขาไฟแสดงสัณฐานแบแอ่งคัลดีรา (Caldera) เกิดจากการยุบถล่ม (Subsidence) เช่นเดียวกับภูเขาไฟอังคาร ขนาดเส้นผ่าศูนย์- กลางคัลดีรากว้างประมาณ 900 เมตร บางส่วนพังทลายไป สัณฐานซากแอ่งคัลดีราที่เหลืออยู่ ได้แก่ส่วน ทิศใต้การไหลบ่าของธารลาวามีทิศทางไปทางเหนือ บริเวณตอนกลางของแอ่งคัลดีราเนินภูเขาไฟรูปกรวยสูงจากพื้นแอ่งคัลดีราประมาณ 75 เมตร หินภูเขาไฟเป็นบะซอลต์เนื้อแน่นเป็นส่วนมาก ชนิดที่มีรูพรุนมีน้อย

มาก แสดงว่าผ่านการผุสลายตัวมานาน หรืออาจมีอายุมากกว่าภูเขาไฟลูกอื่นๆ ในจังหวัดบุรีรัมย์ หินบะซอลต์วางตัวปิดทับบนหินทรายชุดโคกกรวด ประกอบด้วยแร่ โอลีวีน เฟลต์สปาร์และไพรอกซิน เป็นส่วนใหญ่ คล้ายกับหินภูเขาไฟลูกอื่นๆ ที่กล่าวมาแล้วอาจจะเกิดจากหินหลอมละลายแหล่งเดียวกัน (Parental Magma) จึงมีส่วนประกอบทางเคมีคล้ายกัน

3. ภูเขาไฟในจังหวัดสุรินทร์ ได้แก่ ภูเขาไฟสวาย อยู่ในเขตอำเภอเมือง อยู่ห่างจากที่ตั้งจังหวัดสุรินทร์ประมาณ 20 กิโลเมตร มีพื้นที่ประมาณ 94.2 ตารางกิโลเมตร มียอดเขาสูงประมาณ 229 เมตร จากระดับน้ำทะเลมีปากปล่องช่องปะทุระเบิดอยู่ตอนกลางของเนินภูเขาไฟและมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 170 เมตร ธารลาวาไหลล้นไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ หินภูเขาไฟเป็นหินบะซอลต์เนื้อละเอียดสีดำปนเทา มีทั้งเนื้อแน่นและเนื้อมีรูพรุน (Vesicular Structure) ประกอบด้วยแร่โอลิวีน (Olivine) มีประมาณ ร้อยละ 10-15 แร่ไคลโนไพรอกซีน (Clinopyroxene) แร่แพลจิโอเคลส เป็นแท่งเหล็กและมีการเรียงตัวไปตามทิศทางการไหลของธารลาวา (Lava Flow) แร่แมกนีไทต์เป็นรูปสี่เหลี่ยมประมาณ ร้อยละ 15 นอกจากนั้นพบแร่แคลไซต์ คลอไรต์ เซอร์เพนดีน และแร่อะพาไทต์ เป็นแท่งเล็กๆ เล็กน้อย ส่วนประกอบทางเคมีและทางแร่พบว่าหินบะซอลต์สีเทา-ดำเป็นพวก Hawaiite และพวกที่มีสีเทาปนเขียวจะเป็นพวก Mugearite ซึ่งจะอยู่ตอนบนของเนินภูเขาไฟหรือปิดทับพวก Hawaiite

4. ภูเขาไฟในจังหวัดศรีสะเกษ พบซากภูเขาไฟในเขตอำเภอขุนหาร ศรีรัตนะ และกันทรลักษณ์ เป็นภูเขาไฟที่มีอายุมาก เป็นเนินบะซอลต์ 2 ลูก และเนินหินไดอะเบส 1 ลูก มีความสูงกว่าที่ราบโดยรอบประมาณ 30-80 เมตร หินส่วนใหญ่จะผุสลายตัวเป็นดินสีน้ำตาลแดง บริเวณตอนกลางเนินเท่านั้นที่จะเหลือหินโผล่ (Outcrop) ให้เห็น

4.1 ภูเขาไฟคำเงิน (Khum Ngoen) หรือภูเขาไฟเงินอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอกันทรลักษณ์ และอำเภอศรีรัตนะ ลักษณะสัณฐานเป็นเนินสีแดง วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ คลุมพื้นที่ประมาณ 75 ตารางกิโลเมตร กว้างประมาณ 10 กิโลเมตร ยาวประมาณ 26 กิโลเมตร ช่องปะทุระเบิดอยู่ตอนกลางของเนินภูเขาไฟ ธารลาวาไหลทับหินทราย และทรายแป้ง หน่วยหินโคกกรวด บางบริเวณธารลาวาจะอมหุ้มหินทรายและหินทรายแป้งด้วย หินส่วนมากเป็นหินบะซอลต์ ผุสลายกลายเป็นดินสีแดงและน้ำตาลแดง เนื้อหินละเอียด (Fine Grain) เป็นส่วนมาก ประกอบด้วยแร่โอลิวีนเป็นแร่ผลึกหยาบ (Phenocrysts) มีประมาณร้อยละ 10-15 แร่ไครโนไพรอกซีน (Clinopyroxene) เป็นแท่งเล็กๆ (Acicular) ฝังอยู่ในเนื้อพื้น (Ground Mass) แร่แพลจิโอเคลสเฟลต์สปาร์ (Plagioclase Feldspar) มักมีแท่งแร่เล็กๆ ของไครโนไพรอกซีนแทรกอยู่ภายใน (Inclusions) มีแร่ไพรอกซีน และพบเศษหินแปลกปลอม (Xenoliths) พวกอุลตรามาฟิค

(Ultramafic) อาจเป็นหินดูไนต์ (Dunite) แทรกอยู่ด้วย แสดงว่าแหล่งหินต้นกำเนิดของหินบะซอลต์น่าจะมาจากแมกมา (Magma) เขตชั้นแมนเติลตอนบน (Upper Mantle) และเคลื่อนทะลักขึ้นมาอย่างรวดเร็วจึงพาเอาเศษหินอุลตรามาฟิคขึ้นมาด้วย

4.2 ภูเขาไฟขมิ้น อยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของอำเภอกันทรลักษณ์ มีสัณฐานเป็น รูปเกือกม้า วางตัวในแนวเหนือใต้ มีพื้นที่ประมาณ 120 ตารางกิโลเมตร กว้างประมาณ 10 กิโลเมตร ยาวประมาณ 15 กิโลเมตร อยู่จุดสูงสุดบนขอบปล่องด้านทิศตะวันออก คือ สูงประมาณ 266 เมตร จากระดับน้ำทะเล หินภูเขาไฟเป็นหินบะซอลต์ผุเป็นส่วนมาก และกลายเป็นดินสีแดงน้ำตาล หินบะซอลต์จะโผล่ออกมาตามลำห้วย เนื้อหินมองเห็นผลึกด้วยตาเปล่า แสดงว่าเย็นตัวช้าอาจเย็นตัวใต้ผิวโลก มองเห็นผลึกของแร่แพลจิโอเคลสสีขาว นอกจากนั้นเป็นแร่โอลิวีน ขนาดผลึกประมาณ 1 x 1 มิลลิเมตร บางส่วนเปลี่ยนไปเป็นแร่อิดดิงไซต์ (Iddingsite) สีน้ำตาลแดง แร่ไคลโนไพรอกซีน เป็นพวก Phenocrysts มีสีน้ำตาลปนเหลืองมีแร่อะพาไทต์ และเซอร์เพนดีนอีกเล็กน้อย ส่วนแร่ทึบแสง (Opaques) ได้แก่ แร่แมกนีไทต์ เป็นส่วนมาก จัดเป็นหินบะซอลต์ แบบ Hawaiite

4.3 ภูเขาไฟก้อม อยู่ห่างจากอำเภอกันทรลักษณ์ไปทางทิศเหนือประมาณ 3 กิโลเมตร พื้นที่เนินภูเขาไฟมีประมาณ 25 ตารางกิโลเมตร หินภูเขาไฟเป็นหินบะซอลต์เนื้อละเอียด ส่วนใหญ่มีรูพรุนสีเทา-ดำ มีทั้งชนิด Vesicular และ Scoriaceous ปากปล่องช่องปะทุระเบิดอยู่บริเวณตอนกลางของเนินภูเขาไฟซึ่งจะมีพวก Scoriaceous มากกว่าบริเวณอื่น จุดสูงสุดเป็นขอบปล่องช่องปะทุด้านทิศใต้สูงประมาณ 193 เมตร หินบะซอลต์ ประกอบด้วยแร่โอลิวีน เกิดเป็น Phenocrysts ประมาณร้อยละ 15 ในบริเวณหินบะซอลต์ผุแร่โอลิวีนจะเปลี่ยนไปเป็นแร่อิดดิงไซต์ (Iddingsite) สีน้ำตาลแดง พวกหินพื้น (Groundmass) ประกอบด้วยแร่แพลจิโอเคลสเกิดเป็นแท่งเล็กๆ แร่ไครโนไพรอก-ซีนเกิดเป็นเม็ด (Granular) บางแห่งพบเป็นกระจุก (Aggregated) และแร่ทึบแสง (Opaques) เป็นแร่แมกนีไทต์เป็นส่วนมาก หินบะซอลต์ผุสลายตัวเป็นดินสีแดงน้ำตาลเป็นส่วนมาก

4.4 ภูเขาไฟฝ้าย อยู่ทางทิศตะวันออกของอำเภอขุนหาร ประมาณ 10 กิโลเมตร ซากเนินภูเขาที่ปรากฏอยู่มีลักษณะสัณฐานเป็น Volcanic Neck ยาวประมาณ 1000 เมตร กว้างประมาณ 500 เมตร และสูงกว่าที่ราบโดยรอบประมาณ 70 เมตร วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ยอดเนินสูงประมาณ 262 เมตรจากระดับน้ำทะเล จัดเป็นซากภูเขาไฟที่เก่าแก่ที่สุดของเขตอีสานใต้ คือ มีอายุประมาณ 3.78 + 0.48 ล้านปี (Barr And Macdonald, 1981) หินภูเขาไฟที่เย็นตัวบนผิวโลกสลายไปหมดแล้ว จนกระทั่งหินที่เย็นตัวภายในโลก (Hypabyssal) โผล่ออกมาดังปรากฏเป็น Volcanic Neck ดังกล่าว ประกอบด้วย หินไดอะเบส (Diabase) (Jungyusuk และSirinawin, 1983) แต่นักธรณีวิทยาบางท่านจัดเป็นหินนอร์ไรต์ (Norite) ซึ่งเป็นหินแกบโบร (Gabbro) ที่มี

Orthopyroxene มากกว่า Clinopyroxene หรือจัดเป็น Hypersthene-Gabbro นั่นเอง หินไดอะเบสมีสีเทา เนื้อหยาบปานกลาง (Medium-Grained) ผิวหน้าของหินจะผุมองเห็นลักษณะของ Diabase Texture ชัดเจน โดยมีแร่แพลจิโอเคลส เป็นแท่งวางตัวไม่เป็นระเบียบประมาณร้อยละ 50 มีแร่โอลิวีนประมาณร้อยละ 5 ตามขอบผลึกกำลังเปลี่ยนไปเป็นแร่เซอร์เพนดีนสีเขียว มีแร่ไคลโนไพรอกซีน ประมาณร้อยละ 30 มีสีน้ำตาลและแร่อะพาไทต์เป็นแท่งเล็กๆ (Prismatic) ส่วนมากแทรกในแร่แพลจิโอเคลส ส่วนแร่ทึบแสง (Opaque) มีประมาณร้อยละ 10 ส่วนมากเป็นแร่แมกนีไทต์ บริเวณยอดเขาพบ Gabbro Dike หนาประมาณ 1 ฟุต ตัดผ่านหินไดอะเบส จากส่วนประกอบทางเคมีของหินไดอะเบส Barr And Macdonald (1978) จัดให้เป็นพวก Nepheline Mugearite ส่วน Vichit (1975) จัดอยู่ในพวก Nepheline Hawaiite เนื่องจากมี Alkali สูง จึงคิดว่าหินไดอะเบสน่าจะเกิดจากการ Differentiated มาจากหินบะซอลต์ ที่เกิดแบบไหล (Jungyusuk และ Sirinawin, 1983) และเกิดจาก Basaltic Magma แหล่งเดียวกับภูเขาไฟอื่นๆ ตามที่กล่าวมาแล้ว

5. ภูเขาไฟในจังหวัดอุบลราชธานี พบภูเขาไฟ 2 ลูก อยู่ใกล้เขตแดนติดกับจังหวัดศรีสะเกษ ได้แก่ ภูเขาไฟหนองน้ำขุ่น และภูเขาไฟเขาน้อยตีรีบรรพต

5.1 ภูเขาไฟหนองน้ำขุ่น อยู่ใกล้กับบ้านคำสะอาด อำเภอกันทรลักษณ์ เนินภูเขาไฟเป็นเนินขนาดเล็กมีพื้นที่ประมาณ 20 ตารางกิโลเมตร หินภูเขาไฟเป็นหินบะซอลต์มีรูพรุนและผุกลายเป็นดินสีแดงสีน้ำตาล ตามรูหรือโพลงของหินมีแร่แคลไซต์ (Calcite) และแร่ซีโอไลต์ ตกผลึกอยู่ เนื้อหินบะซอลต์ละเอียด (Fine Grained) สีเทาดำ ประกอบด้วยแร่โอลิวีนประมาณร้อยละ 10 มักจะเปลี่ยนไปเป็นแร่เซอร์เพนดีน แร่ไคลโนไพรอกซีน มีประมาณร้อยละ 30 และส่วนมากเป็นพวก Titanaugite สีน้ำตาลอ่อนปนเหลือง แร่แพลจิโอเคลส เป็นแบบแท่ง (Tubular) แร่ซีโอไลต์จะแทรกอยู่ระหว่างแร่แพลจิโอเคลสหรืออยู่ในช่องว่างของก้อนหิน

5.2 ภูเขาไฟน้อยคีรีบรรพต อยู่ทางเหนือของอำเภอน้ำยืน ประมาณ 5 กิโลเมตร ยอดเนินภูเขาไฟสูงประมาณ 270 เมตรจากระดับน้ำทะเล มีสัณฐานค่อนข้างกลมรี อยู่ในแนวเหนือ-ใต้ มีพื้นที่ประมาณ 70 ตารางกิโลเมตร หินภูเขาไฟเป็นหินบะซอลต์สลายตัวกลายเป็นเนินสีแดงเป็นส่วนมาก หินบะซอลต์บริเวณยอดเนิน (ที่ตั้งวัดเขาน้อยคีรีบรรพต) มีรูพรุน (Vesicular Basalt) สีดำ-เทา ผลึกหยาบถึงปานกลาง (Medium-Grained) หินบะซอลต์จะวางทับบนหินทรายหน่วยหินโคกกรวด ประกอบด้วยแร่โอลิวีน เป็นจุดผลึกหยาบ (Phenocryst) หรือผลึกใหญ่มีประมาณร้อยละ 15 และบางส่วนเปลี่ยนไปเป็นเซอร์เพนทีน (Serpentine) และแร่อิดดิงไซต์ (Iddingsite) แร่ไคลโนไพรอกซีน (Clinopyroxene) เป็นแท่งขนาดเล็ก มีสีเหลืองปนน้ำตาล มีแร่แพลจิโอเคลส (Plagioclase)

แร่ซีโอไรต์ (Chlorite) และแร่อะพาไทต์ในปริมาณเล็กน้อย ส่วนแร่ทึบแสง พบแร่แมกนีไทต์ (Magnetite) เป็นส่วนมาก

1.8 คุณค่าของซากภูเขาไฟในเขตอีสานใต้

เศรษฐธรณีวิทยา (Economic Geology)

1. แหล่งพลอยตระกูลคอรันดัม (Corundum) ซึ่งในประเทศไทยพบว่ามีแหล่งกำเนิดสัมพันธ์กับหินบะซอลต์ โดยพบฝังอยู่ในเนื้อหินบะซอลต์ แหล่งที่พบพลอยในเขตอีสานใต้ ได้แก่ เขตภูเขาไฟและพื้นที่โดยรอบเขตภูเขาไฟ ซึ่งเป็นแหล่งสะสมตะกอนที่เกิดจากหินภูเขาไฟ ผุสลายและถูกน้ำพัดพามาจากเขตภูเขาไฟ ได้แก่ พื้นที่เขตแดนระหว่างอำเภอกันทรลักษณ์ ศรีสะเกษ กับอำเภอน้ำยืน อุบลราชธานี อาทิเช่น ห้วยตะแอก (ลำซอม) ห่างจากบ้านด่าน (อำเภอกันทรลักษณ์ ศรีสะเกษ) ไปประมาณ 7 กิโลเมตร พลอยส่วนใหญ่เป็นพวกเพทาย (Zircon) บ้านโนนยาง บ้านโคกสะอาด บ้านตาโกย บ้านตาเกา บ้านดอนโมก และบ้านหนองดุม อำเภอน้ำยืน อุบลราชธานี พลอยส่วนใหญ่เป็นพวกเพทายร้อยละ 70-80 นอกนั้นเป็นพลอยสีน้ำเงิน (Blue Sapphire) พลอยสีเขียว (Green Sapphire) และสีแดง (Ruby) หรือทับทิมอยู่เล็กน้อย ส่วนภูเขาไฟฝ้ายมีผู้พบพลอยพวกโกเมน (Garnet) สีแดงอยู่บ้าง

โดยทั่วไปหินบะซอลต์ที่ให้พลอยจะเป็นชนิด Basanitoid ซึ่งมี Nephelinite, Basanite, Nepheline และ Hawaiite Nepheline Mugearite (Barr And Macdonald, 1978) Basanitoid จะมีสีดำ มีพวกเศษหินอุลตรามาฟิกแทรกอยู่ในเนื้อหิน (Ultramafic Inclusions) และมีผลึกขนาดใหญ่ (Megacrysts) ของแร่ Aluminous Clinopyroxene , Sanidine , Anorthoctase , Black Spinel และ Magnetite ซึ่งแตกต่างจากหินบะซอลต์ที่มให้พลอย จากตัวอย่างของหินบะซอลต์ที่พบในเขตภูเขาไฟของเขตอีสานใต้ที่คาดว่าจะให้พลอยมี 2 ลูก คือ ภูเขาไฟขมิ้น และภูเขาไฟฝ้าย ซึ่งมีส่วนประกอบทางเคมีเป็นพวก Nephellne Hawaiite และ Nepheline Mugearite ตามลำดับ แต่ก็ยังไม่มีการศึกษาและติดตามสำรวจแหล่งพลอยเลย ส่วนบริเวณที่พบแหล่งพลอยในเขตอำเภอน้ำยืนติดต่อกับเขตอำเภอกันทรลักษณ์ดังกล่าว ไม่มีหลักฐานว่าพบหินบะซอลต์ชนิด Basanitoid ก็ตามแต่ Jungyusuk และ Sirinawin (1983) คาดว่า แหล่งพลอยบริเวณดังกล่าวน่าจะเกิดจากหินบะซอลต์ชนิด Basanitoid ในบริเวณใกล้พรมแดนกัมพูชาประชาธิปไตยและอาจเกิดก่อนที่แผ่นดินอีสาน ยกตัวและหลังจากแผ่นดินอีสานยกตัว ทำให้หินบะซอลต์เหล่านี้ผุสลายตัวไป และพลอยที่เกิดอยู่ในหินดังกล่าวถูกน้ำพัดพามาสะสมอยู่ตามลำห้วยต่างๆ ในเขตที่ราบสูงของหมู่บ้านดังกล่าวที่พบพลอยในปัจจุบัน ดังนั้นบริเวณที่พบพลอยเหล่านี้จึงไม่พบเศษหินโผล่ของ Basanitoid

วัสดุก่อสร้าง หินบะซอลต์ เป็นแหล่งหินที่ใช้เป็นวัสดุก่อสร้างที่สำคัญของเขตอีสานใต้ มีการเปิดเหมืองระเบิดและย่อยหินบะซอลต์เพื่อใช้ทำถนนรถยนต์ ทางรถไฟ ตลอดจนเป็นวัสดุผสมซีเมนต์ก่อสร้างอาคารต่างๆ ในเกือบทุกจังหวัดของอีสานใต้ เช่น เหมืองหินบ้านเฉลี่ยทุ่ง อำเภอโชคชัย นครราชสีมา เหมืองหินศิลาเพชร และศิลาทอง บริเวณภูเขาไฟกระโดง อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ เหมืองหินบริเวณภูเขาไฟอังคาร บ้านถาวร อำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์ เหมืองหินบริเวณภูเขาไฟสวาย อำเภอเมืองสุรินทร์ เหมืองหินบ้านโนนทอง บริเวณภูเขาไฟคำเงิน อำเภอกันทรลักษณ์ เหมืองหินที่ภูเขาไฟฝ้าย อำเภอขุนหาร ศรีสะเกษ เป็นต้น การใช้ประโยชน์ของหินบะซอลต์และหินไดอะเบส (Diabase) ของไทยยังมีมูลค่าต่ำอาจไม่เหมาะสมกับคุณค่าทางเศรษฐกิจของหินนัก เช่น หินไดอะเบสที่ภูเขาไฟฝ้าย ไม่ควรนำมาย่อยเป็นหินก่อสร้าง เพราะหินก่อสร้างมีมูลค่าต่ำ แต่ควรนำมาตัดและขัดเป็นหินตกแต่งเช่นเดียวกับหินอ่อน ซึ่งจะมีผลึกสีดำของแร่ไพรอกซีนแทรกอยู่ในกลุ่มผลึกของแร่แพลจิโอเคลส เฟลด์สปาร์ ไม่มีรอยร้าวหรือรอยแตก ใช้เป็นหินประดับที่สวยงามมาก และที่สำคัญก็คือ หินไดอะเบสในประเทศไทยมีน้อยมาก ดังนั้นอย่างน้อยที่สุด ก็ควรสงวนรักษาไว้เพื่อประโยชน์ต่อการศึกษาของชนรุ่นหลังบ้าง ส่วนหินบะซอลต์นอกจากจะนำมาบดและย่อย เพื่อใช้เป็นวัสดุก่อสร้างแล้ว ในต่างประเทศมีการนำมาบดแล้วผสมกับยางมะตอย (Asphalt) ทำเป็นแผ่นกระเบื้องมุงหลังคา (Asphalt Roofing) หรือตัดและขัดเป็นแผ่นใช้ทำเป็นแท่นติดตั้งอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ เครื่องไฟฟ้า อุปกรณ์ไฟฟ้า (Electronic Instruments) เป็นต้น ในประเทศไทยยังไม่มีการผลิตสินค้าเหล่านี้เลย

2. ดินของเขตอีสานใต้ที่สลายตัวมาจากหินภูเขาไฟที่เป็นหินบะซอลต์ ส่วนมากจะจัดอยู่ในอันดับดินเวอร์ติโซลส์ (Over Vertisols) เป็นอันดับดินออกซิโซลส์ (Order Oxisols) หินบะซอลต์และหินไดอะเบส ผุสลายตัวแล้วจะให้ธาตุอาหารพืชปานกลางถึงสูง คือ แร่เฟลสปาร์ จะให้ธาตุแคลเซียม (Ca) โพแทสเซียม (K) แร่โอลิวีน ให้ธาตุเหล็ก (Fe) และแมกนีเซียม (Mg) แร่อะพาไทต์ให้ธาตุฟอสฟอรัส (P) (ตารางที่ 2) ดินอันดับเวอร์ดิโซลเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง มีคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพเหมาะสมในการปลูกข้าวดีมาก ดังนั้นในเขตภูเขาไฟของบุรีรัมย์และสุรินทร์ จึงเป็นแหล่งผลิตข้าวคุณภาพดีแห่งหนึ่งของประเทศ ส่วนดินในอันดับออกซิโซลส์ เช่น ดินในเขตโชคชัย-เสิงสาง นครราชสีมา และอำเภอกันทรลักษณ์ ศรีสะเกษ อำเภอน้ำยืน อุบลราชธานี (ชุดดินโชคชัย) มีสีแดง-น้ำตาล ดินลึก เป็นดินเหนียวที่มีการระบายน้ำดี เหมาะอย่างยิ่งในการปลูกพืชไร่ เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง หอม กระเทียม เป็นต้น และทำสวนผลไม้ถ้ามีความชื้นพอเพียง ดังเช่น สวนเงาะ ทุเรียน ในจังหวัดจันทบุรี และตราด ซึ่งปลูกในเขตออกซิโซลส์ (ชุดดินท่าใหม่) เช่นกัน

3. การท่องเที่ยว เขตภูเขาไฟของอีสานใต้แม้จะเป็นภูเขาไฟที่ดับแล้วไม่มีโอกาสปะทุระเบิดขึ้นมาอีกก็ตาม แต่ร่องรอยในอดีตของภูเขาไฟยังปรากฏให้เห็น เช่น ช่องปะทุระเบิด (Volcanic Vent) เป็นช่องทางที่หินลาวา และเศษหินเถ้าถ่านและฝุ่นภูเขาไฟปะทุดันทะลักออกมาประดุจประตูสู่เมืองนรก ฉะนั้น มีสัณฐานของช่องปะทุระเบิดชัดเจนหลายลูก เช่น ภูเขาไฟกระโดง ภูเขาไฟพนมรุ้ง ภูเขาไฟอังคาร ภูเขาไฟไปรบัด ภูเขาไฟหลุบ ในบุรีรัมย์ ภูเขาไฟสวายที่สุรินทร์ เป็นต้น ร่องรอยการไหลบ่าของมวลหินหลอมละลาย (Lava Flow) ยังมีปรากฏให้เห็น เช่น ภูเขาไฟกระโดง เป็นต้น ปรากฏการณ์ต่างๆ เหล่านี้สามารถกระตุ้นให้ระลึกถึงภาพในอดีตกาลสมัยที่ภูเขาไฟยังทรงพลังอยู่ได้อย่างดีช่วยเร่งเร้าความรู้สึกตื่นตา ตื่นใจ แก่นักท่องเที่ยวได้ดีมาก

4. ภูเขาไฟของเขตอีสานใต้บางลูกที่มีสัณฐานเป็นเขาโดด (Isolated Hill) เด่นตระหง่านมักจะถูกใช้เป็นสถานที่สมมุติว่าเป็นสวรรค์ ตามความเชื่อของศาสนาพราหมณ์ ซึ่งเคยรุ่งเรืองมากในสมัยขอมเรืองอำนาจ อาทิเช่น ยอดภูเขาไฟพนมรุ้งมีปราสาทหินพนมรุ้ง ใช้ทำพิธีกรรมของศิวนิกาย เป็นต้น หรือมีการสร้างวัด เช่น วัดเขาอังคาร วัดเขาน้อยศีรีบรรพต วัดเขากระโดง วัดเขาพนมรุ้ง เป็นการช่วยอนุรักษ์ซากภูเขาไฟ เพื่อประโยชน์ในการศึกษาทางด้านธรณีวิทยา ธรณีสัณฐานวิทยาหรือวิชาทางด้านหินอัคนีที่เย็นตัวนอกผิวโลก (Extrusive Igneous Rocks) วิชาภูเขาไฟวิทยา (Volcanology) เป็นต้น

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ทางเคมีของตัวอย่างหินบะซอลต์ในเขตภูเขาไฟของอีสานใต้ (NR : ครบุรี BR : กระโดง PPA : อังคาร PS : พนมรุ้ง BY : ไปรบัด S : สวาย KH : ภูฝ้าย K : ภูเขาไฟเงิน KM : ขมิ้น NY : น้ำยืน) วิเคราะห์โดย Barr And Macdonald (1978) และ Vichit (1975) และ Vichiznd Other (1978)

	NR-* NR-2*	BR-1* PPA-1 PS-1* PS-2* BY	S-1* KH-1* KH-9** k* KH-2** KM**	NY*	
SiO_2	48.1	48.952.4 51.5 51.5	52.250.4 20.1 50.6 49.52	45.56	SiO2
TiO_2	49.1	52.4	48.26	2.0	TiO2
Al_2O_3	2.2	2.9 2.6 2.8 3.0 2.8	2.4 2.3 2.2 1.6 1.82	15.64	Al2O3
Fe_2O_3	2.1	13.514.4 14.1 14.9	1.65	3.51	Fe2O3
FeO	15.2	14.4	14.5 15.3 15.1 15.7	7.37	FeO
MnO	14.9	4.1 3.5 4.1 5.4 2.9	17.65 17.05	0.15	MnO
MgO	6.0	6.5 5.6 5.1 3.4 6.4	3.8 2.7 2.3 6.6 7.90*	8.22	MgO
CaO	7.8	0.140.12 0.11 0.10	11.23	9.19	CaO
Na_2O	5.2	0.4	5.056.9 6.9 4.1	2.78	Na2O
K_2O	4.3	6.8 5.1 5.1 4.2 5.5	0.110.13 0.13 0.07 0.22	1.81	K2O
P_2O_2	0.17	7.7 6.9 6.8 6.0 7.2	0.25	0.74	P2O3
CO_2	0.15	3.7 4.2 4.0 4.8 4.3	5.7 5.0 5.7 6.0 4.54 5.49	----	CO2

H_2O	5.1	1.8 1.5 1.4 2.3 1.5	6.5 7.7 7.6 7.1 7.66 9.40	0.11	H2O
H_2O	5.3	0.7 0.9 0.8 1.1 0.7	4.9 5.1 5.2 3.5 4.84 4.17	2.35	H2O
	9.1	0.1 n.d 0.3 n.d 0.1	1.7 2.5 2.6 1.5 3.81 1.43		
	9.5	1.1 1.3 1.3 1.6 1.4	0.5 0.7 0.4 0.50 0.19		
	3.3	1.7 1.4 2.4 1.5 1.8	0.2 0.2 0.2		
	4.0		n.d		
	2.4		1.5 1.5 2.0 1.4		
	1.2		1.6 0.4 0.3		
	0.4 0.5		1.2		
	0.1 0.1				
	1.1 0.9				
	1.7 1.0				

2. ประเภทของเนื้อผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

1. เนื้อดินสโตนแวร์

เนื้อผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ โดยทั่วไปมีเนื้อละเอียด หรือหยาบก็ได้ แต่จะมีเนื้อแน่นและแข็งแกร่ง น้ำและของเหลวไม่สามารถซึมผ่านได้ หรือซึมผ่านได้น้อยมาก ทั้งนี้เพราะเผาถึงจุดสุกตัว (Vitreous Ware) ซึ่งส่วนมากจะเผาที่อุณหภูมิ 1,190 - 1,390 องศาเซลเซียส (โคน 5 - 14) สีของผลิตภัณฑ์อาจเป็นสีของดิน คือ สีเทาสีน้ำตาลเมื่อเคาะเสียงจะดังกังวาน

สโตนแวร์เป็นผลิตภัณฑ์เนื้อแกร่งเผาที่อุณหภูมิสูง 1,230-1,300 องศาเซลเซียส เนื้อดินมีสีเทาอ่อนหรือสีน้ำตาลอ่อนทึบแสง มีความแข็งแกร่งทนทาน ดูดซึมน้ำไม่เกิน 3% ลักษณะการปั้นค่อนข้างหนา เสียงเคาะดังกังวานปานกลาง เนื่องจากเผาในอุณหภูมิจนเนื้อดินสุกตัว หลอมตัวกันแน่นเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่ดูดซึมน้ำแม้ว่าจะไม่เคลือบก็ตาม สามารถใช้กับเคลือบที่เผาอุณหภูมิสูงได้ทุกชนิด ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ได้แก่ เครื่องสังคโลก โอ่งมังกร และถ้วยชามที่มีเนื้อดินทึบแสง (ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์. 2541 : 146)

คำว่าสโตนแวร์ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่แกร่ง ไม่มีการดูดซึม หรือดูดซึมน้อย มีน้ำหนักมาก รูปแบบดูหนา ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จะเผาในอุณหภูมิสูง 1,200 องศาเซลเซียสขึ้นไป สีของเนื้อดิน

ส่วนมากมีสีน้ำตาล การเผาจะใช้ได้ทั้งแบบออกซิเดชั่นและรีดักชั่น จุดเด่นคือ การดูดซึมได้น้อย เคาะให้เสียงกังวาน (ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผา. 2544 : 1)

สรุป เนื้อดินสโตนแวร์หมายถึง เนื้อผลิตภัณฑ์ที่เผาในอุณหภูมิสูงตั้งแต่ 1,190 – 1,300 องศาเซลเซียส จนเนื้อดินแกร่งมาก การดูดซึมน้ำน้อยไม่เกินร้อยล่ะ 3 เมื่อเคาะเสียงดังกังวาน เนื้อดินชนิดนี้ใช้ทำผลิตภัณฑ์พวกเครื่องใช้ ของประดับตกแต่งต่าง ๆ

2. การเตรียมเนื้อดินสโตนแวร์

เนื้อเซรามิกส์สโตนแวร์เตรียมได้ 2 ลักษณะ คือ เตรียมจากดินธรรมชาตินำมาปั้นโดยตรง ที่เรียกว่า ดินสโตนแวร์ เนื้อผลิตภัณฑ์อาจมีสีเหลืองฟาง สีน้ำตาล สีเทา เนื่องจากมีตัวลดจุดสุกตัวผสมอยู่ที่จะช่วยให้เนื้อผลิตภัณฑ์หลังเผาแน่น และสุกตัว ผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ ที่ทำขึ้นจากดินธรรมชาติ ได้แก่ โอ่งราชบุรี ผลิตภัณฑ์ด่านเกวียน และผลิตภัณฑ์เซลาดอน (Celadon) ของจังหวัดเชียงใหม่ เป็นต้น ส่วนอีกชนิดหนึ่ง เป็นเนื้อเซรามิกส์ที่เตรียมขึ้น โดยทั่วไปจะประกอบด้วยดิน ร้อยละ 30 – 70 เพื่อให้มีความเหนียว สามารถขึ้นรูปได้ง่าย ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ดินดำ นอกจากนี้มี หินเขี้ยวหนุมาน ร้อยละ 30 – 60 เพื่อเพิ่มความแข็งแกร่งและป้องกันการบิดเบี้ยว อีกทั้ง หินฟันม้า ร้อยละ 5 – 25 เพื่อช่วยให้เนื้อหลอมผลิตภัณฑ์มีเนื้อแน่น เนื้อเซรามิกส์จากการเตรียมขึ้น จะนิยมนำมาใช้ทำเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร เครื่องประดับ อุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นต้น

3. เกณฑ์ตามมาตรฐานเนื้อดินสโตนแวร์

1. การหดตัวของเนื้อเซรามิกส์ภายหลังการเผาอยู่ระหว่าง ร้อยละ 13 - 20

2. ความทนไฟของเนื้อเซรามิกส์สโตนแวร์ จะสามารถทนอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 1,190 องศาเซลเซียส ขึ้นไป

3. ความแข็งแรงของเนื้อดินหลังเผาแกร่งมีค่าเท่ากับ 985 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์. 2541 : 145 – 146)

4. การดูดซึมน้ำของเนื้อดินภายหลังการเผาแกร่ง ร้อยละ 0 - 3 ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม .564 (มอก. 564) (ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผา. 2544 : 95)

3. วัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมเนื้อดิน

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำวัตถุดิบมาเป็นส่วนผสมในการทดลองหาอัตราส่วนผสม เพื่อนำมาเป็นเนื้อดินในการผลิตเซรามิกส์ จึงได้ศึกษาคุณสมบัติเนื้อดินแต่ละชนิดดังนี้

1. ดินขาว (Kaolin) คำว่า เกาลิน (Kaolin) เชื่อกันว่าได้มาจากภาษาจีน Kao Ling ซึ่งหมายถึงที่สูง ๆ (High Ridge) ซึ่งดินขาวนี้ได้ถูกนำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ในประเทศอังกฤษ เพราะมีความบริสุทธิ์สูง และในประเทศอังกฤษก็พบแหล่งดินขาวที่มีสมบัติใกล้เคียง กับดินขาว (Kaolin) จีนในแถบคอร์นวอลล์ (Corn Wall) เรียกกันว่า ไชน่า เคลย์ (China Clay) ซึ่งเป็นการให้เกียรติแก่ประเทศจีนที่พบ Kaolin เป็นครั้งแรก ปัจจุบันก็ยังมีการใช้คำว่า China Clay กันเรื่อยมา อย่างไรก็ตามในที่นี้จะใช้เรียกชื่อดินขาว (Kaolin) เพียงอย่างเดียว ดินขาว (Kaolin) ที่เป็นสารประกอบของ Hydrous Alminium Silicate ดินขาวชนิดนี้ คือ ดินที่เกิดอยู่ในแหล่งที่อยู่เดิม ไม่ถูกตัวกลางพัดพาไปเกิดจากการแปรสภาพของหินฟันม้า (Feldspar) หินแกรนิต (Granite) โดยกระบวนการเปลี่ยนแปลงกาลอากาศ (Weathering) โดยที่มีส่วนประกอบและโครงสร้างของผลึกที่แน่นอน ดินขาว (Kaolin) ที่บริสุทธิ์จะมีสูตรทางเคมีตามทฤษฎี คือ Al_2O_3 39.5% SiO_2 46.5% H_2O 14.0%

นอกจากนี้ยังมีสารประกอบอย่างอื่นที่เกิดตามธรรมชาติปะปนอยู่ด้วย เช่น เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) แคลเซียมออกไซด์ (CaO) แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) และแอลคาไล (Alkalies) ของโพรแทสเซียมออกไซด์ (K_2O) โซเดียมออกไซด์ (Na_2O) ฯลฯ ผลวิเคราะห์ทางเคมีและฟิสิกส์จึงแตกต่างไปจากสูตรทางทฤษฎี

ดังตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์ดินขาวที่ตำบลหาดส้มแป้น อำเภอเมือง จังหวัดระนอง และตำบลบ้านสา อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง ที่ล้างแล้ว

ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์ดินขาวที่ตำบลหาดส้มแป้น อำเภอเมือง จังหวัดระนอง และตำบลบ้านสา อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง ที่ล้างแล้ว

สารประกอบ	ดินขาวจังหวัดระนอง (ร้อยละ)	ดินขาวจังหวัดลำปาง (ร้อยละ)
SiO_2	47.10	59.30

TiO_2	0.05	0.06
Al_2O_3	37.30	27.40
Fe_2O_3	0.88	0.89
CaO	0.04	0.13
MgO	0.05	0.20
K_2O	1.42	5.96
Na_2O	0.08	0.59
L.O.I	13.06	5.43

ดินขาว (Kaolin) เป็นดินที่มีความบริสุทธิ์สูง มีสีขาวทั้งเมื่อแห้งและเมื่อเผา เนื่องจากไม่มีสิ่งเจือปน (Impurities) คือ ออกไซด์ (Oxide) ของโลหะต่าง ๆ เช่น เหล็กออกไซด์ Fe_2O_3 ถึงแม้มีเจือปนอยู่แต่ก็น้อยมาก

ดินขาวนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายทาง รวมทั้งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในเนื้อดินปั้น (Body) ของผลิตภัณฑ์ที่มีสีขาว (Whiteware) ปกติ เมื่อใช้ผสมกับเนื้อดินปั้น (Body) มักจะไม่ใช้ดินขาวอย่างเดียวต้องผสมดินเหนียวอื่น ๆ ลงไปด้วย เนื่องจากดินขาวโดยปกติไม่มีความเหนียว เนื่องจากมีอนุภาคของเม็ดดิน (Particle Size) โตและมีสารอินทรีย์ปนอยู่น้อย จึงทำให้ดินขาวไม่มีความเหนียวและดินขาวมีความทนไฟสูง (High Refractorines) เนื่องจากไม่มีตัวช่วยลดอุณหภูมิ (Flux) ที่เกิดจากสิ่งเจือปน (Impurites) เช่น โซเดียมออกไซด์ (Na_2O) และ โพรแทสเซียมออกไซด์ (K_2O) ทำให้เผาแล้วเยิ้มตัวยาก (Vitrification)

นอกจากนี้ยังมีดินขาวอีกประเภทหนึ่งที่พบในประเทศไทย ที่มีลักษณะคล้าย ๆ กับดินขาว Kaolin ดินขาวชนิดนี้เกิดจากการผุพังสลายตัวของหินปูน เรียกว่า ดินสอพอง หรือดินมาร์ล (Marl) ซึ่งเป็นสารประกอบของแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate) ดินขาวประเภทนี้ไม่สามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นได้ เนื่องจากเมื่อนำไปเผาแล้วจะแตกยุ่ย

แหล่งดินขาวที่สำคัญ ได้แก่ แหล่งดินขาวที่ตำบลหาดส้มแป้น อำเภอเมือง จังหวัดระนอง ตำบลบ้านสา อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง อำเภอตันหยงมัส จังหวัดนราธิวาส และตำบลเขาชะโงก จังหวัดนครนายก

2. ดินดำ (Ball Clay) คือดินขาวที่ถูกพัดพาไปจากแหล่งกำเนิด (Sedimentary Kaolin) แล้วไปตกตะกอนทับถมอยู่ในอีกแห่งหนึ่ง ซึ่งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีบางอย่างขึ้น ทำให้เกิดปริมาณของส่วนที่เป็นดินแท้ (Clay Substance) ขึ้นอีก ปกติแล้วแหล่งดินแบบนี้จะมีความสม่ำเสมอของเนื้อดินดี แต่ก็มีความเปลี่ยนแปลงอนุภาคของเม็ดดินอย่างมากขนาดของเม็ดดินจะเล็กลง จึงทำให้เกิดมีความเหนียวเพิ่มขึ้น รวมทั้งความทนไฟจะต่ำลงและมีสิ่งเจือปนอื่น ๆ ได้แก่อินทรียสารเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) เป็นต้น ทำให้ความขาวของดินสู้ดินขาว (Kaolin) ไม่ได้ ทั้งเมื่อแห้งและเผาแล้วมีความแข็งแรงเมื่อแห้ง (Green Strength) สูง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้ดินเหล่านี้ร่วมกับดินขาว (Kaolin) เพื่อให้เนื้อดินปั้นเกิดความเหนียวง่ายต่อการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ทำให้ดินดำ (Ball Clay) มีความสำคัญไม่น้อยในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

เหตุผลของการใช้ดินดำ (Ball Clay) ผสมลงในเนื้อดินปั้นของผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อดินปั้น สีขาว (Whiteware Body) เพื่อ

1. เพิ่มความสามารถที่จะนำไปใช้งานได้ของเนื้อดินปั้น (Body) เมื่อผสมน้ำแล้วให้เกิดความเหนียว โดยเฉพาะในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์บนแป้นหมุน (Throwing Method) และการขึ้นรูปด้วยมือ (Hand Forming Method)

2. เพิ่มความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ เมื่อแห้งช่วยลดในการสูญเสียในการจับต้องเคลื่อนย้ายไปมา

3. ช่วยเพิ่มการไหลตัว (Fluidity) ในเนื้อดินปั้นสำหรับการขึ้นรูปด้วยการหล่อน้ำดิน (Slip Casting)

4. ดินดำ (Ball Clay) มีสิ่งเจือปนได้แก่ วัตถุที่เป็นอินทรียสาร (Organic Material) และตัวช่วยลดอุณหภูมิ (Flux) บางชนิดซึ่งช่วยลดอุณหภูมิในการเผาให้ต่ำลง เพื่อทำให้เนื้อดินนั้นสุกตัว

ข้อเสียของดินดำ Ball Clay) โดยทั่ว ๆ ไปแล้วดินดำมักจะประกอบด้วยสิ่งเจือปนหลายๆ อย่าง เช่น เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) เมื่อเผาแล้วสีไม่ค่อยขาวนัก ในการใช้ดินดำเพียงเล็กน้อยจะลดความโปร่งแสงของเนื้อดินปั้น (Body) ให้ต่ำลง ปกติแล้วจะหลีกเลี่ยงการใช้ดินดำในเนื้อดินปั้นที่ต้องการความโปร่งแสงมาก ๆ และมีการหดตัวเมื่อแห้งสูง

ลักษณะของดินดำโดยทั่ว ๆ ไปที่สำคัญ คือมีเม็ดผลึก (Crystal Size) เล็กกว่าดินขาวมาก ทำให้เกิดการเกาะตัวระหว่างผลึกดีขึ้น ดินดำมีความเหนียวมาก แร่ธาตุอื่น ๆ ซึ่งพบได้ในดินดำ เช่น

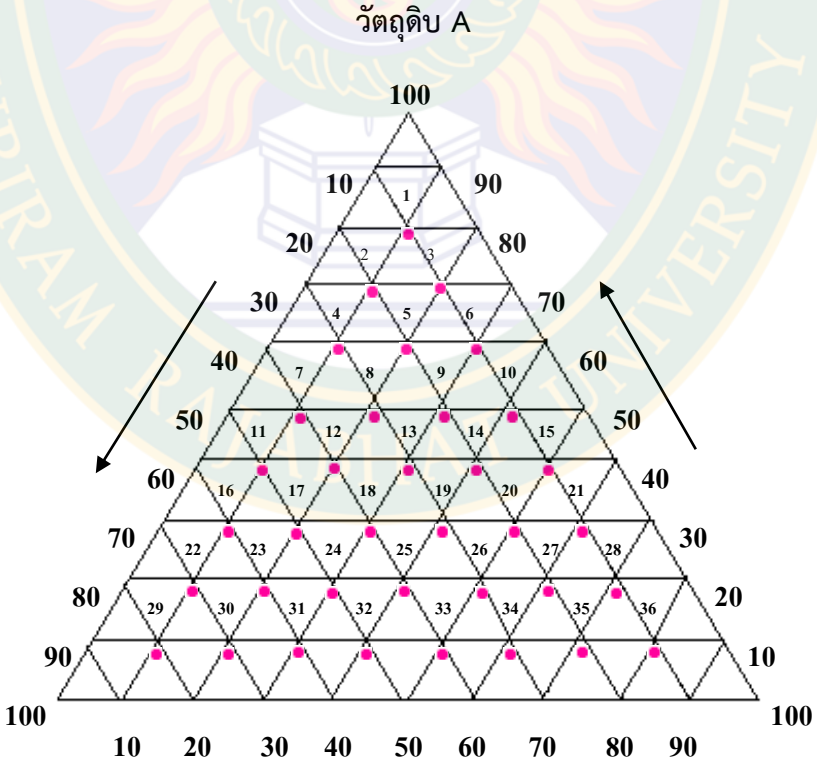
หินเขี้ยวหนุมาน (Quartz) ไมกา (Mica) และเหล็กซัลไฟด์ Ferrous Sulphide, FeS) แต่จะมีหินฟันม้า (Feldspar) เจือปนอยู่น้อยมาก

แหล่งดินดำที่สำคัญ ได้แก่ แหล่งดินดำ อำเภอบ้านนาสาร อำเภอเวียงสระ อำเภอกาญจดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี อำเภอวังเหนือ อำเภอแม่เมาะ อำเภอห้างฉัตร อำเภอแจ้ห่ม และอำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง ซึ่งดินดำจังหวัดสุราษฎร์ธานีมีลักษณะเป็นสีดำเข้มมากกว่าดินดำลำปาง แต่ดินดำลำปางสามารถนำไปใช้ผสมเป็นเนื้อดินปั้นได้หลากหลายกว่าในการทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

4. การหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดิน

หลักการผสมวัตถุดิบ 3 ชนิด โดยใช้ตารางสามเหลี่ยม โดยกำหนดให้ใช้วัตถุดิบหลัก 3 ชนิด คือ ตัวอย่าง วัตถุดิบ A วัตถุดิบ B และวัตถุดิบ C ดังอธิบายในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบบนตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า ซึ่งประกอบไปด้วยจุดส่วนผสมจำนวน 36 จุด (36 สูตร) (ที่มา ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์ . 2541 : 272)



ตารางที่ 6 แสดงอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบบนตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า

จุดที่	วัตถุดิบ A	วัตถุดิบ B	วัตถุดิบ C	รวม
1	80	10	10	100
2	70	10	20	100
3	70	20	10	100
4	60	10	30	100
5	60	20	20	100
6	60	30	10	100
7	50	10	40	100
8	50	20	30	100
9	50	30	20	100
10	50	40	10	100
11	40	10	50	100
12	40	20	40	100
13	40	30	30	100
14	40	40	20	100
15	40	50	10	100
16	30	10	60	100
17	30	20	50	100
18	30	30	40	100
19	30	40	30	100
20	30	50	20	100
21	30	60	10	100
22	20	10	70	100

23	20	20	60	100
24	20	30	50	100
25	20	40	40	100
26	20	50	30	100
27	20	60	20	100
28	20	70	10	100
29	10	10	80	100

ตารางที่ 6 (ต่อ)

จุดที่	วัตถุดิบ A	วัตถุดิบ B	วัตถุดิบ C	รวม
30	10	20	70	100
31	10	30	60	100
32	10	40	50	100
33	10	50	40	100
34	10	60	30	100
35	10	70	20	100
36	10	80	10	100

ขั้นตอนในการเตรียมตัวอย่าง

คำนวณปริมาณวัตถุดิบตามอัตราส่วนแต่ละจุด ชั่งวัตถุดิบตามอัตราส่วน บดเนื้อดินด้วยโกร่งบดมือ บดแห้งให้วัตถุดิบเข้ากัน 15 นาที ปริมาณน้ำที่ใช้เบื้องต้นทุกจุดจะใช้น้ำร้อยละ 30และสารช่วยกระจายตัวร้อยละ 0.3 คนให้เข้ากันก่อน แล้วค่อยโรยเนื้อดินลงในน้ำ เพิ่มน้ำหรือสารช่วยกระจายตัวเมื่อเนื้อดินข้นเกินไป จดบันทึกปริมาณน้ำที่ใช้ บันทึกปริมาณสารช่วยกระจายตัว บันทึกค่าความถ่วงจำเพาะ จากนั้นทำการหล่อแท่งทดสอบ ถ้าต้องการทำแท่งทดสอบหลายชุด ให้เพิ่มปริมาณวัตถุดิบตามอัตราส่วน

การเผาแผ่นทดสอบ

นำแผ่นทดสอบที่แห้งสนิทแล้ว ไปเรียงไว้บนแผ่นรองเตาเผาซิลิกอนคาร์ไบด์ (SiC) ควรโรยผงอะลูมินาไว้บนแผ่นรองเตาเผาด้วย เพราะบางตัวอย่างอาจหลอมละลายติดแผ่นรองเตาเผาได้ เมื่อเรียงแผ่นทดสอบครบทุกตัวอย่างแล้ว นำไปเผาในอุณหภูมิและบรรยากาศที่ต้องการทดสอบ

เผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส 2 ชุด

เมื่อถึงอุณหภูมิสูงสุดของการเผาแช่อุณหภูมิทิ้งไว้ 15 นาทีทุกเตา

5. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

การขึ้นรูปจัดได้ว่าเป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญในขบวนการผลิตเครื่องปั้นดินเผา เพราะการแปรสภาพจากวัตถุดิบหรือเนื้อดินปั้นไปเป็นตัวผลิตภัณฑ์ การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี การกำหนดหรือเลือกวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาขึ้นอยู่กับความเหมาะสมหลายประการ เช่น ปริมาณการผลิต รูปทรงของผลิตภัณฑ์ เป้าหมายการผลิต และความเหมาะสมของเนื้อดินปั้น (สาธร ชลชาติภิญโญ. 2538 : 17 – 18) การเตรียมเนื้อดินปั้นต้องสอดคล้องกับวิธีการขึ้นรูป ลักษณะวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาจะเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลัก 2 อย่าง คือ ความเหนียวและปริมาณน้ำที่มีอยู่ในเนื้อดินปั้น

ได้แบ่งวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้

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

5. การขึ้นรูปด้วยดินผงแห้ง (Dry)

จากวิธีการขึ้นรูปดังกล่าว สามารถจัดเตรียมเนื้อดินปั้นเพื่อให้เหมาะสมกับการขึ้นรูปได้หลายแบบด้วยกันดังนี้

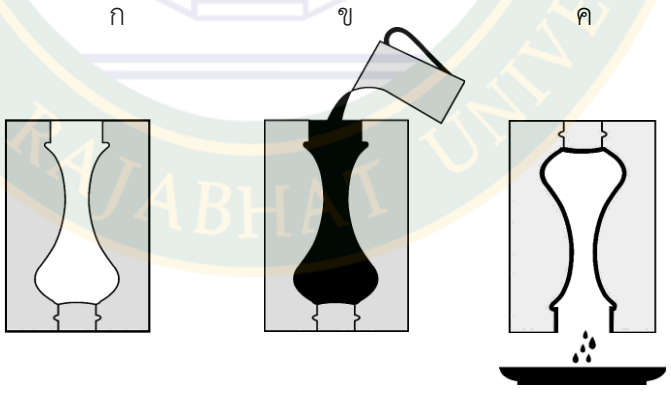
1. ดินแห้ง ดินผง (Powder clay) เนื้อดินปั้นสภาพนี้มีอัตราส่วนผสมของน้ำอยู่ประมาณร้อยละ 5 – 16 (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 21) เหมาะสมกับการขึ้นรูปด้วยวิธีการอัด (Pressing) ผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยวิธีนี้ ได้แก่ กระเบื้องปูพื้น กระเบื้องประดับ เป็นต้น

2. ดินปั้นหรือดินที่มีความเหนียว (Plastic clay) เนื้อดินปั้นสภาพนี้เหมาะสมกับการขึ้นรูปแบบอิสระ (Hand forming) แบบแป้นหมุน (Throwing) แบบรีด (Extruding) และแบบใบมีด (Jiggering) ผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยวิธีเหล่านี้ ได้แก่ งานศิลป์ แจกันอิฐมอญ จาน เป็นต้น

3. น้ำดิน เนื้อดินปั้นสภาพนี้เป็นส่วนผสมที่ได้จากเตรียมดินกับน้ำในสัดส่วนที่เหมาะสม โดยมีสารเคมีบางชนิดเป็นตัวช่วยให้น้ำดินกระจายตัวหรือลอยตัวได้ดีในน้ำ (ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาภาคเหนือ. 2539 : 44) ทำให้น้ำดินมีคุณสมบัติไหลตัวดีขึ้น โดยใช้ปริมาณน้ำน้อยลง เนื้อดินปั้นสภาพนี้เหมาะสมกับการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อ ซึ่งเป็นวิธีการผลิตแบบอุตสาหกรรมวิธีหนึ่ง ผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยวิธีนี้ ได้แก่ แจกัน จาน ชาม ถ้วย สุขภัณฑ์ เป็นต้น

การขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อต้องอาศัยพิมพ์ซึ่งทำจากปูนปลาสเตอร์ (Plaster mold) เป็นหลัก เพราะปูนปลาสเตอร์มีคุณสมบัติช่วยดูดน้ำจากน้ำดินให้แห้งและคงรูปตามแบบของพิมพ์ การขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

1. การหล่อกลวง (Drain or hollow casting) หมายถึง การเทน้ำดินลงในพิมพ์ทิ้งไว้ระยะเวลาหนึ่งให้พิมพ์ดูดน้ำออกจากดิน เมื่อได้ความหนาตามความต้องการเทน้ำดินที่เหลือออกจากพิมพ์ ดังภาพที่ 1



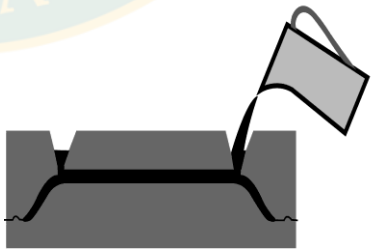
ง จ ฉ

ภาพที่ 1 การขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อกลวง (ที่มา ปราโมทย์ ปิ่นสกุล . 2548)

(ก) พิมพ์ที่ประกอบแล้ว
(ข) การเทน้ำดินลงในพิมพ์
(ค) เมื่อได้ความหนาตามความต้องการเทน้ำดินที่เหลือออกจากพิมพ์
(ง) ตัดขอบปากเมื่อดินแข็งตัวแล้วจึงถอดออกจากพิมพ์
(จ) ผลิตภัณฑ์หลังถอดออกจากพิมพ์
(ฉ) ผลิตภัณฑ์ที่ตกแต่งเรียบร้อยแล้ว

2. การหล่อตัน (solid casting) หมายถึง การเทน้ำดินลงในพิมพ์โดย ให้น้ำดินที่เทลงในพิมพ์เกิดการแข็งตัวอยู่ในพิมพ์ และได้รูปร่างผลิตภัณฑ์ตามแบบของพิมพ์โดยไม่มีการเทน้ำดินออกจากพิมพ์ ดังตัวอย่างการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อตัน ดังภาพที่ 2

ก



ข

ภาพที่ 2 แสดงการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อตัน (ที่มา ปราโมทย์ ปิ่นสกุล . 2548)

(ก) พิมพ์ที่ประกอบแล้ว (ข) การเทน้ำดินลงพิมพ์
(ค) ปล่อยน้ำดินไว้ในพิมพ์ (ง) ผลิตภัณฑ์ดิบที่ตกแต่งเรียบร้อยแล้ว

การหล่อตันในปัจจุบันได้พัฒนาการหล่อให้ก้าวหน้าขึ้น โดยใช้แรงดันฉีดน้ำดินเข้าไปในพิมพ์ น้ำดินจะถูกเก็บอยู่ในถังสุญญากาศซึ่งควบคุมความดันได้ โดยแท่นหล่อนี้มีเกลียวขัน เพื่อยึดพิมพ์แต่ละแถวให้แน่น น้ำดินจะถูกฉีดเข้าไปในพิมพ์ทั้งแถวจากด้านล่าง การหล่อตันด้วยวิธีใช้แรงดันนี้ดีกว่าการหล่อตันแบบธรรมดา เพราะระยะเวลาในการหล่อสั้นสามารถผึ่งแห้งชิ้นงานเร็วขึ้น ชิ้นงานมีเนื้อแน่นและแกร่งก่อนเผา การหดตัวน้อยลง ลดการบิดเบี้ยวหลังเผา ทำให้ชิ้นงานไม่มีฟองอากาศ ลดรูฟองอากาศในเนื้อดินปั้น และลดรูตามดบนผิวเคลือบ (ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์. 2541 : 115) แต่พิมพ์ที่ใช้ในการหล่อตันด้วยวิธีใช้แรงดัน มีอายุการใช้งานสั้นกว่าพิมพ์ที่ใช้ในการหล่อกลวง และการขึ้นรูปด้วยวิธีนี้ ไม่เหมาะสมกับการหล่อชิ้นงานขนาดใหญ่ ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเกิน 10 นิ้ว

ปกติดินสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อ จะประกอบด้วยวัตถุดิบหลายชนิดผสมเข้าด้วยกัน เช่น ดินขาว ดินเหนียวดำ หินฟันม้า และหินเขี้ยวหนุมาน เป็นต้น นำมาบดผสมโดยผสมน้ำลงไปประมาณร้อยละ 30 – 50 โดยน้ำหนักของเนื้อดินปั้น การผสมน้ำในดินที่ใช้ในการหล่อกลวง ควรมีความถ่วงจำเพาะระหว่าง 1.65 – 1.80 ส่วนน้ำดินที่ใช้ในการหล่อตัน ควรมีความถ่วงจำเพาะระหว่าง 1.75 – 1.95 (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2532 : 135) ทั้งนี้โดยเติมสารช่วยการกระจายตัว (Defloculant)

เช่น โซเดียมซิลเกต (Sodium silicate) สูตรทางเคมี คือ $Na_2 Sio_3$ ผสมประมาณร้อยละ 0.20 – 0.50 เพื่อช่วยให้น้ำดินเกิดการกระจายตัวได้ดี (สาธร ชลชาติภิญโญ. 2538 : 18)

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดการขึ้นรูปชิ้นทดลองและผลิตภัณฑ์ตัวอย่างด้วยวิธีการหล่อน้ำดิน เพื่อให้ได้ชิ้นทดลองที่เท่ากันและเหมือนกัน เพื่อความเหมาะสมกับการทดสอบทางคุณสมบัติทางกายภาพ และเพื่อให้ผลการวิจัยมีความเที่ยงตรง เนื่องจากการหล่อจะได้ชิ้นงานที่มีขนาดเท่ากันและรูปร่างเหมือนกัน การขึ้นรูปด้วยวิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมนำมาใช้ในการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกส์ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้กำหนดการใช้สารกระจายตัว คือ โซเดียมซิลิเกต เติมผสมในน้ำดินเพื่อทำให้น้ำดินไหลตัวได้ดี ในการวิจัยครั้งนี้มีวิธีการทดสอบมาตรฐานน้ำดินหล่อดังต่อไปนี้

การทดสอบน้ำดินหล่อ

น้ำดินหล่อที่เตรียมแล้ว ควรมีการทดสอบคุณภาพโดยละเอียดก่อนนำไปใช้งาน เพื่อควบคุมคุณภาพของน้ำดินหล่อให้มีมาตรฐานเดี่ยวกัน เช่น ตรวจสอบค่าความหนาแน่นของเนื้อดินหรือค่าความถ่วงจำเพาะ ค่าการไหลตัวของน้ำดิน น้ำดินแข็งเป็นวุ้นเร็วเกินไปหรือไม่ น้ำดินมีอัตราการหล่อและถอดแบบได้เร็ว ผลิตภัณฑ์ที่หล่อเสร็จแล้วมีความแข็งแรงขณะที่ผึ่งแห้ง มีการหดตัวน้อยไม่บิดเบี้ยวหรือแตกร้าวได้ง่าย เป็นต้น

ความหนาแน่น (Density)

น้ำดินที่มีค่าความหนาแน่นสูง มีความเข้มข้นมากกว่าน้ำดินที่มีค่าความหนาแน่นต่ำ ค่าความหนาแน่น (D) หมายถึงค่าของมวลต่อปริมาตร

$$D = \frac{\text{มวลน้ำหนัก (กรัม)}}{\text{ปริมาตร (ลิตร)}}$$

<u>ตัวอย่าง</u> น้ำดิน 1 ลิตร(1,000cc.)มีน้ำหนัก 1,700 กรัม

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{1700}{1000}$$

ค่าความหนาแน่น (D) = 1.7 กรัม / cc.

การหาค่าความหนาแน่นของน้ำดิน ถ้านำมาชั่งน้ำหนักและปริมาตรทั้งหมดของวัตถุดิบไม่สะดวกและทำได้ยาก มีวิธีหาค่าความหนาแน่นของน้ำดิน โดยวิธีง่ายๆ 2 วิธีคือ

1. วัดด้วยเครื่องไฮโดรมิเตอร์ มีหน่วยวัดเป็น (Be' โบรเม่) มีค่า 1.00 – 2.00 วิธีใช้แท่งไฮโดรมิเตอร์ จับด้วย 2 นิ้ว ในแนวดิ่งตรงด้านปลายอยู่เหนือของเหลวที่จะวัดประมาณ ½" ปล่อยนิ้วออกจากแท่งไฮโดรมิเตอร์ช้าๆ ให้จมลงไปในของเหลวด้วยน้ำหนักของตัวมันเองทิ้งไว้ประมาณ 3 – 5 นาที อ่านค่าที่ได้ ควรเช็ดแท่งไฮโดรมิเตอร์ด้วยผ้าชื้นๆ ก่อนใช้งาน การวัดด้วยแท่งไฮโดรมิเตอร์สะดวกทำได้ง่าย แต่มีความผิดพลาดสูง ถ้าใช้ไม่ถูกวิธี

2. วัดด้วยวิธีการชั่งน้ำหนัก ตวงด้วยเหยือกตวง 1 ลิตร นำไปชั่งน้ำหนักแล้วหารด้วย 1,000 กรัม ออกมาเป็นค่าความถ่วงจำเพาะ หรือใช้หลอดตวง 100 ml. หักน้ำหนักหลอดออก จะได้ค่าความถ่วงจำเพาะต่อปริมาตรของวัตถุดิบ 100 cc. นำมาหารด้วย 100 จะเป็นค่าความถ่วงจำเพาะได้น้ำหนักเป็นกรัม / cc.

อัตราการหล่อ (Casting rate)

ส่วนการทดสอบน้ำดินหล่อสำหรับผลิตภัณฑ์ขนาดเล็ก ให้เตรียมแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์รูปทรงเดียวกัน 3 ชุด เพื่อจับเวลาการหล่อ โดยเทพิมพ์ทั้ง 3 ชุดพร้อมกัน

- พิมพ์ชุดที่ 1 เมื่อครบเวลา 10 นาที เทน้ำดินออก
- พิมพ์ชุดที่ 2 เมื่อครบเวลา 20 นาที เทน้ำดินออก
- พิมพ์ชุดที่ 3 เมื่อครบเวลา 30 นาที เทน้ำดินออก

เมื่อดินเริ่มแข็งตัวถอดชิ้นงานออกจากแบบพิมพ์แล้ว นำชิ้นงานมาผ่าแล้ววัดความหนาของชิ้นงานแต่ละชิ้น บันทึกผลการทดสอบลงในรายงาน ระยะเวลาในการหล่อ จะเป็นสัดส่วนกับกำลังสองของความหนาที่ต้องการ ถ้าต้องการความหนาของชิ้นงานเพิ่มขึ้น จะต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้นเป็นทวีคูณ

6. การทดสอบสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน

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

การทดสอบคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นมีความสำคัญมาก ทำให้สามารถจำแนกความแตกต่างของเนื้อดินปั้นแต่ละชนิดได้ และยังสามารถนำผลต่างของคุณสมบัติไปใช้ในการตัดสินใจที่จะเลือกเนื้อดินปั้นให้เหมาะสมกับลักษณะงานแต่ละประเภทได้อย่างถูกต้องอีกด้วย ซึ่งโดยปกติการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

การตรวจสอบคุณสมบัติก่อนการเผา

การตรวจสอบคุณสมบัติหลังการเผา

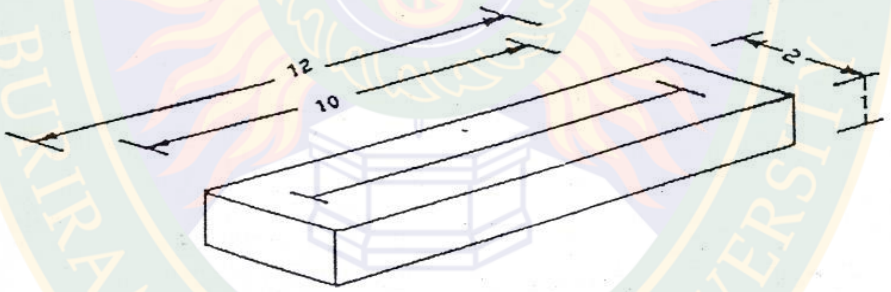
สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นเฉพาะการตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ ดังนี้

1. การทดสอบความเหมาะสมในการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อ โดยปกตินำ้ดินที่นำมาขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อนั้น จำเป็นต้องเตรียมดินกับน้ำในสัดส่วนที่เหมาะสม มีการกระจายตัวที่ดี จึงจะมีคุณสมบัติไหลตัวที่ดี ทำให้หล่อง่าย การพิจารณาจากความง่ายในการถอดชิ้นงานจากพิมพ์ ไม่ติดพิมพ์ ไม่แตกร้าวหรือเกิดการสูญเสียในการผลิต

2. ทดสอบการหดตัวของเนื้อดินปั้น เนื้อดินปั้นที่มีการหดตัวมากย่อมเป็นสาเหตุอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดการแตกร้าว การงอ และการบิดเบี้ยวของผลิตภัณฑ์ การทดสอบการหดตัวของเนื้อดินปั้นหลังการเผาสามารถทำได้ดังนี้

2.1 นำเนื้อดินปั้นที่เตรียมแล้วมาทำเป็นชิ้นทดลอง โดยวัดเป็นความยาว 12 เซนติเมตร กว้าง 2 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร

2.2 ทำเครื่องหมายบนผิวชิ้นทดลอง โดยวัดเป็นความยาว 10 เซนติเมตร



ภาพที่ 3 แสดงชิ้นทดลองการหดตัวของเนื้อดิน (ที่มา ปราโมทย์ ปิ่นสกุล . 2548)

2.3 นำชิ้นทดลองไปผึ่งให้แห้งแล้วนำเข้าเผาตามอุณหภูมิที่กำหนด

2.4 วัดความยาวของเครื่องหมายบนชิ้นทดลองที่ทำไว้ภายหลังจากที่เผาแล้ว

2.5 คำนวณหาร้อยละของการหดตัวของเนื้อดินปั้นหลังเผาโดยใช้สูตร ดังนี้

ที่มา (ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์. 2541 : 260)

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

3. ความทนไฟของเนื้อดินปั้น เป็นการทนสอบหาค่าการยุบตัวของเนื้อดินปั้นเนื่องจากเป็นเนื้อดินปั้นแต่ละชนิดจะมีจุดสุกตัวไม่เท่ากัน ระยะเวลาในการเผาต่างกัน เนื้อดินบางชนิดสามารถทนต่อช่วงการเผาได้ยาว เนื้อดินบางชนิดมีช่วงการเผาสั้น เมื่ออุณหภูมิสูงเนื้อดินจะเกิดการหลอมละลายและอ่อนตัว เนื่องจากในเนื้อดินปั้นมีวัตถุดิบเป็นตัวช่วยหลอมละลาย เช่นหินฟันม้า แคลเซียมคาร์บอเนตและเหล็กออกไซด์ วัตถุดิบเหล่านี้เป็นตัวช่วยให้เนื้อดินมีจุกสุกตัวในอุณหภูมิที่ต้องการ แต่ถ้าเผาเกินอุณหภูมิ เนื้อดินปั้นก็จะอ่อนตัวลงอย่างรวดเร็ว การทดสอบหาค่าการยุบของเนื้อดินปั้นนี้สามารถเปรียบเทียบค่าความทนไฟของเนื้อดินชนิดต่าง ๆ ได้ (ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์. 2541 : 259) วิธีการทดสอบมีดังต่อไปนี้ (สาธร ชลชาติภิญโญ. 2538 : 25)

3.1 นำเนื้อดินปั้นที่เตรียมไว้มาทำชิ้นทดลองเป็นทุนทนไฟ ให้มีขนาดเท่ากับทุนทนไฟขนาดใหญ่ตามมาตรฐานของเซเกอร์ แล้วผึ่งให้แห้ง

3.2 นำชิ้นทดลองเข้าเตาเผาใช้ระดับอุณหภูมิ ในการเผาสูงจนชิ้นทดลองหลอมละลายล้มลงราบกับพื้น บันทึกอุณหภูมิที่วัดได้ ซึ่งเป็นค่าความทนไฟของเนื้อดินปั้นของเนื้อดินปั้นที่นำมาทดสอบ

สำหรับการทดลองครั้งนี้ จะเผาชิ้นทดลองในระดับอุณหภูมิที่กำหนดคือ 1,100 องศาเซลเซียส เพื่อดูว่าอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ทดลองจะสามารถทนต่อระดับอุณหภูมิที่กำหนดได้หรือไม่

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

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

5. ความแข็งแรง ทำได้ 2 ขั้นตอน

5.1 การทดสอบความแกร่งก่อนเผา (Green strength)

5.2 การทดสอบความแกร่งหลังเผา (Fired strength)

การทดสอบความแกร่งก่อนเผา

การทดสอบความแกร่งก่อนเผาเป็นการหาค่าความเหนียวและค่าความละเอียดของเนื้อดินทางอ้อม เนื้อดินที่มีความละเอียดมากจะมีความแกร่งสูงดินที่พบในแหล่งใหม่สามารถนำมาเปรียบมาตรฐานเดิม ถ้าผลที่ได้ออกมาใกล้เคียงก็สามารถนำมาใช้แทนกันได้อย่างปลอดภัย

การเตรียมตัวอย่างเพื่อการทดสอบควรทำตามกรรมวิธีการผลิตด้วย เช่น ดินที่ขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อน้ำดิน แท่งทดสอบจะต้องหล่อขึ้นรูปด้วย เป็นต้น

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

สูตร การคำนวณค่าความแกร่งของแท่งทดสอบสี่เหลี่ยม

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

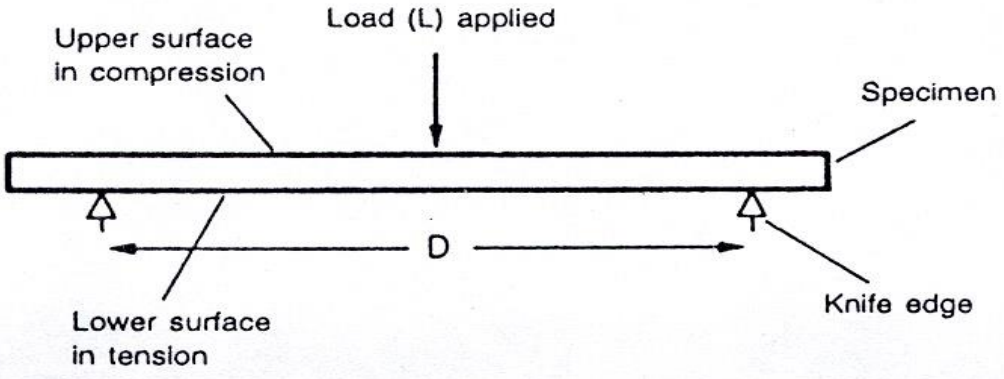
L = ค่าน้ำหนักแรงกดที่หัก

D = ระยะห่างของลิ่มที่รองรับแผ่น

b = ความกว้างของแผ่นทดสอบ

d = ความหนาของแผ่นทดสอบ

หมายเหตุ หน่วยที่ใช้คำนวณเป็นเซนติเมตรและกิโลกรัม ค่าที่ได้เป็นกิโลกรัม / ตารางเซนติเมตร



ภาพที่ 4 การทดสอบค่าแกร่งของเนื้อดินก่อนเผา – หลังเผา (ที่มา ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์. 2541 : 265)

ตารางที่ 7 แสดงความแกร่งของดินชนิดต่าง ๆ ก่อนเผา

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

(ที่มา ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์. 2541 : 265)

การทดสอบความแข็งแรงหลังเผา นำแผ่นทดสอบที่ผ่านการเผาในอุณหภูมิที่ต้องการทดสอบมาทดสอบค่าความแกร่งหลังเผาแต่ละอุณหภูมิ เพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานเดิม

6. การดูดซึมน้ำ การทดสอบการดูดซึมน้ำของเนื้อดินปั้น เป็นวิธีที่จะช่วยให้เราทราบว่าเนื้อดินปั้นนั้นเผาถึงจุดสุกตัวหรือไม่ เนื้อดินปั้นที่มีความพรุนตัวมากจะดูดซึมน้ำได้มาก เนื้อดินปั้นที่มีความพรุนน้อยก็จะดูดซึมน้ำได้น้อย วิธีการหาร้อยละของการดูดซึมน้ำของเนื้อดินปั้นมีวิธีการดังนี้

6.1 นำชิ้นทดลองที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิที่กำหนดอย่างต่ำ 5 ชิ้นไปอบให้แห้งสนิทที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส หรือ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อชิ้นทดลองเย็นลง นำไปชั่งนำหนักแห้งก่อนการดูดซึมน้ำ และจดบันทึกค่าน้ำหนักแห้งไว้

6.2 นำชิ้นทดลองไปต้มในจุดน้ำเดือดเป็นเวลา 5 ชั่วโมง และทิ้งไว้ให้เย็นลง โดยแช่ทิ้งไว้ในน้ำอีก 24 ชั่วโมง

6.3 นำชิ้นทดลองขึ้นมา แล้วใช้หมาด ๆ ซับผิวทดสอบให้ทั่ว แล้งชั่งน้ำหนักเพื่อหาจุดอิ่มตัวของชิ้นทดลองจดบันทึกไว้

6.4 นำมาคำนวณตามสูตร ทุกตัวอย่างแล้วหาค่าเฉลี่ย

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

= ค่าร้อยละของการดูดซึมน้ำ

7. การออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้อาศัยหลักการและทฤษฎี เพื่อสร้างกรอบแนวคิดในการออกแบบเครื่องปั้นดินเผา จึงได้ศึกษาแนวทางในการออกแบบเครื่องปั้นดินเผาดังนี้

ปัจจุบันนี้ในโรงงานอุตสาหกรรม และอุตสาหกรรมพื้นบ้าน มักมีการศึกษาค้นคว้าออกแบบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาอยู่เนือง ๆ ทั้งนี้เพื่อต้องที่จะให้เกิดการพัฒนาด้านรูปทรง (รูปแบบ) ของผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมตามการพัฒนาด้านรูปทรงของผลิตภัณฑ์ให้ทันกับความต้องการของตลาดและประชาชนทั่วไป จึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาค้นคว้าจากรูปทรงที่หลงเหลือจากอดีตมาถึงปัจจุบัน (ทรงพันธ์ วรรณมาศ. 2530 : 87)

การผลิตเครื่องปั้นดินเผาในยุคเริ่มแรก ผู้ผลิตมักจะออกแบบขึ้นเองตามความชำนาญที่เกิดจากประสบการณ์ในการทำงานโดยมิได้ยึดถือหลักเกณฑ์ใดในการออกแบบ ประกอบกับผู้ผลิตยังมีจำนวนน้อย ดังนั้นไม่ว่าผลิตภัณฑ์จะมีรูปร่างอย่างไร ประโยชน์ใช้สอยมากน้อยเพียงใดก็มักเป็นที่นิยมของตลาดอย่างไม่อาจปฏิเสธได้ แต่ในปัจจุบันการผลิตเครื่องปั้นดินเผามีจำนวนมากขึ้นเป็นเงาตามตัว เพื่อดึงดูดใจผู้ซื้อให้หันมานิยมสินค้าของตน

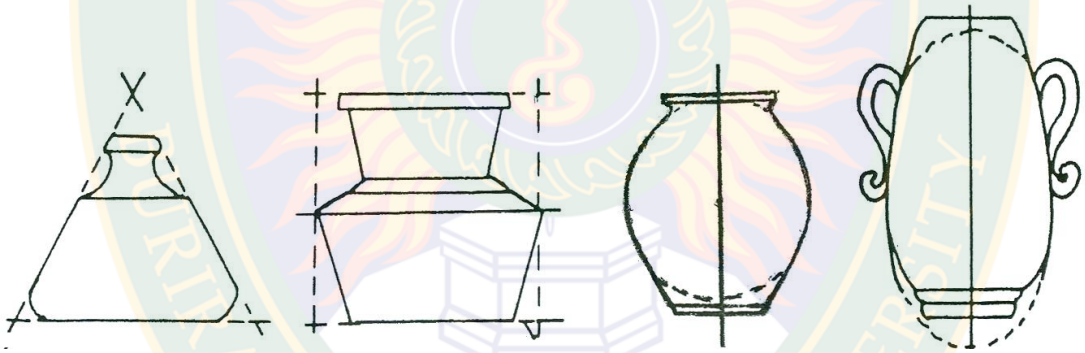
การออกแบบเครื่องปั้นดินเผา แบ่งออกเป็น 2 ภาคใหญ่ ๆ คือการออกแบบโครงสร้าง และการออกแบบตกแต่ง (ศักดิ์ชัย เกียรตินาคินทร์.2537 : 145)

ในงานเครื่องปั้นดินเผาสัดส่วนจึงเป็นสิ่งที่ต้องคำนึง เมื่อมีการเทียบสัดส่วนของส่วนประกอบกับสัดส่วนของรูปทรงของเครื่องปั้นดินเผาเอง หรือกลุ่มของงานเครื่องปั้นดินเผาเองโดยส่วนรวม ซึ่งจะต้องสัมพันธ์กลมกลืนกันได้โดยตลอด แต่การที่จะทำให้เกิดสัดส่วนของงานเครื่องปั้นดินเผาที่ดีนั้นมีเหตุผลที่เกี่ยวข้องกับสัดส่วน ดังนี้

1. รูปร่าง (Shape) ของงานเครื่องปั้นดินเผาหรือส่วนประกอบโดยอาศัยหลักเรขาคณิต
2. การเลือกใช้โครงสร้างและวัสดุ (Structure & Material)
3. ลักษณะของการใช้สอย (Use) และขนาด โดยอาศัยหลักเกณฑ์จากร่างกายมนุษย์
4. ความสัมพันธ์ของรูปทรงหรือส่วนประกอบของงานเครื่องปั้นดินเผา (Harmony)
5. ความสัมพันธ์กับแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity)

รูปร่าง (Shape) ของงานเครื่องปั้นดินเผาหรือส่วนประกอบโดยอาศัยหลักเรขาคณิต

นับแต่อดีตจนถึงปัจจุบันสัดส่วนของส่วนประกอบของเครื่องปั้นดินเผาแต่ละส่วน ตลอดจนเมื่อประกอบเป็นรูปทรงแล้ว ก็ได้อาศัยหลักเรขาคณิตเป็นพื้นฐานเป็นส่วนใหญ่ แม้การหารูปทรงก็เช่นเดียวกัน เช่น รูปสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม วงกลม วงรี เหล่านี้ล้วนถูกใช้เป็นแนวทางในการหาสัดส่วนรูปร่างของเครื่องปั้นดินเผามาโดยตลอด ซึ่งสัดส่วนนี้เราหมายถึงความกว้างและความสูงของสิ่งนั้น ๆ สัดส่วนจึงสามารถเป็นได้ทั้ง 2 มิติ หรือ 3 มิติ (ประสพ ลี้เหมือดภัย . 2543 : 101)



ภาพที่ 5 การหารูปทรงเครื่องปั้นดินเผา ได้อาศัยหลักเรขาคณิตจำพวกสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม วงกลม วงรี เป็นแนวทางในการหาสัดส่วนมาโดยตลอด (ที่มา : ประสพ ลี้เหมือดภัย. 2543 : 102)

การออกแบบโครงสร้าง (Structural Design)

การออกแบบโครงสร้าง หมายถึง การออกแบบรูปทรงเครื่องปั้นดินเผาเพื่อก่อประโยชน์โดยตรง (Primary Need) โดยคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอยที่ดี แฝงไว้ซึ่งความสวยงาม แข็งแรงทนทาน สะดวกต่อ

การใช้งาน (Function and Good Form) อีกทั้งเอื้ออำนวยต่อการผลิตที่ง่าย สะดวก รวดเร็ว และประหยัด (ศักดิ์ชัย เกียรตินาคินทร์.2537 : 145)

แนวคิดในการออกแบบโครงสร้างเครื่องปั้นดินเผา (Inspiration of Design)

นักออกแบบต้องเป็นคนช่างสังเกต รู้จักเลือกใช้รูปทรงของสิ่งต่าง ๆ เป็นจุดกำเนิดในการออกแบบ แล้วจึงคิดสร้างสรรค์พัฒนารูปทรงให้เกิดความเหมาะสมทั้งในด้านประโยชน์ใช้สอย และความสวยงาม ต่อไป

แนวคิดในการออกแบบเครื่องปั้นดินเผา สามารถศึกษาได้จากสิ่งต่อไปนี้

1. รูปทรงธรรมชาติ (Natural's Foum Inspiration) แบ่งออกได้ดังนี้

1.1 พืช (Plant's Form Inspiration) ได้แก่

- ส่วนของลำต้น
- กิ่ง ก้าน
- ใบไม้ลักษณะต่าง ๆ เช่น ใบกลม ใบแฉก ใบฝอย ฯลฯ
- ผลไม้ต่าง ๆ เช่น มะเขือเทศ ฟักทอง แอปเปิ้ล ฯลฯ

1.2 สัตว์ (Animal's Form Inspiration) ได้แก่

- สัตว์บก เช่น หมู กระต่าย ช้าง ฯลฯ
- สัตว์น้ำ เช่น ปู ปลา กุ้ง ฯลฯ
- แมลงต่าง ๆ เช่น ผีเสื้อ ผึ้ง ฯลฯ

2. รูปทรงมนุษย์ (Human's Form Inspiration) ได้แก่

- รูปทรงเด็ก
- รูปทรงผู้ใหญ่
- รูปทรงคนแก่
- รูปทรงผู้ชาย
- รูปทรงผู้หญิง

3. รูปทรงที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้น (Invention's Form Inspiration) ได้แก่สิ่งที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้นมีชื่อและรูปทรงโดยเฉพาะ เช่น รถยนต์ ไวโอลิน ตระกร้าสาน เป็นต้น

4. รูปทรงที่เกิดจากความรู้สึกของมนุษย์ (Human's Feeling Inspiration) ได้แก่ ความรู้สึกสบาย อบอุ่น อ่อนแอ ตลก นวยนาด เป็นต้น (ทวี พรหมพฤกษ์ 2527 : 7)

3. รูปทรงที่อยู่ตรงกันข้าม (Reverse Form Inspiration) คือการออกแบบ โดยยึดถือรูปทรงของสิ่งที่อยู่ตรงข้าม เป็นแนวทางในการออกแบบให้มีลักษณะประกบกันได้พอดีและมีความต่อเนื่องกันของรูปทรง

4. รูปทรงอิสระ (Free Form Inspiration) เป็นรูปทรงที่ไม่สามารถระบุได้ว่าเป็นรูปทรงอะไร มีความเป็นอิสระ ไม่มีกฎเกณฑ์ มักเป็นผลงานที่เกิดจากการปั้นด้วยมือ (Free Hand Method) หรือการขด (Coiled Method) (ชวิน เป้าอารีย์ 2521 : 28)

5. รูปทรงเรขาคณิต (Geometric Form Inspiration) เป็นรูปทรงที่มนุษย์คิดประดิษฐ์ขึ้นทางด้านเรขาคณิต มีลักษณะเป็นสากล ได้แก่ วงกลม สี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม รูปกรวย เป็นต้น (ศักดิ์ชัย เกียรตินาคินทร์.2537 : 145-161)

องค์ประกอบในการออกแบบเครื่องปั้นดินเผา (Element of Design)

องค์ประกอบทางศิลปะ อาทิ เส้น รูปร่าง รูปทรง ขนาดและสัดส่วนสามารถนำมาใช้เป็นหลักในการออกแบบเครื่องปั้นดินเผาได้เป็นอย่างดี ดังนี้

1. เส้น (Line) เส้นในทางศิลปะสามารถสร้างความรู้สึกให้แก่ผู้ดูได้มากมาย เอฟ.เอช. นอร์ตัน (F.H.Norton) กล่าวว่าเส้นนอนให้ความรู้สึกสงบเยือกเย็น เหมือนเช่น ที่เรานอนราบลงกับพื้นหรือเหมือนกับผิวน้ำที่สงบนิ่ง เส้นตั้งให้ความรู้สึกมีชีวิตเหมือนคนยืนหรือต้นไม้ที่งอกงาม เส้นเฉียงให้ความรู้สึกเคลื่อนไหวเหมือนคนที่กำลังจะออกวิ่ง เป็นต้น

เส้นที่ใช้ในการออกแบบเครื่องปั้นดินเผา แบ่งออกได้ดังนี้ คือ

1.1 เส้นตรง (Straight Line) เส้นตรงสามารถสร้างสรรค์รูปทรงเครื่องปั้นดินเผาให้มีความเรียบง่าย แข็งแรง เส้นตรงที่ใช้ในการออกแบบสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระยะ คือ สั้น กลาง ยาว และยังสามารถแบ่งลักษณะทิศทางได้ 3 ทิศทาง เช่น เส้นตั้ง เส้นขอบ เส้นเฉียง จนก่อให้เกิดรูปทรงกระบอก รูปทรงกรวย เป็นต้น

1.2 เส้นหยัก (Angular Line) เส้นหยักจะก่อให้เกิดความรู้สึกเร้าใจ ตื่นเต้น เมื่อนำมาประกอบในการออกแบบเครื่องปั้นดินเผาจะให้รูปทรงที่ดูเด่นสะดุดตา ระยะของเส้นหยัก ยังแบ่งออกได้ 3 ระยะ เช่นกัน คือ สั้น กลาง ยาว

1.3 เส้นคด (Graceful Line) เส้นคดก่อให้เกิดความรู้สึกเคลื่อนไหวที่สม่ำเสมอ วิธีการนำมาใช้เช่นเดียวกับเส้นหยัก แต่ให้ความรู้สึกนิ่มนวล และอ่อนโยนกว่ามาก

1.4 เส้นโค้ง (Curve) เส้นโค้งที่นำมาใช้ในการออกแบบเครื่องปั้นดินเผามีหลายลักษณะ ดังนี้คือ

1.4.1 เส้นโค้งที่เกิดจากส่วนโค้งพาราโพล่า (Parapola) ลักษณะส่วนโค้งพาราโพล่า เมื่อนำมาออกแบบเครื่องปั้นดินเผาจะให้ความรู้สึกทั้งแข็งแรงและนิ่มนวลในขณะเดียวกัน

1.4.2 เส้นโค้งที่เกิดจากการห้อยเชือกหรือโซ่ (Catenary Curve) ส่วนโค้งนี้เกิดจากการแขวนเชือกหรือโซ่ให้หย่อนหรือตึงตามต้องการปลายเชือกหรือโซ่ทั้งสองด้านอาจอยู่ในระดับเดียวกัน หรือคนละระดับก็ได้ระยะห่างแต่ละระยะของปลายเชือกหรือโซ่จะทำให้เกิดส่วนโค้งที่แตกต่างกัน บางลักษณะอาจใช้ไม่ได้ บางลักษณะสามารถกำหนดเป็นสัดส่วนเครื่องปั้นดินเผาได้เป็นอย่างดี ซึ่งนักออกแบบจะต้องทดลองค้นคว้าว่าหาสัดส่วนที่เหมาะสมและแปลกใหม่ต่อไป

1.4.3 ส่วนโค้งที่เกิดจากตัวอักษร (Lettering Curve) ส่วนโค้งนี้เกิดจากการนำสัดส่วนของตัวอักษรในภาษาอังกฤษ มาเป็นแนวทางในการออกแบบ เช่นอักษร S H O P C A R T ซึ่ง ทวี พรหมพฤกษ์ เรียกหนักการนี้ว่า SHOP – CART CURVE หรือส่วนโค้ง SHOP – CART ดังตัวอย่าง (ทวี พรหมพฤกษ์ 2527 : 4)

T – Curve นี้ ดร.สันติ คุณประเสริฐ กล่าวว่ามาจาก Trajectory Curve ซึ่งมีลักษณะของโค้งที่หักมุม หรืออาจเรียกว่า Supporting Curve มีลักษณะคล้ายสายยางที่พ่นน้ำขึ้นไปในอากาศ และหักมุมตกลงมาที่พื้น ทำให้มีวิถีโค้งที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นสื่อในการออกแบบได้ โดยผู้เขียนขอเสนอให้เรียกว่า T – Curve เพื่อสื่อถึงคำว่า Trajectory Curve

2. รูปทรง (Form) รูปทรงที่ใช้ในการออกแบบสามารถก่อให้เกิดประโยชน์ใช้สอยและความงามที่แตกต่างกันมากมาย ดังนี้

2.1 รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส (Square) สามารถนำมาเป็นแนวทางในการออกแบบได้

2.2 รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangle) สามารถใช้รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าทั้งแนวตั้งและแนวนอนเป็นแนวในการออกแบบ

2.3 รูปทรงสามเหลี่ยม (Triangle) ประกอบด้วยสามเหลี่ยมด้านเท่า สามเหลี่ยมหน้าจั่ว หรือสามเหลี่ยมมุมฉากเป็นรูปทรงนำ

2.4 รูปทรงกลม (Circle) สามารถนำมาเป็นแนวทางในการออกแบบ

2.5 รูปทรงไข่ (Oval) ประกอบด้วยรูปทรงไข่ในลักษณะด้านแหลมตั้งขึ้นและด้านป้านตั้งขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบได้

2.6 รูปทรงรี (Ellipse) ส่วนโค้งนี้เกิดจากการกำหนดจุดขึ้น 2 จุด ห่างกันพอสมควร ใช้เชือกที่ยาวกว่าระยะห่างของ 2 จุดนี้เล็กน้อย ยึดปลายเชือกด้านหนึ่งติดกับจุดที่ 1 อีกด้านหนึ่งยึดติดกับจุดที่ 2 ลากเส้นรอบจุดทั้งสองนี้โดยใช้เชือกเป็นรัศมี และจุดทั้งสองเป็นจุดศูนย์กลาง เวลาลากเส้นให้ดินสออยู่ด้านในของเชือกและระวังให้ตึงอยู่ตลอดเวลา จะเกิดเป็นรูปวงรี จุดทั้งสองลากปรับความยาวเชือก ขนาด

ของวงรีจะแตกต่างกัน บางลักษณะนำไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบได้ดี ซึ่งทิศทางของวงรีมีทั้งแบบแนวนอน และแนวตั้ง

2.7 รูปทรงก้นหอย (Logarithmic spiral) ลักษณะโค้งแบบก้นหอยนี้ Sir D'Arcy Wentworth Thomson เรียกว่า "โค้งแห่งชีวิต" (curve of life) ซึ่งเป็นลักษณะโค้งที่น่าสนใจ และมีความหมาย เราสามารถนำโค้งก้นหอยนี้ออกแบบเป็นรูปร่างเครื่องปั้นดินเผาได้

3.สัดส่วน Proportion การศึกษาสัดส่วนรูปทรงต่าง ๆ ก่อนทำการออกแบบจะสามารถแก้ปัญหาในการออกแบบรูปทรงเครื่องปั้นดินเผาได้เป็นอย่างดีทั้งในด้านโครงสร้าง ประโยชน์ใช้สอย และความสวยงาม

สัดส่วนเครื่องปั้นดินเผาแบ่งออกได้ 2 ลักษณะ คือ

3.1 สัดส่วนที่เน้นความงามอย่างมีระบบ (Acadamic Proportion) หมายถึง เครื่องปั้นดินเผาที่ออกแบบขึ้นอย่างมีระบบระเบียบตามหลักการทางเรขาคณิต โดยคำนึงถึงความงามเป็นหลักสำคัญ เช่น ลักษณะสัดส่วนทองของกรีก (Golden mean Rectangle)

3.2 สัดส่วนที่เน้นประโยชน์ใช้สอย (Function Porprotion) หมายถึง สัดส่วนเครื่องปั้นดินเผาที่ออกแบบขึ้น โดยเน้นลักษณะการใช้งานเป็นหลักมากกว่าความงาม (Form Follow Function) การออกแบบจึงต้องคำนึงถึงลักษณะการทำงานของผลิตภัณฑ์แต่ละประเภทซึ่งแตกต่างกัน แล้วออกแบบให้มีสัดส่วนที่สอดคล้องกับการใช้งานจริงของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ เช่น แจกัน โถ ถาด ชาม กระปุก เหยือก ไห เป็นต้น เมื่อได้สัดส่วนที่ต้องการแล้วจึงคิดปรับปรุง ตกแต่ง ให้เกิดความงามเป็นอันดับต่อไป

ลักษณะการใช้งานเครื่องปั้นดินเผา

เครื่องปั้นดินเผาเป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่สนองความต้องการของมนุษย์ในชีวิตประจำวัน การออกแบบจึงควรยึดถือประโยชน์การใช้สอยเป็นอันดับแรกว่าผลิตภัณฑ์นั้น ๆ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริง สะดวกต่อการใช้งาน การเก็บรักษา และการทำความสะอาด เป็นต้น

ลักษณะประโยชน์ใช้สอยแบ่งออกได้ 2 ลักษณะ ดังนี้

1. ประโยชน์ใช้สอยตรง Primary Need หมายถึง คุณประโยชน์ของเครื่องใช้ในทางตรงโดยเฉพาะ เช่น กาน้ำชา ใช้สำหรับใส่น้ำชา จาน ชาม ใช้สำหรับใส่อาหาร เป็นต้น

2. ประโยชน์ใช้สอยพิเศษ (Secondary Need หมายถึง คุณประโยชน์พิเศษที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้นอกจากประโยชน์ในทางตรงแล้ว เช่น กาน้ำชา นอกจากจะใช้งานได้ตามปกติแล้วยังออกแบบพิเศษให้เก็บวางซ้อนได้อย่างเป็นระเบียบ ทั้งยังมีความสวยงามมากจนเป็นเครื่องประดับได้ หรือภาชนะบรรจุอาหารที่ออกแบบเป็นพิเศษให้วางซ้อนกันแล้วมีที่ยึดจับใช้เป็นปิ่นโตที่สวยงามได้อีก เป็นต้น (ศักดิ์ชัย เกียรตินาคินทร์.2537 : 145-210)

ข้อควรคำนึงในการออกแบบโครงสร้างเครื่องปั้นดินเผา

1. ศึกษาถึงความต้องการใช้ของผู้บริโภค เช่น ต้องการให้เก็บง่าย รักษาความร้อน สะดวกในการล้าง ปริมาณการบรรจุ เป็นต้น

2. การออกแบบที่คงเอกลักษณ์ของเชื้อชาติ แต่มีความเป็นสากล เพื่อผลในทางตลาดสากลที่จะยอมรับงานของเราได้

3. การออกแบบต้องคำนึงถึงความสอดคล้องกลมกลืนกับที่อยู่อาศัย

4. คำนึงถึงความสะดวกที่ผู้บริโภคจะได้รับ เช่น ความสะดวกในการเก็บการจัดเข้าชุด

5. เพิ่มความรู้สึกสดชื่น ด้วยลวดลายและสีสันต่าง ๆ

6. ศึกษาถึงส่วนประกอบ และรูปทรง ของงานเครื่องปั้นดินเผา เพื่อให้ได้ลักษณะของรูปทรงที่มีคุณภาพดีที่สุด เช่นการศึกษาเกี่ยวกับรูปทรงที่สามารถเก็บความร้อนได้นานที่สุด พบว่า รูปทรง ก. สามารถเก็บความร้อนได้นานที่สุด การศึกษา พวยกาที่ดีที่สุดพบว่า พวยกา ค. สามารถควบคุมทิศทางน้ำที่ไหลออกมาได้ดีที่สุด

7. ก่อนการออกแบบต้องเข้าใจอาหารที่บรรจุ แล้วจึงออกแบบให้สอดคล้องกัน

8. วัสดุที่ใช้ควรคำนึงด้วย เช่น วัสดุที่เป็นแก้วจะให้ความรู้สึกเย็นชื่นใจ

9. ภาชนะที่ออกแบบจะมีลักษณะการใช้ 2 ทาง คือ ใช้จริงในชีวิตประจำวันกับใช้ชั่วคราวตามโอกาส เช่น ใช้รับแขก ใช้ในงานบุญ การออกแบบจึงต้องคำนึงถึงความเหมาะสมดังกล่าว

10. ออกแบบให้สอดคล้องกับเทคนิคการผลิต ซึ่งมีทั้งข้อดีและข้อด้อยในการผลิตแต่ละเทคนิค

11.การออกแบบโดยนำวัสดุอื่นมาประกอบ เช่น ไม้ เหล็ก

12.การตกแต่งลวดลายโดยใช้เนื้อดินต่างสีกัน ทำให้เกิดความสวยงาม

(ศักดิ์ชัย เกียรตินาคินทร์.2537 : 211)

การออกแบบผลิตภัณฑ์ควรคำนึงถึงองค์ประกอบ ดังนี้

1. ประโยชน์ใช้สอย (Function) คือการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีหน้าที่ใช้สอยถูกต้องตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ เพื่อสนองความต้องการของผู้ใช้ เช่น การออกแบบกาน้ำชา ควรคำนึงถึงความสะดวกในการใช้งาน การรินน้ำ การทำความสะอาดภายในฝากาเวลาใช้งานไม่หล่นลงมา เป็นต้น

2. ความปลอดภัย (Safety) การออกแบบต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค อุปโภค เช่น การตรวจสอบส่วนที่แหลมคมตามรอยตะเข็บ หรือ ขอบปากภาชนะ หรือตรวจรอยรานน้ำเคลือบสำหรับภาชนะบรรจุอาหาร โดยการคัดออก เนื่องจากเศษอาหารจะตกค้างตามรอยรานเกิดเป็นพิษ เป็นต้น

3. ความแข็งแรง (Construction) หมายถึง ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ เช่น ความหนาบางของผลิตภัณฑ์ รอยต่อส่วนประกอบต่าง ๆ เช่น หู ด้ามจับ เป็นต้น

4. ความสะดวกสบายในการใช้ (Ergonomics) หมายถึง การคำนึงถึงสัดส่วนที่เหมาะสมในการใช้งาน เช่น ขนาดพอเหมาะกับผู้ใช้ที่มีความแตกต่างกันทางสรีรวิทยา หรือการจัดวางเรียงซ้อนกันได้ เพิ่มความสะดวกในการเก็บรักษา เป็นต้น

5. ความสวยงามน่าใช้ (Aesthetic or Sales Appeal) หมายถึง การออกแบบให้มีรูปร่าง ขนาด สีสัน สวยงาม เพื่อให้เกิดคุณค่าทางสุนทรียะ

6. ราคาพอสมควร (Cost) การผลิตควรคำนึงถึงต้นทุนการผลิต โดยกำหนดวัตถุดิบ ขั้นตอนการผลิต ให้เหมาะสมง่ายและสะดวก เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ราคาไม่แพงเกินไป

7. กรรมวิธีการผลิต (Production) เมื่อออกแบบผลิตภัณฑ์แล้ว ต้องคำนึงถึงขั้นตอนการผลิตว่าสามารถทำได้สะดวก รวดเร็ว ประหยัดวัสดุ ค่าแรงและค่าใช้จ่ายอื่น ๆรวมถึงอุปกรณ์ต่าง ๆ ว่ามีเพียงพอหรือไม่

8. การขนส่ง (Transportation) ควรคำนึงถึงการบรรจุหีบห่อเพื่อไม่ให้ผลิตภัณฑ์ชำรุดเสียหาย เช่น การออกแบบผลิตภัณฑ์ไม่ให้มีส่วนที่ยื่นเป็นระยางออกมามากเกินไปอาจทำให้ชำรุดเสียหายได้ (ศักดิ์ชัย เกียรตินาคินทร์.2537 : 115)

ปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบเครื่องปั้นดินเผา

การออกแบบเครื่องปั้นดินเผาที่ดีนั้นไม่ได้หมายถึงความสวยงามในแง่ขององค์ประกอบศิลปะเพียงอย่างเดียว แต่มีปัจจัยหลายอย่างที่เป็นข้อกำหนดลักษณะของการออกแบบ แบบที่สมบูรณ์ควรมีความสามารถในการตอบสนองปัจจัยต่าง ๆ ได้อย่างครบถ้วนและมีเหตุผลที่สามารถอธิบายได้ ทำให้การออกแบบเป็นไปอย่างมีหลักเกณฑ์

1. วัตถุประสงค์ในการผลิต

ตลอดประวัติศาสตร์ที่ยาวนาน มนุษย์ได้ผลิตเครื่องปั้นดินเผาเพื่อใช้สอยตกแต่งและเพื่อแสดงออกเกี่ยวกับความเชื่อและศาสนา ในบางกรณีจะเน้นด้านการใช้สอยเพียงอย่างเดียว บางกรณีเน้นด้านศาสนาหรือทั้งสองด้านรวมกัน รูปแบบของเครื่องปั้นดินเผาที่นิยมทำขึ้น เช่น ภาชนะสำหรับเก็บอาหาร วัสดุก่อสร้าง เป็นต้น สำหรับเครื่องปั้นดินเผาที่ทำขึ้นเพื่อศาสนาและความเชื่อ เช่น รูปปั้นต่าง ๆ แจกัน ภาชนะสำหรับใช้ในพิธีการซึ่งตกแต่งด้วยสัญลักษณ์สำคัญของเผ่าหรือวัฒนธรรมนั้น ๆ ต่อมาความเชื่อทางศาสนาและขนบธรรมเนียมประเพณีเป็นส่วนที่สำคัญน้อยลงในการออกแบบและตกแต่งเครื่องปั้นดินเผา แต่จะมุ่งไปที่ทัศนคติและความเชื่อส่วนบุคคลที่มีรูปแบบเฉพาะตัวมากกว่า ศิลปินที่มีชื่อเสียงในอดีต เช่น ปีกัสโซ มีโร ได้สร้างสรรค์ผลงานเครื่องปั้นดินเผาที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตน และปรากฏว่าในยุคต่อมาจนปัจจุบันนี้เครื่องปั้นดินเผาได้เป็นสื่อในการแสดงออกซึ่งลักษณะของงานศิลปะมากขึ้นผนวกกับมีเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาแทนที่ฝีมือมนุษย์ในการผลิตผลงานที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ทำให้วัตถุประสงค์ด้านประโยชน์ใช้สอยค่อนข้างเป็นเหตุผลที่มีความสำคัญน้อยลง เครื่องปั้นดินเผาสมัยใหม่สามารถแสดงออกถึงรูปทรงทางศิลปะและช่างปั้นก็มีจิตสำนึกในความเป็นศิลปินเหมือนกับจิตรกรและประติมากร

อย่างไรก็ตาม วัตถุประสงค์ในการแสดงออกด้านศิลปะและความเชื่อนี้เป็นการสร้างสรรค์ผลงานที่ขึ้นอยู่กับทัศนคติส่วนบุคคล และมีข้อจำกัดหรือปัจจัยในการผลิตน้อยกว่าวัตถุประสงค์ด้านประโยชน์ใช้สอย จึงขอกล่าวถึงการออกแบบให้เหมาะสมกับประโยชน์ใช้สอยซึ่งสามารถทำได้ดังนี้

1.1 เหมาะสมกับการใช้งานได้จริง

การออกแบบเครื่องปั้นดินเผาเพื่อการใช้สอยควรคำนึงถึงการใช้งานได้จริงเป็นหลักใหญ่ หากภาชนะไม่สามารถใช้งานได้อย่างเต็มที่จะทำให้คุณค่าของภาชนะลดน้อยลง แม้ว่าจะมีความงามอย่างยิ่งยวดก็ตาม สิ่งที่สำคัญที่สุดในการออกแบบภาชนะให้ใช้งานได้จริงคือ รูปทรง และสัดส่วนรูปทรงของสิ่งของมักถูกบังคับโดยประโยชน์ใช้สอยในขณะเดียวกันประโยชน์ใช้สอยก็ถูกกำหนดจากรูปทรงด้วย ส่วนสัดส่วนเป็นสิ่งที่ทำให้การใช้งานเป็นไปอย่างสะดวกและเหมาะสม ทำให้เกิดความกลมกลืนระหว่างรูปทรงและการใช้สอย การออกแบบถ้วยกาแฟ ซึ่งดูเป็นการออกแบบที่ง่ายนั้นจะต้องมีรูปทรงที่เหมาะสมกับการชงกาแฟ มีหูจับที่มีสัดส่วนเหมาะสมกับรูปทรงและการใช้งานหูจับที่เล็กเกินไปทำให้สอดนิ้วไม่สะดวก หรือเมื่อยมือ ถ้วยที่มีลักษณะเหลี่ยมทำให้การคนกาแฟไม่สะดวกและเกิดเสียงดังจนเกินไป ขอบถ้วยที่หยักหรือเว้นเพื่อเป็นความแปลกจะทำให้การจิบหรือดื่มเป็นไปอย่างยากลำบาก หากตัวถ้วยหนาและใหญ่ ส่วนหูจับบางและเล็กทำให้รูปทรงขาดความสมดุลและไม่น่าสัมผัส

จะเห็นได้ว่าการออกแบบเพื่อให้ตอบสนองการใช้งานจริงนั้นต้องคำนึงถึงส่วนละเอียดปลีกย่อยมากมาย การหลงลืมความสำคัญบางจุดไปจะทำให้ภาชนะที่ออกมาใช้งานได้ไม่เต็มที่การออกแบบ

ภาชนะบางประเภทที่มีส่วนประกอบหลายอย่างในหนึ่งใบ เช่น กาน้ำชานั้นต้องคำนึงถึงความสามารถในการใช้งานได้ทุกชิ้นส่วน เช่น พวยการินน้ำได้อย่างสะดวก มีหูจับที่เหมาะมือ ขณะรินน้ำฝากาล็อกได้สนิทไม่ร่วงหล่น มีความจุน้ำที่เหมาะสมกับรูปทรงของกา กาน้ำบางใบออกแบบสวยงามแปลกตาแต่พวยกาอยู่ต่ำไปทำให้ใส่น้ำได้น้อยมาก นอกจากนั้นยังต้องคำนึงถึงน้ำหนักของภาชนะอีกด้วยโดยเฉพาะภาชนะที่ยกขึ้นจากโต๊ะเพื่อใช้งานบ่อย ๆ เช่น ถ้วยน้ำ มีหูหรือกาน้ำชาควรมีน้ำหนักเบา หยิบยกได้ง่ายรูปทรง ต้องดู “เบา” ตามน้ำหนักด้วย จึงจะเป็นการออกแบบที่กลมกลืนทั้งด้านการมองเห็นและการใช้จริง

1.2 ทำความสะอาดได้ง่าย

เมื่อออกแบบให้ภาชนะสามารถใช้งานได้จริงแล้ว ควรมีความสะดวกในการล้าง หรือทำความสะอาดด้วยโดยเฉพาะที่ใช้ประจำบนโต๊ะอาหาร ถ้วยกาแฟที่ชงทุกวัน แจกันปักดอกไม้ เป็นต้น ภาชนะที่ใช้ได้อย่างสะดวก หากทำความสะอาดยากเกินไปทำให้ความน่าใช้น่าชื่นชมของภาชนะลดน้อยลงไป การออกแบบภาชนะที่ทำความสะอาดได้ง่ายควรคำนึงถึงดังนี้

1.2.1 มีขนาดไม่ใหญ่หรือเล็กจนเกินไป ถ้วยน้ำที่ใช้บ่อยหากใหญ่ไปจะล้างยากมีโอกาสกระทบกับภาชนะชิ้นอื่นแตกหักได้และทำให้เปลืองเนื้อที่ในการคว่ำเก็บ หากขนาดเล็กเกินไปจะขัดถูไม่สะดวกทำให้ต้องใช้อุปกรณ์หลายชนิดช่วยในการทำความสะอาดเสียเวลาโดยเปล่าประโยชน์

1.2.2 พื้นผิวภาชนะควรมีความเรียบลื่นไม่ขรุขระแหลมคม บางครั้งการตกแต่งภาชนะให้มีพื้นผิวหยาบอาจดูแปลกตา สวย ทันสมัย แต่ไม่เอื้ออำนวยต่อการทำความสะอาด นอกจากเป็นภาชนะที่ไม่จำเป็นต้องล้างบ่อย เช่น แจกันปักดอกไม้แห้ง เป็นต้น ความหยาบของผิวอาจเกิดจากการตกแต่งด้วยสลิปสี เคลือบ หรือวัสดุบางชนิดที่ผสมลงในผิวดิน นอกจากอาจบาดมือได้ในขณะเช็ด ล้างแล้ว ยังทำให้คราบสกปรกต่าง ๆ เข้าไปฝังได้ง่ายและทำความสะอาดได้ยากอีกด้วย

1.2.3 มีน้ำหนักที่พอดีไม่หนักหรือเบาจนเกินไป ภาชนะเครื่องปั้นดินเผานั้นไม่จำเป็นที่จะต้องมีน้ำหนักเบามากแล้วจะมีคุณค่าเสมอไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบและวัตถุประสงค์ในการนำมาใช้งานในชีวิตประจำวัน การทำความสะอาดก็ต้องระมัดระวังมากจนเกินควรมิฉะนั้นอาจบิ่นหักได้ ส่วนภาชนะที่หนักเกินไปทำให้ต้องใช้แรงในการยกและทำความสะอาดมากยิ่งมีหลายใบทำให้เหน็ดเหนื่อยเกินความจำเป็น

1.2.4 ตกแต่งอย่างพอดีไม่จำเป็นต้องละเอียดอ่อนซับซ้อน ภาชนะที่มีความประณีตวิจิตรพิสดารมาก อาจมีคุณค่าราคาแพงแต่เหมาะสมกับการเก็บแสดงในตู้โชว์มากกว่าการนำมาใช้จริง เนื่องจากการตกแต่งที่หรูหราและซับซ้อนนั้นต้องทำความสะอาดอย่างระมัดระวัง ซึ่งจะใช้เวลานานและการขจัดคราบสกปรกเป็นไปได้ยาก

1.2.5 รูปทรงกว้างมีมุมป้านมากกว่ามุมแหลม ภาชนะที่ถูกออกแบบให้มีการตัดเฉือนหรือประกอบแต่ละชิ้นส่วนให้หักมุมที่แหลมและแคบจะทำความสะอาดได้ยาก ใช้มือล้างธรรมดาไม่สะดวกต้องใช้แปรงด้ามยาวหรือหรือไม้พันฟองน้ำสอดเข้าไปล้างซึ่งเสียเวลามาก หากมีความจำเป็นต้องออกแบบภาชนะให้มีส่วนแหลมและแคบควรเป็นส่วนประกอบของภาชนะที่ทึบตัน เช่น หูจับ หรือฝาจุก เป็นต้น

1.3 มีความมั่นคง

ความมั่นคงในการออกแบบภาชนะ หมายถึง การออกแบบรูปทรงให้สามารถตั้งได้ด้วยตัวเองโดยไม่โอนเอียงหรือโค่นล้ม มีความสมดุลและมีฐานที่กว้างพอที่จะรับน้ำหนักทั้งหมดของภาชนะได้ ภาชนะที่มีรูปทรงเรียบง่าย ปากผายกว้าง มักปั้นให้ฐานเล็กเพื่อดูเบา เพรียว และทันสมัย หากฐานแคบเกินไปจะเกิดปัญหาในการรับน้ำหนักตั้งแต่จัดเรียงเข้าเตาเผา อาจล้มหรือเอียงไปชนกับผลงานชิ้นอื่น ก่อให้เกิดความเสียหายได้และการออกแบบที่ดูไม่มั่นคงนี้ไม่เหมาะสมกับการใช้งานในชีวิตประจำวัน

1.4 มีความแข็งแกร่งทนทาน

ปกติแล้วเครื่องปั้นดินเผาเป็นสิ่งที่มีความแข็งแกร่งและทนทานตามธรรมชาติอยู่แล้วหากไม่แตกหักก็สามารถคงทนอยู่ได้เป็นหมื่นปีสิ่งที่ทำให้ความแข็งแกร่งของภาชนะลดน้อยลงก็คือการออกแบบที่ไม่เหมาะสมกับประโยชน์ใช้สอย ซึ่งมักพบได้ดังนี้

1.4.1 เลือกใช้วัสดุที่ไม่เหมาะสม เช่น ใช้ดินไฟต่ำมาทำเป็นชุดรับประทานอาหารทำให้เกิดการบิ่นแตก หรือร้าวได้ง่ายกว่าการใช้ดินไฟสูง

1.4.2 ความหนาบางของภาชนะไม่เหมาะสมกับขนาดและประโยชน์ใช้สอย เช่น การออกแบบภาชนะขนาดใหญ่แต่ปั้นบางเกินไป หูถ้วยหรือหูกาน้ำชาเล็กกว่าตัวภาชนะ เป็นต้น

1.4.3 มีส่วนประกอบตกแต่งที่ยื่นออกมาจากตัวภาชนะมากไป การออกแบบในลักษณะนี้ เช่น การใส่หนามตะบองเพชรที่ยื่นยาวออกมามาก การปั้นเขาสัตว์ที่มีความแหลมคมและละเอียดอ่อน เป็นต้น การตกแต่งชนิดนี้นอกจากทำให้ภาชนะแตกหักได้ง่ายแล้วยังทำความสะอาดได้ยากอีกด้วย

(สุขุมาล เล็กสวัสดิ์ . 2548 : 261)

2. กรรมวิธีในการผลิต

กรรมวิธีในการผลิตปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการออกแบบเครื่องปั้นดินเผา แต่ทั้งนี้การออกแบบอาจเป็นตัวกำหนดกรรมวิธีในการผลิตก็ได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการออกแบบและประเภทของงานด้วย เช่น หากผลิตภาชนะลักษณะอุตสาหกรรมซึ่งขึ้นรูปด้วยการหล่อแบบและการใช้ใบมีด ควรเน้น

การออกแบบที่ไม่มีความละเอียดอ่อนวิจิตรบรรจงจนเกินไป หากปฏิบัติงานในสตูดิโอหรือทำงานระบบครอบครัวที่อาศัยฝีมือแล้ว ก็สามารถออกแบบและตกแต่งทีละชิ้นได้ ในกรณีนี้มักทำขึ้นเป็นรูปแบบของงานศิลปะ แต่ถ้าหากสามารถผลิตได้ทุกกรรมวิธีแล้ว รูปทรงของภาชนะมักเป็นสิ่งที่กำหนดกรรมวีการขึ้นรูปและการผลิต เช่น รูปทรงเหลี่ยมควรใช้วิธีการหล่อแบบส่วนรูปทรงกลมควรใช้หมุนแป้นหมุนเพื่อความสมดุลและประหยัดเวลามากกว่าการขึ้นรูปด้วยมือ การออกแบบที่ไม่ตรงกับกรรมวิธีที่มีอยู่ทำให้การปฏิบัติงานล่าช้าได้

กรรมวิธีการขึ้นรูปสามารถบ่งบอกความเป็นอันหนึ่งอันเดียวของการออกแบบและการบริหารเวลา ซึ่งมีผลต่อเศรษฐกิจและการลงทุนได้ ออกจะเป็นการไร้เหตุผลที่จะขึ้นรูปด้วยดินขดหรือดินแผ่นให้ประณีตมาก ๆ ในขณะที่สามารถขึ้นแป้นหมุนได้ง่ายกว่า การนำกรรมวิธีขึ้นรูปด้วยดินแผ่นและแป้นหมุนมารวมกัน ทำให้เกิดความแตกต่างของรูปทรงกับที่สมดุลกับมุมเหลี่ยมของดินที่นำมาเชื่อมต่อก่อให้เกิดผลการออกแบบที่น่าพอใจขึ้นได้ และอาจคิดต้นแบบใหม่ ๆ ได้โดยไม่จำเจช่างปั้นบางคนเน้นการออกแบบซึ่งขึ้นอยู่กับวิธีการผลิตเป็นหลักโดยเฉพาะการใช้แป้นหมุน ช่างปั้นชาวญี่ปุ่นตามหมู่บ้านต่าง ๆ มักขึ้นรูปภาชนะโดยทิ้งรอยนิ้วมือไว้เป็นเอกลักษณะเฉพาะตัว และนั่นคือผลของการออกแบบซึ่งมีความแตกต่างจากกรรมวิธีการผลิตชนิดเดียวกัน

หลักเกณฑ์การพิจารณางานออกแบบ

หลักเกณฑ์การพิจารณางานออกแบบโดยทั่วไปมักมาจากการพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่องานออกแบบนั้น ๆ ซึ่งแบ่งออกเป็นปัจจัยจากภายนอกและปัจจัยจากภายใน ดังนี้

1. ประโยชน์ใช้สอย

ประโยชน์ใช้สอยเป็นศูนย์กลางของการออกแบบที่นักออกแบบจำเป็นต้องคำนึงถึงเป็นประการแรกเพราะงานออกแบบที่นำมาพิจารณาขาดความเหมาะสมทางการใช้สอย ตลอดจนไม่ให้ความสะดวกสบายและความปลอดภัย ก็นับว่าเป็นความสิ้นเปลืองและความสูญเปล่า ประโยชน์ใช้สอยมีผลต่อการเลือกใช้ลักษณะรูปทรง วัสดุและกรรมวิธีการผลิต งานออกแบบที่ดีอย่างแท้จริงจึงควรเป็นงานที่มีประโยชน์ครอบคลุมตั้งแต่ก่อนการใช้งาน ขณะใช้งานและภายหลังเสร็จสิ้นการใช้งานแล้ว มีลักษณะถูกต้องสอดคล้องกับสรีระส่วนที่ใช้งาน จึงไม่ก่อให้เกิดความขัดข้อง เมื่อยล้า อันเป็นการบั่นทอนประสิทธิภาพในการทำงาน

2. ความงาม

ความงามมักเกิดขึ้นจากลักษณะโดยรวมของรูปทรงตลอดจนการตกแต่งหน้าตาของงานออกแบบเป็นสิ่งที่มีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าด้านประโยชน์ใช้สอยลักษณะความงามของงานออกแบบควรพิจารณา

ตามประเภทหรือธรรมชาติเฉพาะของงานออกแบบนั้น ๆ ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีหน้าที่ใช้สอยเฉพาะอย่างและทำขึ้นให้เหมาะกับผู้ใช้เฉพาะกลุ่ม ดังนั้นลักษณะหน้าตาที่ปรากฏจึงควรสามารถสื่อถึงลักษณะการใช้งานและอยู่ในแนวทางที่เหมาะสมกับกลุ่มผู้ใช้ จึงจะเรียกได้ว่าเป็นงานออกแบบที่มีความงามอย่างถูกต้อง นอกจากมีลักษณะหน้าตาที่สื่อได้เหมาะสมดังกล่าวแล้ว งานออกแบบที่ดียังต้องมีลักษณะเฉพาะซึ่งสามารถสร้างความสนใจต่อผู้พบเห็น มีความใหม่และมีเอกลักษณ์แตกต่างจากงานออกแบบที่มีอยู่ทั่วไป

3. การเลือกใช้วัสดุและคุณภาพการผลิต

ในปัจจุบันนักออกแบบมีทางเลือกอย่างกว้างขวางสำหรับการนำวัสดุชนิดต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยีทางการผลิตที่มีความก้าวหน้ามาใช้กับงานออกแบบ ลักษณะงานออกแบบที่ดีควรมีการเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมกับหน้าที่ใช้สอยในด้านความแข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน ผลิตได้ง่ายไม่ก่อให้เกิดการสูญเสียระหว่างการผลิต และเป็นกรรมวิธีที่ช่วยให้งานออกแบบมีความประณีตเรียบร้อยปราศจากตำหนิแม้ในส่วนราละเอียดให้สังเกตเห็นได้ ลักษณะโดยรวมที่เกิดขึ้นจากการรู้ จักเลือกใช้วัสดุและกรรมวิธีการผิตอย่างถูกต้องช่วยให้งานออกแบบมีคุณภาพ อันเป็นคุณค่าที่สำคัญสำหรับงานออกแบบในปัจจุบันซึ่งมีผู้บริโภคมีมาตรฐานการดำรงชีวิตที่ดีขึ้นและต้องการงานออกแบบที่มีคุณภาพสูง
(นวลน้อย บุญวงศ์ . 2545 : 117)

8. ประวัติความเป็นมาของเคลือบ

ในยุคก่อนประวัติศาสตร์ประมาณ 8,000 ปีก่อนคริสต์ศักราช มนุษย์เริ่มอยู่เป็นหลักแหล่งรู้จักการปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ไว้เป็นอาหารหรือทำเครื่องนุ่งห่ม มีหลักฐานค้นพบว่ามนุษย์รู้จักทำเครื่องปั้นดินเผาในยุคนั้นเนื่องจากมนุษย์ในยุคนี้ต้องการภาชนะเพื่อใส่เมล็ดพันธุ์พืชและหุงต้มอาหาร มนุษย์เป็นเผ่าพันธุ์เดียวที่กินอาหารปรุงแต่งซึ่งทำให้สุกเสียก่อน เครื่องปั้นดินเผายุคก่อนประวัติศาสตร์ได้ถูกค้นพบเป็นจำนวนมากพร้อมกับโครงกระดูก และสิ่งของมีค่าของผู้ตายในหลุมฝังศพ มนุษย์ในสมัยก่อนมีความเชื่อว่าผู้ที่ตายไปแล้วจะได้มีภาชนะไว้หุงหาอาหารในภพภูมิต่อไป

เครื่องปั้นดินเผาในยุคแรกๆ 5,000 ปี ก่อนประวัติศาสตร์ยังไม่มีการเคลือบ มักใช้วิธีขูด ขีด ตกแต่งลวดลายลงบนผิวดิน เมื่อปั้นเป็นภาชนะหรือรูปร่างตามต้องการแล้ว อาจใช้สีต่างๆ ทาตกแต่งตามแต่จะหาได้ บางครั้งด้านนอกใช้ยางไม้ หรือไขสัตว์ทาบนผิวภาชนะเพื่อกันซึม เครื่องปั้นดินเผายุคก่อนประวัติศาสตร์เกือบทั้งหมดมีวิวัฒนาการ จากภาชนะดินเผาอุณหภูมิต่ำ ไม่มีน้ำยาเคลือบ ซึ่งในปัจจุบันในชนบทหรือท้องถิ่นห่างไกลความเจริญยังคงทำเครื่องปั้นดินเผาพื้นบ้านสืบต่อกันมา น้ำยา

เคลือบชนิดแรกที่ค้นพบตามประวัติศาสตร์ คือเคลือบอุณหภูมิต่ำสีฟ้าสด ซึ่งชาวอียิปต์นิยมใช้เคลือบลูกปัดและเครื่องประดับดินเผา มีอายุก่อนคริสตกาล ราว 3,500 ปี นักประวัติศาสตร์ได้พยายามค้นหาซากเตาเผาและแหล่งผลิตลูกปัดสีฟ้าสดเหล่านั้น แต่ไม่สามารถพบร่องรอยใดๆ ของเตาเผา จึงได้สันนิษฐานว่าในการผลิตนั้นกว่าจะได้ชิ้นงานที่มีสภาพสมบูรณ์จำนวนมาก คงต้องมีการผลิตมากมายพอสมควร จึงเกิดทักษะความชำนาญในการผลิต

ปัจจุบันเคลือบสีฟ้าสด (Turquoise Blue) เผาในอุณหภูมิต่ำ 900 องศาเซลเซียส โดยใช้โซดาแอช (Sodium Cabonate) หรือบอแรกซ์ผสมกับทรายและสนิมทองแดง (Copper Oxide) 4% ยังคงนิยมทำกันอยู่ในแถบประเทศตะวันออกกลาง คือ ตุรกีและอิหร่าน จาหลักฐานเพิ่มเติมค้นพบว่าชาวซีเรียและบาบิโลเนียเป็นผู้ค้นพบการใช้ตะกั่วผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่มักจะเป็นสิ่งก่อสร้าง เช่น กระเบื้องมุงหลังคาและกระเบื้องประดับตกแต่งอาคาร เป็นต้น และได้เผยแพร่การทำเคลือบตะกั่วไปสู่จีน ต่อมาจีนได้ค้นพบการทำเคลือบขี้เถ้าไม้และเคลือบหินที่เผาในอุณหภูมิสูง ส่วนการทำขวดจากแก้วก็มีต้นกำเนิดมาจากประเทศตะวันออกกลางเช่นเดียวกัน ในแถบอียิปต์เมโสโปเตเมีย เมื่อประมาณ 2,000 ปี มาแล้ว หรือยุคเริ่มต้นของคริสต์ศักราช แสดงชัดเจนว่ามนุษย์รู้จักทำเครื่องเคลือบดินเผาก่อนการทำแก้ว เกือบ 3,000 ปี

แม้ว่าการทำเคลือบในยุคแรกๆ นั้น ถูกทำขึ้นด้วยความยากลำบากชิ้นงานเครื่องปั้นดินเผาที่ดีๆ จะถูกสะสมไว้ในปราสาทราชวังโดยกษัตริย์หรือขุนนางเท่านั้น เครื่องปั้นดินเผาในยุคแรกๆ เปรียบเหมือนของมีค่าเกินกว่าสามัญชนทั้งหลายจะมีไว้ครอบครอง แต่ในปัจจุบันเครื่องปั้นดินเผาได้ถูกนำมาใช้ในชีวิตประจำวันอย่างกว้างขวาง เช่น เครื่องถ้วย ชาม สุขภัณฑ์ กระเบื้องปูพื้นและกระเบื้องบุผนัง เป็นต้น ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ได้ออกแบบอย่างสวยงาม เพื่อความเหมาะสมในการผลิตตามระบบอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก มีความทนทานต่อการใช้งานหรือเพื่อใช้เป็นชิ้นส่วนของเครื่องใช้ไฟฟ้า ถ้าเราขาดสิ่งต่างๆ เหล่านี้ไปเราคงอยู่อย่างสะดวกสบายไม่ได้ ในอนาคตเราอาจยังไม่ทราบว่าการพัฒนาของเทคโนโลยีใหม่ๆ มนุษย์จะสามารถคิดค้นหาวัสดุอื่นมาทดแทนเครื่องเคลือบดินเผา เพื่อให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้นต่อไปได้หรือไม่

9. ชนิดของเคลือบ

โดยทั่วไปประเภทของเคลือบ ที่ใช้เคลือบผลิตภัณฑ์มีหลายชนิดด้วยกัน ซึ่งมีเกณฑ์ที่ตั้งขึ้นมาเพื่อแบ่งหรือจำแนกชนิดของเคลือบออกเป็นกลุ่มๆ เช่น อาจแบ่งตามวัตถุดิบที่ใช้ แบ่งตามลักษณะที่มองเห็น แบ่งตามชนิดของผลิตภัณฑ์ที่นำไปใช้ กรรมวิธีการผลิต แบ่งตามความทนไฟเหล่านี้เป็นต้น ในที่นี้ขอยกตัวอย่าง เช่น

1. แบ่งตามวัตถุดิบที่ใช้ได้แก่
   1.1 เคลือบตะกั่ว
   1.2 เคลือบเกลือ
   1.3 เคลือบบอแรกซ์
   1.4 เคลือบขี้เถ้า
   1.5 เคลือบเฟลด์สปาร์
2. แบ่งตามลักษณะหลังเผา
   2.1 เคลือบใส
   2.2 เคลือบทึบ
   2.3 เคลือบผลึก
   2.4 เคลือบด้าน
   2.5 เคลือบราน
   2.6 เคลือบสี
   2.7 เคลือบมันหรือเคลือบมุก
3. แบ่งตามความทนไฟ
   3.1 เคลือบไฟสูง
   3.2 เคลือบไฟปานกลาง
   3.3 เคลือบไฟต่ำ

10. วัตถุดิบที่สำคัญในการทำเคลือบ

วัตถุดิบทางเคมีที่ใช้ในทางเซรามิกส์ ส่วนมากนิยมใช้ในรูปของเกลือของสารนั้น เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) แบเรียมคาร์บอเนต ($BaCO_3$) เป็นต้น วัตถุดิบนี้ถ้าจัดเป็นเกรดแล้วพอจะแบ่งได้เป็น 2 เกรด คือ Commercial Grade เป็นสารที่ไม่ค่อยบริสุทธิ์ หรือที่เรียกว่า เกรดทางการค้า ซึ่งในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ใช้เกรดนี้ และ Lab Grade เป็นสารบริสุทธิ์ ใช้ในการทดลองทางวิทยาศาสตร์ มีราคาแพงกว่า Commercial Grade ถึงแม้ว่าวัตถุดิบที่ใช้มีมากมายหลายชนิดก็ตาม แต่ถ้าเราจัดแบ่งตามคุณสมบัติทางเคมีแล้ว จะแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1. วัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง (Base Group)

หรือ RO R_2O วัตถุพวกนี้มีอยู่หลายอย่างด้วยกัน แต่ที่นำมาใช้ในเครื่องปั้นดินเผานั้น แบ่งได้ดังนี้

1.1 พวกแอลคาไลน์ (Alkalines) คุณสมบัติทั้งทางด้านฟิสิกส์ และเคมีของเคลือบเปลี่ยนแปลงไปได้ถ้าใช้แอลคาไลน์หลาย ๆ ตัว ในอัตราที่ต่าง ๆ ไป ด่างกลุ่มนี้ได้แก่

1.1.1 โซดาเฟลด์สปาร์ หรืออัลไบต์ (Soda Feldspar Or Albite) สูตรทางเคมีคือ $Na_2O.Al_2O_3.6\ SiO_2$ หินฟันม้าที่มีสารประกอบส่วนใหญ่เป็น โซเดียมอะลูมิเนียมซิลิเกต (Sodium Aluminium Silicate) และอาจจะมีสารประกอบของโพแทสเซียมปะปนอยู่ด้วย หินฟันม้าชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้ผสมทำน้ำเคลือบ เป็นฟลักซ์สำหรับเคลือบไฟสูง ไม่ละลายน้ำ ราคาถูก กิโลกรัมละไม่เกิน 5 บาท มีส่วนประกอบทางเคมีตามทฤษฎีดังนี้

ซิลิกา (Silica)
อะลูมินา (Alumina)
โซดา (Soda)

โครโอไลต์ (Croyolite) สูตรทางเคมีคือ Na_2AlF_2 เป็นตัวช่วยหลอมละลายส่วนมากใช้ในเคลือบพอร์สเลน นอกจากนั้นยังทำให้เกิดความทึบในเคลือบ ด้วยนิยมใช้ในอุตสาหกรรม (โลหะเคลือบ (Enamels) และแก้ว (Glass) ใช้ในเคลือบน้อยมาก

1.1.2 โพแทสเซียมออกไซด์ (Potascium Oxide) สูตรทางเคมีเคมี คือ K_2O ทำหน้าที่เป็นฟลักซ์ เช่นเดียวกับโซเดียม มีคุณสมบัติคล้ายกับโซเดียม คือ เมื่อผสมในเคลือบจะทำให้เกิดแวววาว และทำให้การไหลตัวของเคลือบ (Fluidity) น้อยลง ตลอดจนทำให้ผิวเคลือบมีความคงทนต่อการขีดข่วนได้ดีกว่าการใช้โซเดียมแต่ราคาแพงกว่าสารที่ให้โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O) ได้แก่

- โพแทสเซียมคาร์บอเนต (Potascium Carbonate) สูตรทางเคมี K_2CO บางทีเรียกเพิร์ลแอช (Pearl Ash) เป็นสารที่ละลายน้ำได้ ก่อนใช้ควรนำไปทำให้เป็นฟริตเสียก่อน ส่วนมากใช้สำหรับปรับปรุงผลทางการให้สี ถ้าใช้โพแทสเซียมคาร์บอเนตนี้แทนปริมารของตะกั่วโซเดียม หรือแคลเซียมออกไซด์ สีของออกไซด์ของทองแดง (Copper Oxide) ซึ่งธรรมดาจะให้สีเขียวจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวแกมเหลืองหรือไม่ก็เป็นสีน้ำเงินสด

- โพแทสเซียมไนเทรต หรือเรียก ซอลต์เพทเตอร์ (Saltpeter) หรือไนเตอร์ (Niter) เป็นสารที่ช่วยให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ (OxideiZing Agent) เช่นเดียวกับโซเดียมไนเทรต (Sodium Nitrate) แต่ราคาถูกกว่า

- โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ (Potash Feldspar) สูตรทางเคมีคือ $K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$ หรือออร์โทแคลสหรือไมโครไคลน์ (Microline) มักอยู่ในรูปของผลึกเป็นหินฟันม้าที่มีสารประกอบส่วนใหญ่เป็นโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซิลิเกต (Potassium Aluminum Silicate) อาจจะมีสารประกอบของโซเดียมหรือแคลซียมปะปนอยู่ด้วย หินฟันม้าชนิดนี้มีจุดหลอมประมาณ 1,200-1,250 องศาเซลเซียส ใช้ผสมได้ทั้งเคลือบและเนื้อดินปั้น ส่วนคุณสมบัติอื่นๆ คล้ายกับโซดาเฟลด์สปาร์ (Soda Feldspar)

ส่วนประกอบทางเคมีตามทฤษฎีดังนี้

ซิลิกา (Silica)	65.7 %
อะลูมินา (Alumina)	18.4 %
โพแทสเซียม (Potasscium)	16.9 %

- โพแทสเซียมไดโครเมต (Potasscium Dicromate) สูตรทางเคมีคือ $K_2Cr_2O_7$ ลักษณะเป็นผลึกสีส้ม ถ้าใช้อย่างโดดเดี่ยวจะใช้สีเขียวในเคลือบ มักใช้ร่วมกับสารให้สีตัวอื่นๆ เพราะตัวของมันเองจะให้สีน้อยมาก ส่วนมากจะใช้เป็นสีผสมในการทำสีสำเร็จรูป (Stain) สีชมพูและสีแดง เช่นใช้ในการทำสีชมพูของ (Chrome-Tin) เป็นต้น

1.1.3 ลิเทียมออกไซด์ (Lithium Oxide) สูตรทางเคมีคือ Li_2O เป็นด่างที่แรง (Strong Base) มีคุณสมบัติทางเคมีคล้ายกับโซเดียมออกไซด์ (Na_2O) สามารถใช้แทนกันได้ในอัตราส่วน 6-94 Li:23Na_2K คือ ประมาณ 1 : 3 : 5 (Li :Na :K) คือ ประมาณ ลิเทียมนี้เป็นสารที่เบามาก มีราคาแพง

1.2 พวกแอลคาไลน์เอร์ท (Alkalines Earths) ด่างกลุ่มนี้ได้แก่ แคลเซียมออกไซด์ (CaO) แบเรียมออกไซด์ (BaO) แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) สตรอนเซียมออกไซด์ (SrO) และสังกะสีออกไซด์ (ZnO) มีคุณสมบัติต่างจากพวกแอลคาไลน์ (Alkalines) คือไม่ละลายน้ำ

1.2.1 แบเรียมออกไซด์ สูตรทางเคมี คือ Ba $_2$O เป็นฟลักซ์ที่มีอุณหภูมิสูงดีกว่า พวกแคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และสตรอนเซียม (Sr) เมื่อผสมในเคลือบจะทำให้เคลือบมีความแววววาวแต่ไม่เท่าตะกั่ว เพราะมีดัชนีการหักเหของแสงสูงรองจากตะกั่ว มีการขยายตัวเมื่อถูกความร้อนน้อยกว่าพวกแอลคาไลน์ (Alkalines) และแคลเซียม สารที่ให้แบเรียมออกไซด์ ได้แก่

- แบเรียมคาร์บอเนต (Barium Carbonate) สูตรทางเคมีคือ $BaCO_3$ เป็นแร่ที่เกิดในธรรมชาติโดยมากใช้ร่วมกันกับฟลักซ์ตัวอื่นๆ เพราะว่าที่อุณหภูมิต่ำจะทำปฏิกิริยาช้ามาก และแสดงกิริยาเป็นวัตถุทนไฟ ซึ่งจะทำให้ผิวเคลือบด้าน (ถ้าใช้แบเรียมเป็นฟลักซ์ตัวเดียวโดด ๆ) แต่ถ้าใช้ผสมลงในเคลือบไฟสูง แบเรียมนี้จะทำปฏิกิริยาเป็นฟลักซ์ที่ดี (Strong Flux)

- แบเรียมโครเมต (Barium Chromate) สูตรทางเคมีคือ $BaCrO_4$ ส่วนมากใช้ในการทำสีสำเร็จรูปโทนเขียว ซึ่งจะให้สีก็ต่อเมื่อเผาอุณหภูมิไม่เกิน ถ้าเกินจะระเหยหายไปหมด

1.2.2 แคลเซียมออกไซด์ (Calcium Oxide) สูตรทางเคมีคือเมื่อผสมในเคลือบ จะทำให้เคลือบมีความแข็งแกร่งดีขึ้น (Tensile Strength) ทนต่อการขีดข่วนได้ดีกว่าโซเดียมโพแทสเซียมและลิเทียมทนต่อการกัดกร่อนของกรดและด่าง ลดสัมประสิทธิ์การขยายตัวของเคลือบได้ดีกว่าพวกด่างด้วยกัน ทำปฏิกิริยารุนแรงกับซิลิกา (Silica) ปกติจะใช้เพียงเล็กน้อยร่วมกับฟลักซ์ชนิดอื่นโดยเฉพาะในเคลือบไฟต่ำที่ต่ำกว่า Cone 3 ไม่ควรใช้โดด ๆ เพราะจะทำหน้าที่เป็นตัวทนไฟ แต่ถ้าเผาที่อุณหภูมิสูงจะทำหน้าที่เป็นฟลักซ์

ถ้าใช้ในปริมาณมากเกินไปมักจะเกิดการตกผลึกและทำให้ผิวเคลือบด้าน ซึ่งเกิดในธรรมชาติหลายรูปด้วยกัน (Marble) หินปูน (Lime Stone) และดินมาร์ล เป็นต้น

สารที่ให้แคลเซียมออกไซด์ ได้แก่

- แคลเซียมคาร์บอเนต สูตรทางเคมีคือ $CaCO_3$ หรือที่เรียกว่า ไวติง (Whiting) ก็คือแคลเซียมคาร์บอเนตที่บริสุทธิ์บดละเอียด และกำหนดขนาดของความละเอียดไว้ด้วยตะแกรง ซึ่งมีชื่อเรียกต่าง ๆ กันตามขนาดของตะแกรงจากหยาบจนถึงละเอียดดังต่อไปนี้

ถ้ากรองด้วยตะแกรงเบอร์ 60-70 เรียกว่า Commercial Whiting

ถ้ากรองด้วยตะแกรงเบอร์ 80-100 เรียกว่า American Paris Whiting

ถ้ากรองด้วยตะแกรงเบอร์ 120-150 เรียกว่า English Elffstone Whiting

ถ้ากรองด้วยตะแกรงเบอร์ 200 เรียกว่า Special Pottery Whiting

แคลเซียมคาร์บอเนตนี้เป็นตัวช่วยจุดหลอมละลายในเคลือบไฟสูง ถ้าผสมในเนื้อดินจะช่วยลดความพรุนตัว ของเนื้อดินด้วย ถ้าผสมในเคลือบและแมกนีเซียมรวมกัน แต่ราคาถูก

- โดโลไมล์ (Dolomite) สูตรทางเคมี คือ $CaMg(CO_3)_2$ โดโลไมล์ใช้ผสมในเคลือบเพื่อที่จะให้แคลเซียมและแมกนีเซียม ซึ่งก็ให้คุณสมบัติเหมือนกับแคลเซียมและแมกนีเซียมรวมกันแต่ราคาถูกกว่า

- แคลเซียมฟลูออไรด์ (Calcium Fluoride) สูตรทางเคมี คือ CaF_2 ซึ่งรู้จักกันดีในชื่อว่าฟลูออสปาร์ (Fulorspar) ในทางเซรามิกส์ใช้น้อยมากและจำกัดเป็นฟลักส์ ที่ดีกว่าสารอื่น ๆ ที่ให้แคลเซียมด้วยกัน ถ้าใช้ร่วมกับออกไซด์ของทองแดง (Copper Oxide) จะได้น้ำเงินเขียวใช้ได้ทั้งในเคลือบและในเนื้อดิน แต่ถ้าปริมาณเกินขีดจำกัดจะทำให้เกิดตำหนิเป็นรูเข็ม (Pinholes) เพราะ CaF_2 นี้ เมื่อถูกความร้อน ณ อุณหภูมิจุดหนึ่งมันจะสลายตัวให้แก๊สฟลูออรีน (Gas Fluorine) ซึ่งจะรวมตัว

กันกับซิลิกา (Silica) แล้วกลายเป็นไอ ทำให้เกิดฟองอากาศในเคลือบ แต่ถ้าใช้ CaF_2 แทน ในส่วนผสมน้ำเคลือบด้วยจำนวนสมมูลเท่า ๆ กัน จะทำให้เคลือบเป็นมันและหลอมตัวได้ง่าย

- แคลเซียมบอเรต (Calciumborate) สูตรทางเคมีคือ $2CaO.3B_2O.5H_2O$ บางทีเรียกโคลีมาไนต์ ใช้เป็นฟลักซ์ในเคลือบไฟต่ำ

- แคลเซียมเฟลด์สปาร์ (Calcium Feldspar) สูตรทางเคมีคือ $CaO.Al_2O_3.6SiO_2$ หรืออะโนไทต์ (Anothite) เป็นหินฟันม้าที่มีสารประกอบส่วนใหญ่เป็นแคลเซียม อะลูมิเนียมซิลิเกต (Calcium Aluminum Silicate) และอาจจะมีส่วนประกอบของโซเดียมหรือโพแทสเซียมปะปนอยู่ด้วย หินฟันม้าชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้ผสมในน้ำเคลือบ เพื่อทำหน้าที่เป็นฟลักซ์ในเคลือบไฟสูง

1.2.3 แมกนีเซียมออกไซด์ (Magnesium Oxide) สูตรทางเคมีคือ MgO ธรรมชาติมักจะเกิดปะปนกับหินฟันม้า (Feldspar) และหินปูน (Limestone) ใช้ในเคลือบน้อยกว่าพวกแคลเซียมออกไซด์ ถ้าผสมในเคลือบไฟต่ำ แมกนีเซียมจะทำหน้าที่เป็นตัวทนไฟ แต่ถ้าใช้กับเคลือบไฟสูงจะเป็นตัวช่วยลดจุดหลอมละลายได้ดี (Flux) เพิ่มการไหลในเคลือบให้ดีขึ้น ลดสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนดีที่สุดในจำพวกด่างด้วยกัน เพิ่มความมันวาวในผิวเคลือบ บางครั้งอาจทำหน้าที่เป็นตัวเคลือบทึบ (Opacifier) ได้เล็กน้อย ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับส่วนผสมตัวอื่น ๆ ในเคลือบด้วย

สารที่ให้แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ได้แก่

- แมกนีเซียมคาร์บอเนต (Magnesium Carbonate) สูตรทางเคมีคือ $MgCO_3$ ใช้ผสมในเคลือบ ทำหน้าที่เป็นตัวทนไฟที่อุณหภูมิต่ำ และเป็นตัวช่วยหลอมละลาย มีอุณหภูมิสูง ส่วนมากใช้ในการทำเคลือบผลึก (Crystalline Glazes) และเคลือบที่ต้องการให้มีการไหลตัว อื่นๆ ลักษณะการไหลตัวของแมกนีเซียมคาร์บอเนตนี้จะไหลเร็วในช่วงแรกและไหลช้าในช่วงหลัง นอกจากนี้ช่วยให้เคลือบเกาะกับดินได้ดีขึ้นด้วย

- โดโลไมต์ (Dolomite) สูตรทางเคมีคือ $CaMg(CO_3)_2$ (ดังได้กล่าวไว้ข้างต้น)

- ทัลก์ (Talc) สูตรทางเคมีคือ $3MgO.4SiO_2.H\ 2O$ หรือ $4MgO.5SiO_2.H_2O$ บางทีเรียกสตีไทต์หรือหินสบู่ ส่วนมากใช้กับเนื้อดินปั้น ใช้ในเคลือบเพียงเล็กน้อย จะมีผลทำให้เคลือบเรียบสวยไม่มีฟองอากาศ

1.2.4 สังกะสีออกไซด์ (Zine Oxide) สูตรทางเคมีคือ ZnO เป็นออกไซด์ของสังกะสี เมื่อผสมลงในเคลือบจะทำให้เคลือบเป็นเงาดีขึ้น ถ้าใช้ในปริมาณน้อย ๆ จึงทำหน้าที่เป็นตัวช่วยลดจุดหลอม

ละลาย (Flux) แต่ถ้าใช้ในปริมาณมากจะทำหน้าที่เป็นตัวทนไฟ และทำให้เกิดทึบในเคลือบ (Opacity) โดยมากใช้เคลือบ บริสตอล (Bristol glaze) โดยใช้แทนที่แคลเซียมออกไซด์ด้วย สังกะสีออกไซด์ ซึ่งจะทำให้จุดสุกตัวของเคลือบต่ำลง

นอกจากนี้การผสมสังกะสีออกไซด์ (ZnO) เล็กน้อยในเคลือบยังมีผลให้การไหลตัวของเคลือบดีขึ้น ซึ่งทำให้ผิวเคลือบเรียบ แต่ถ้าใช้ในปริมาณมาก และเผาที่อุณหภูมิสูงพอจะเกิดการตกผลึก เป็นสารที่ช่วยให้เคลือบมีความทึบดีขึ้น (Opacifiers) สารพวกนี้เมื่อผสมลงในเคลือบจะมีผลให้เคลือบไม่สามารถมองเห็นเนื้อผลิตภัณฑ์ได้ มีหลายตัวนิยมกันมากคือ (Zirconium Silicate) มีราคาถูกกว่ามาก

2. วัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นกลาง (Intermediates Group) หรือ R_2O_3

สารเคมีที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่

2.1 อะลูมินา (Alumina) สูตรทางเคมีคือ Al_2O_3 อะลูมินาเป็นตัวช่วยปรับการไหลตัวของน้ำเคลือบ คือ ถ้าใช้อะลูมินาเป็นจำนวนมากขึ้น ความหนืดของน้ำเคลือบก็จะเพิ่มขึ้นด้วย

แต่ถ้าใช้ในปริมาณมากเกินไปก็จะทำให้น้ำเคลือบด้านและต้านทานการตกผลึกในเคลือบด้วย (ถ้าใช้อะลูมินาในปริมาณมาก จะทำให้เคลือบมีความหนืดมาก ผลึกใหญ่ จะเกิดขึ้นได้อย่างลำบาก) นอกจากนั้นปริมาณของอะลูมินาในเคลือบ ยังมีผลต่อความทนไฟและจุดสุกตัวของเคลือบด้วย คือ ในเคลือบไฟต่ำ ควรจะมีอะลูมินาในปริมาณต่ำ

นอกจากที่กล่าวมาข้างต้น อะลูมินา (Al_2O_3) ยังมีผลต่อเคลือบดังต่อไปนี้คือ

2.1.1 เพิ่มความแข็งแกร่งให้กับเคลือบ

2.1.2 ใช้แก้ปัญหาการรานของเคลือบ

2.1.3 ใช้บอกว่าเป็นเคลือบชนิดใด โดยดูที่อัตราส่วนของ อะลูมินา (Al_2O_3) : ซิลิกา (SiO_2) คือ

อะลูมินา : ซิลิกา	ชนิดของน้ำเคลือบ
1 : 2.5-5	เคลือบด้าน
1 : 7-12	เคลือบใส
1 : 15-20	เคลือบผลึก

ตัวอย่างเช่น

0.3 K_2O 0.3 Al_2O_3 2.1 SiO_2

0.7 CaO

จากตัวอย่างจะเห็นว่า อัตราส่วนของ อะลูมินา : ซิลิกา 1 : 7 ฉะนั้นสรุปได้ว่าเป็นเคลือบใส

2.1.4 มีอิทธิพลต่อสีในเคลือบ เช่น สีของโคบอลต์ออกไซด์ (CaO) ซึ่งปกติจะให้สีน้ำเงินฟ้า แต่ถ้าใช้ในเคลือบที่ไม่มีอะลูมินาออกไซด์ อาจจะไดสีชมพู เป็นต้น อะลูมินาบริสุทธิ์จะหลอมละลายที่อุณหภูมิประมาณ 2,050 องศาเซลเซียส สารที่ให้อะลูมินา (Al_2O_3) ได้แก่

- อะลูมิเนียมไฮเดรต (Aluminum Hydrate) สูตรทางเคมีคือ $Al(OH)_3$ เมื่อผ่านการเผาแล้วจะได้อะลูมินา (Al_2O_3) สารประกอบทั้งสองรูปนี้มีความบริสุทธิ์สูง แต่นิยมใช้ในรูปของอะลูมิเนียมไฮเดรตมากกว่า เพราะมีคุณสมบัติทำให้เคลือบลอยตัวได้ดี และการเกาะติดผิวผลิตภัณฑ์ก็ดีด้วย แต่อาจทำให้เกิดผิวเคลือบทึบหรือเป็นเคลือบด้านได้

- หินฟันม้า (Feldspar) สูตรทางเคมีคือ $KNaO.Al_2O_3.6SiO_2$ มีรายละเอียดดังกล่าวไว้แล้วข้างต้น

- ดิน (Clay) สูตรทางเคมีคือ ($Al_2O_3.6SiO_2.2H_2O$) ดินเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในน้ำเคลือบ เพราะว่า

ก. ช่วยทำให้น้ำเคลือบลอยตัวไม่ตกตะกอนได้ง่าย

ข. ช่วยทำให้น้ำเคลือบเกาะติดผลิตภัณฑ์ได้ดี คือเป็นตัว binder ตัวหนึ่ง

ค. ช่วยควบคุมการหดตัวของน้ำเคลือบบนผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่ได้เผา

ง. เป็นตัวให้อะลูมินา Al_2O_3 และซิลิกา SiO_2 แก่น้ำเคลือบตัวหนึ่ง

เราจึงใช้ดินขาวหรือดินเคโอลิน (Kaolin) ในการทำน้ำเคลือบ ปริมารของดินที่ใช้ในน้ำเคลือบจะอยู่ระหว่าง 0.05 ในการทำเคลือบใสหรือเคลือบสีขาว ควรจะมีเหล็กออกไซด์ (Ferric Oxcide) และไทเทเนียมออกไซด์ (Titanium Oxide) น้อยที่สุดเพราะถ้ามีสาร 2 ตัว นี้จะทำให้เคลือบหม่น ฉะนั้นเราจึงใช้ดินขาวในน้ำเคลือบปริมาณของดินที่ใช้ในน้ำเคลือบจะอยู่ระหว่าง 0.05 0.15 สมมูล (Molecular Equivalent)

2.2 โบรอนออกไซด์ (Boron Oxide) สูตรทางเคมีคือ B_2O_3 เป็นสารที่สำคัยมากตัวหนึ่งในการทำเคลือบและมีคุณสมบัติดังนี้

2.2.1 หลอมละลายได้

2.2.2 เพิ่มความมันวาว (Glossy) ในผิวเคลือบ

2.2.3 เป็นตัวละลายพวกสารให้สี (Coloring Oxide)

2.2.4 ลดการไหลตัวของเคลือบที่อุณหภูมิต่ำ และจะไหลตัวได้ดีที่อุณหภูมิสูง

2.2.5 ถ้าใส่ในปริมาณที่พอเหมาะจะมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวต่ำ แต่ถ้าใส่มากจะมีผลตรงข้าม

2.2.6 จะขัดขวางการตกผลึกของสาร ฉะนั้นไม่ควรใช้ในการเคลือบผลึก

สารที่ให้โบรอนออกไซด์ได้แก่

- กรดบอริก (Boric Acid) สูตรทางเคมีคือ $B_2O_3.3H_2O$ ลักษณะเป็นเกร็ดละลายน้ำได้ เป็นสารค่อนข้างบริสุทธิ์ ราคาถูก ถ้าผสมในเคลือบจะทำให้เคลือบมันยิ่งขึ้น ช่วยลดสัมประสิทธิ์การขยายตัว และช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นแก่เคลือบ

- บอแรกซ์ (Borax) สูตรทางเคมีคือ $Na_2O.2B_2O_3.10H_2O$ มีรายละเอียดดังที่กล่าวมาข้างต้น

- โคลีมาไนต์ (Colemanite) สูตรทางเคมีคือ $2CaO.3B_2O_3.5\ H_2O$ มีชื่อเรียกทางเทคนิคว่า แคลเซียมบอเรต (Calcium Borate) คุณสมบัติละลายน้ำได้เล็กน้อย ในสภาวะที่เหมาะสมจะทำหน้าที่เป็นตัวให้ทึบ (Opacifier) อาจใช้แทนแคลเซียมได้ พบว่าในเคลือบบางอย่างหากมีแคลเซียมผสมอยู่จะทำให้สีชมพุหรือสีแดงเปลี่ยนไป ฉะนั้นในการทำเคลือบสีชมพูหรือแดงจะนิยมใช้โคลีมาไนต์แทนแคลเซียม

2.3 เหล็กออกไซด์ (ferric Oxide)

สูตรทางเคมีคือ Fe_2O_3 เป็นสารให้สีน้ำตาลแดงและใช้ในการดัดแปลงสีของทองแดง (Copper) และโคบอลต์ (Cobalt) ด้วยเหล็กออกไซด์นี้ ถ้าไม่ไวต่อการให้สีแล้วมันจะเป็นฟลักซ์ที่ดีทีเดียว ส่วนมากมักจะเกิดร่วมกับสารอื่นในลักษณะสิ่งเจือปน (Impulity) ซึ่งเรามักจะพยายามกำจัดออกไป โดยเฉพาะในการทำผลิตภัณฑ์ชนิดสีขาว (White Ware) ดูรายละเอียดในสารที่ให้สีในทางเซรามิกส์

3. วัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นกรด (Acid Group) หรือ RO_2 ได้แก่

3.1 ซิลิกอนไดออกไซด์ (Silicon Dioxide) สูตรทางเคมี คือ SiO_2 ซิลิกา จะมีทั้งในน้ำเคลือบและเนื้อดินปั้น และมีมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ซิลิกาบริสุทธิ์จะมีจุดหลอมเหลวที่ 1,710 องศาเซลเซียส โดยทั่ว ๆ ไปเมื่อผสมในเคลือบให้ผลดังนี้

3.1.1 เพิ่มจุดหลอมเหลวของเคลือบให้สูงขึ้น

3.1.2 ลดการไหลของเคลือบที่จุดหลอมละลาย

3.1.3 เพิ่มความคงทนต่อการกัดกร่อนของสารละลาย

3.1.4 ลดสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน

3.1.5 เพิ่มความแข็งแกร่งให้แก่เคลือบ (Tensile Strength)

3.1.6 ทำปฏิกิริยาได้อย่างดีกับพวกด่างแล้วหลอมละลายกลายเป็นแก้ว

ปริมาณการใช้ซิลิกา (SiO_2) ขึ้นอยู่กับฟลักซ์และจุดสุกตัวของเคลือบ แต่โดยทั่วไปใช้ระหว่าง 1-6 สมมูล (Molecular Equivalents) ประมาณซิลิกา (SiO_2) ถ้าใช้น้อยเกินไปจะทำให้เคลือบไม่อยู่ตัวและละลายน้ำได้ง่าย แต่ถ้าใช้มากไปก็จะทำให้เคลือบทนไฟสูง

สารที่ให้ซิลิกา ได้แก่

- หินเขี้ยวหนุมานหรือหินแก้ว (Quartz) สูตรทางเคมี คือ SiO_2 เกิดอยู่ในธรรมชาติเป็นรูปของผลึก มีความบริสุทธิ์สูง คือมีปริมาณของซิลิกาถึง 99 % ส่วนที่เหลือเป็นพวกเจือปนอื่น ๆ (Impurity) มีความแข็งแกร่งมาก ยากต่อการย่อยและบดให้ละเอียดใช้ผสมทั้งในน้ำเคลือบและเนื้อดินปั้น ลักษณะของหินควอตซ์ที่พบในประเทศไทย มีทั้งชนิดใสและขาวขุ่นทึบ และมีพบหลายแห่ง แต่แหล่งหินควอตซ์ที่มีคุณภาพดี และนิยมใช้กันตามโรงงานเซรามิกส์ คือควอตซ์ที่เขาหินแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี ซึ่งเป็นหินควอตซ์ชนิดใส มีทั้งสีขาวและสีชมพู

- ฟลินต์ (Flint) สูตรทางเคมี คือ SiO_2 เป็นรูปหนึ่งของซิลิกา คือเป็นซิลิกาที่มีรูปผลึกเล็กมาก ได้จากการเผาและบดพวกหินควอตซ์หรือทรายฟลินต์แท้ ๆ นั้น มาจากประเทศอังกฤษ ฝรั่งเศส และเดนมาร์ก โดยเอาเม็ดกรวดชายทะเลมาเผาและบดให้ละเอียด เรียก (Cryptocrystalline) มีความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) 2.33 ซึ่งแตกต่างจากฟลินต์ที่ทำจากหินควอตซ์ ความแตกต่างระหว่างซิลิกา (Silica) กับ ฟลินต์ (Flint) นั้นมีน้อยมาก

เนื่องจากซิลิกาในรูปของฟลินต์นั้นมีขนาดเล็กมาก จึงฟุ้งลอยได้ในอากาศเมื่อถูกลมพัดหรือขณะถ่ายเทขณะใช้งาน ฉะนั้นจึงต้องระมัดระวัง อย่าหายใจเอาฝุ่นนี้เข้าไป เพราะจะเป็นอันตรายต่อร่างกายได้โดยเฉพาะปอด ซึ่งโรคที่เกิดจากซิลิกานี้ทางแพทย์เรียกว่า โรคซิลิโกซิส (Silicosis)

- หินทราย (Sand Stone) สูตรทางเคมี คือ SiO_2 เป็นซิลิกาที่เกิดขึ้นในลักษณะของหินทราย

3.2 ดีบุกออกไซด์ (Tin Oxide) สูตรทางเคมี คือ SnO บางทีเรียกสแตนนิกออกไซด์ (Stannic - Oxide) เป็นออกไซด์ของดีบุกมีราคาแพงมาก แต่ก็นิยมใช้กัน เพราะมักทำหน้าที่เป็นตัวทำให้ทึบแสงในเคลือบ (Opacifier) ดีกว่าสารที่ทึบแสงชนิดอื่นๆ อย่างมาก ดีบุกออกไซด์นี้จะละลายในซิลิเกตที่หลอมได้น้อย และให้สีขางทึบในเคลือบ ใช้กันประมาณ 5-7 เปอร์เซ็นต์ ถ้าใช้มากจะทำให้เคลือบด้าน นอกจากนั้นยังใช้ในการทำสีสำเร็จรูป (Stain) เช่น สี Chrome-Tin Pink ชมพู สีแดง

สารที่ให้ดีบุกออกไซด์ (SnO) ได้แก่

- ดีบุกออกไซด์สูตรทางเคมี คือ SnO (Tin Oxide) เป็นออกไซด์ของดีบุกราคาแพง เป็น Opacifier ที่ดีที่สุดให้สีขาวทึบในเคลือบ ถ้าใส่มากเกินไปจะทำให้ผิวเคลือบทึบ ใช้กันมากในการทำสีสำเร็จรูป (Stain)

11. การเตรียมเคลือบ

วัตถุดิบทุกชนิดที่ใช้ในการเตรียมเคลือบ ควรเขียนชื่อให้ชัดเจนทุกถังอาจใช้วิธีง่าย ๆ เขียนบนแถบกระดาษกาวติดบนถังใส่วัตถุดิบที่มีฝาปิดมิดชิดป้องกันฝุ่นฟุ้งกระจาย ถุงใส่วัตถุดิบทั้งหลายเมื่อเทวัตถุดิบออกหมดแล้วควรนำไปทิ้งนอกบริเวณห้อง เนื่องจากเป็นตัวก่อฝุ่นเมื่อถูกเคลื่อนย้ายไปรอบห้อง นักเซรามิกส์ทุกคนควรระวังสุขภาพของตนให้มากเนื่องจากวัตถุดิบต่าง ๆ เหล่านี้บางอย่างเป็นพิษ เช่น สารตะกั่ว หรือแบเรียมคาร์บอเนต ควรเขียน “สารอันตราย” กำกับไว้ที่ถังด้วยเมื่อคนอื่นมาใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานศึกษามีห้องเรียนหลายชั้นยากต่อการควบคุมวัตถุดิบ วัตถุดิบทางเคมีทุกชนิดควรระวังในการไม่ให้หกเลอะเทอะ

วัตถุดิบทางเคมีในการเตรียมเคลือบส่วนใหญ่ ถูกบดให้เป็นผงละเอียดผ่านตะแกรงเบอร์ 200 เมช วัตถุดิบส่วนใหญ่อยู่ในรูปผงละเอียดสีขาวเหมือนกันหมด ยกเว้นพวกออกไซด์ที่เป็นสีต่างๆ ดังนั้นควรเขียนชื่อวัตถุดิบกำกับให้ชัดเจนป้องกันการผิดพลาดสับสน ในกรณีที่มีผู้ใช้ร่วมกันหลายคน

ในต่างประเทศ เช่นทางยุโรป หรืออเมริกาวัตถุดิบที่มีคุณภาพดีกว่า มีความละเอียดมากกว่าผ่านตะแกรงเบอร์ 325 เมช ได้ ดังนั้นในการเตรียมเคลือบจึงสามารถทำได้ง่ายกว่า โดยชั่งวัตถุดิบตามอัตราส่วนในสูตรที่คำนวณไว้แล้ว ผสมกับน้ำในอัตราส่วนวัตถุดิบแห้ง 1.5 กิโลกรัม ต่อ น้ำ 1 กิโลกรัม กวนวัตถุดิบและน้ำให้เข้ากันด้วยเครื่องกวนไฟฟ้า (Rapid Mixer) เมื่อกวนเข้ากันดีแล้วกรองผ่านตะแกรงเบอร์ 100 เมช 2 ครั้ง สามารถนำเคลือบไปใช้หม้อบดนาน ๆ เพื่อให้เม็ดสีละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันหมด ไม่ปรากฏเป็นจุดสีน้ำตาลหลังการเผา

อุปกรณ์ในการเตรียมเคลือบประกอบด้วย

เครื่องชั่ง (Balance) หรือเครื่องตวงวัด (Scale)

เครื่องชั่งที่ใช้ในโรงงานเล็ก ๆ ควรใช้เครื่องชั่งละเอียด 1 เครื่อง และเครื่องชั่งขนาด 10 กิโลกรัมอีก 1 เครื่อง เครื่องชั่งละเอียดสำหรับชั่งวัตถุดิบในปริมาณน้อย เช่น การชั่งเคลือบทดลองสูตรต่างๆ เครื่องชั่งที่ชั่งได้ 10 กิโลกรัม สำหรับชั่งวัตถุดิบเพื่อบดเป็นถังใหญ่ในปริมาณตั้งแต่ 2 กิโลกรัม ก่อนใช้เครื่องชั่งต้องตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องก่อนเสมอ ไม่ใช้เครื่องชั่งในห้องที่มีลม

โกรก เครื่องจะสูญเสียความเที่ยงตรง ควรเตรียมสูตรเคลือบที่คำนวณเรียบร้อยแล้ว เตรียมดินสอสำหรับใช้เขียนเครื่องหมายถูกในรายการวัตถุดิบที่ชั่งแล้ว เพื่อป้องกันข้อผิดพลาด ขณะทำการชั่งวัตถุดิบ เมื่อมีผู้อื่นมาชวนคุยอาจเกิดการผิดพลาดได้

ตะแกรงกรองน้ำยาเคลือบ (Sieve)

ควรเป็นตะแกรงเบอร์ละเอียดขนาด 80 เมช 100 เมช สามารถหาซื้อได้จากร้านค้าเคมีหรือทำขึ้นเองโดยซื้อตะแกรงทองเหลืองจากร้านขายอุปกรณ์เหล็ก ควรมีตะแกรง 2 อัน เพื่อใช้กับเคลือบขาวหนึ่งอันและเคลือบสีหนึ่งอัน ไม่ปะปนกันเพราะเม็ดสีอาจตกค้างอยู่ตามซอกตะแกรงล้างออกไม่หมดเป็นอันตรายต่อเคลือบสีขาว ทำให้เกิดตำหนิเป็นจุดสีต่างๆ ในเคลือบขาวอาจใช้ตะแกรงรวมกัน

หม้อบดเคลือบ (Pot-Mill)

มีให้เลือกหลายขนาดตามขนาดความจุหรือปริมารของเคลือบในการบดแต่ละครั้ง ถ้าเคลือบมีน้ำหนักเกินกว่า 10 กิโลกรัม ไม่นิยมบดในหม้อบดขนาดเล็กเนื่องจากมีน้ำหนักมากกว่ากำลังคนหนึ่งสามารถยกได้ ตัวหม้อบดแต่ละฝาหนัก 15 กิโลกรัม ลูกบดหนัก 15 กิโลกรัม ปริมารและวัตถุดิบรวมกัน 10 กิโลกรัม ดังนั้นน้ำหนักรวมของหม้อบดปอร์ซเลนที่ใส่ของเต็มที่แล้วมีน้ำหนักเกือบ 50 กิโลกรัม

วิธีใช้หม้อบดปอร์ซเลนขนาดความจุ 1-10 กิโลกรัม

- ใส่ลูกบดในหม้อบดปริมาณครึ่งหนึ่งของหม้อบดเป้นอย่างต่ำ 55-60 % ของเนื้อที่ในหม้อบดเพื่อการบดเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- ใส่ผงวัตถุดิบที่ชั่งแล้วลงในหม้อบดปริมาณ 1/3 ของหม้อบด
- เติมน้ำในอัตราส่วน วัตถุดิบแห้ง 1.5 กิโลกรัม ต่อ 1,000 ซีซี

ตัวอย่าง วัตถุดิบ 1,500 กรัม ใช้น้ำ = 1,000 ซีซี

วัตถุดิบ 5,000 กรัม ใช้น้ำ $= \frac{1,000+5,000}{15,000}$

ใช้น้ำ = 3,350 ซีซี

- ควรมีบริเวณช่องว่างหรืออากาศในหม้อบด 10 -15 % เหนือระดับน้ำ
- ปิดฝาให้แน่น ยกขึ้นวางบนรางหมุน คอยสังเกตฟังเสียงลูกบดในระยะแรก 10 นาที ถ้าไม่ได้ยินเสียงลูกบดควรเติมน้ำอีกเล็กน้อยอาจมีสาเหตุมาจาก วัตถุดิบในสูตรเคลือบมีดินมากเกินปกติ

ทำให้ดูดน้ำเพิ่มขึ้นจากเคลือบธรรมดาเมื่อได้ยินเสียงลูกบดทำงานตามปกติดีแล้ว ปล่อยให้เครื่องบดทำงานไป 4-6 ชั่วโมง จึงเทเคลือบออกตะแกรงเบอร์ 80 เมช หรือ 100 เมช

โกร่งปอร์ซเลนและด้ามบด (Mortor & Pestle)

ใช้สำหรับบดเคลือบในปริมาณน้อยไม่เกิน 100 กรัม ใช้บดสีใต้เคลือบและบนเคลือบ โกร่งที่นิยมใช้มีทั้งโกร่งบดมือและไฟฟ้าซึ่งทำจากดินขาวบริสุทธิ์ โดยปกติในการบดเคลือบทดลองแต่ละสูตรควรใช้เวลาในการบดไม่ต่ำกว่าสูตรละ 20 นาที วัตถุดิบจะเนียนละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน ต้องเติมน้ำก่อนทุกครั้งป้องกันฝุ่นฟุ้งกระจาย ระวังอย่าใช้น้ำในปริมาณมากเกินไป ถ้าใช้น้ำมากเกินไปสูตรเคลือบจะใช้ไม่ได้ต้องรอเคลือบตกตะกอนเสียก่อน

เครื่องกวนเคลือบไฟฟ้า (Rapid Mixer)

ใช้ผสมเคลือบให้เข้ากันก่อนนำเคลือบมาใช้ ควรกวนสารเคมีในถังเคลือบให้ลอยตัวจากก้นถังให้หมดจนมีความข้นสม่ำเสมอแม้แต่ขณะที่ชุบเคลือบอยู่ ก็ต้องกวนถังเคลือบอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากวัตถุดิบในถังมีความถ่วงจำเพาะสูงมากกว่าน้ำมาก จึงตกตะกอนเร็ว ถ้าไม่มีเครื่องกวนต้องกวนด้วยมือทำให้เสียเวลามาก เครื่องกวนเคลือบใช้เวลากวนครั้งละ 10-15 นาที เคลือบก็พร้อมที่จะใช้งาน

การทดสอบเคลือบก่อนใช้

1. การเผาตัวอย่าง

เคลือบถังใหม่ที่บดเสร็จแล้วห้ามนำไปใช้ก่อนที่จะเผาตัวอย่างดูก่อน เพราะถ้าใช้ชุบผลิตภัณฑ์ในทันทีอาจเผาแล้วได้ผลไม่เหมือนเดิม ทำให้เสียหายทั้งหมดเคลือบถังใหม่ทุกชนิดจะต้องผ่านการทดสอบ จนแน่ใจว่าสีเหมือนเดิม

ก่อนนำไปชุบผลิตภัณฑ์ การทำเครื่องปั้นดินเผาต้องระมัดระวังทุกขั้นตอน ต้องฝึกจนเป็นนิสัย เพราะถ้าข้ามขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งไป ผลที่ออกมามักไม่ดีและเสียหายมากไม่คุ้มกับค่าวัตถุดิบ และแรงงานที่ลงทุนไป

ควรมีแผ่นทดลองที่กดเป็นแผ่นบางๆ เจาะรูเพื่อร้อยเชือกได้มุมใดมุมหนึ่ง ชุบแผ่นทดลองในถังเคลือบใหม่ เขียนชื่อกำกับไว้ด้านหลัง นำไปเผาในอุณหภูมิที่ต้องการ หลังการเผาตรวจดูตัวอย่างแผ่นทดลองให้แน่ใจว่า สีเคลือบถูกต้องและมีคุณภาพคงเดิมหรือไม่ โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างเคลือบเก่าที่มีอยู่เมื่อได้สีเคลือบดีคงเดิม จึงนำไปชุบผลิตภัณฑ์ได้ แต่ถ้าเคลือบมีปัญหาควรปรับปรุงเคลือบหรือบดใหม่อีกหนึ่งถัง เมื่อได้เคลือบตามต้องการแล้วเขียนชื่อเคลือบที่ถังและอุณหภูมิที่เผาอย่างชัดเจน ผูกแผ่นทดลองตัวอย่างสีเคลือบติดไว้กับถังด้วย

2. การทดสอบความข้นของเคลือบ

เคลือบทุกถังก่อนใช้ชุบผลิตภัณฑ์ต้องกวน ให้ตัวเคลือบลอยขึ้นจากก้นถังให้หมดแล้วทดลองชุบชิ้นงานตัวอย่าง 1 ชิ้น หรือเศษผลิตภัณฑ์เผาดิบก็ทดสอบได้โดยหยิบเศษผลิตภัณฑ์เผาดิบจุ่มลงในถังเคลือบ แช่ให้นิ่ง ๆ นับในใจ หนึ่ง สอง สาม วินาที ดึงชิ้นงานออกจากถังเคลือบ ตรวจดูความหนาของเคลือบจากชิ้นงานตัวอย่างโดยใช้ดินสอปลายแหลม หรือเข็มขูดผิวเคลือบให้ลึกถึงเนื้อดิน ถ้าชั้นของเคลือบมีความหนา 1-1.5 มิลลิเมตร แสดงว่าความข้นของเคลือบพอเหมาะ ปกติค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำยาเคลือบจะอยู่ในระดับ 1.50 – 1.55 โบรเม่

3. การแก้ไขเคลือบที่ตกตะกอนนอนก้นแข็ง

เคลือบบางชนิดตกตะกอนนอนก้นแข็ง ได้แก่ เคลือบฟริต และเคลือบอื่น ๆ ที่ไม่มีปริมาณดินขาวในสูตรเคลือบ เวลานำเคลือบมาใช้ต้องเสียเวลากวนเคลือบนานทำให้ไม่สะดวกในการใช้ สารที่ช่วยให้เคลือบลอยตัวได้แก่ แคลเซียมคลอไรด์ (Calcium Chloeide) นิยมใช้กันมากในเคลือบอุตสาหกรรมของอังกฤษ แคลเซียมคลอไรด์ เป็นวัตถุดิบคล้ายเกลือมีลักษณะเป็นเกร็ดแบน ๆ สามารถรวมตัวกับความชื้นในอากาศได้ง่ายกลายเป็นน้ำเหนียว ๆ

4. วิธีใช้

เคลือบ 1 ถัง น้ำหนักประมาณ 10 กก. ใช้แคลเซียมคลอไรด์ ประมาณ 1 ช้อนชา ละลายน้ำกับความร้อนครึ่งถ้วย กวนเคลือบให้ลอยตัวขึ้นจากก้นจนหมดจึงค่อย ๆ รินน้ำยาลงไปและกวนตลอดเวลาจนน้ำยาหมดถ้วย และรู้สึกได้ว่าเคลือบลอยตัว ไม่ตกตะกอนอีก ห้ามใช้เกล็ดแคลเซียมคลอไรด์มากเกินไป อาจทำให้เคลือบข้นเป็นวุ้นใช้งานไม่ได้

5. การแก้ไขเคลือบที่เป็นฝุ่นหลุดติดมือได้ง่าย

ผลิตภัณฑ์ทั้งหลายที่พ่นหรือชุบน้ำยาเคลือบทิ้งไว้ให้แห้ง ควรมีคุณสมบัติหยิบยกเข้าเตาเผาได้โดยเคลือบไม่หลุดติดมือ โดยเฉพาะเคลือบที่มีสีน้ำตาล หรือสีดำ ถ้าฝุ่นเคลือบสามารถหลุดติดมือได้ง่าย จะมีปัญหามากเมื่อสีน้ำตาลของฝุ่นเคลือบไปติดที่เครื่องมือเครื่องใช้ทุกอย่างที่โดนมือไปจับต้อง รวมถึงบริเวณเตาเผา และผลิตภัณฑ์สีขาว หรือสีอื่น ๆ ที่เผาในเตาเผาเดียวกัน

เพราะมือของผู้หยิบของเข้าเตาเผาจะเปื้อนสีสนิมเหล็กแดง ซึ่งเช็ดออกได้ยากเมื่อโดนสิ่งต่างๆ รอบตัวที่สัมผัส ดังนั้นคุณสมบัติที่ดีต้องไม่เป็นฝุ่นหลุดติดมือได้ง่าย เมื่อแห้งเนื้อเคลือบต้องแน่นคล้ายมี

พลาสติกที่ใช้ทาบ้าน โดยปกติในสูตรเคลือบเกือบทุกสูตรมีส่วนผสมของดินขาวบริสุทธิ์อยู่ด้วย 10 % ทำให้เคลือบไม่ตกตะกอนง่ายและสีเคลือบไม่เปลี่ยนแปลง ดินขาวทำให้เนื้อเคลือบ

ถ้าในสูตรเคลือบไม่มีดินขาวเป็นส่วนผสมต้องเพิ่มวัตถุดิบที่มี ความเหนียวตัวอื่น ๆ แทนในสูตรเคลือบ วัตถุที่ช่วยให้ผงเคลือบสามารถยึดเกาะกันได้เรียกว่า ไบเดอร์ (Binder) แบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1. ดิน

- ดินขาว 10-20 %
- ดินดำ 10-15 %
- ดินเบนโตไนต์ 1- 3 % นิยมใช้ในเคลือบสีเท่านั้น เนื่องจากดินเบนโตไนต์มีแร่เหล็กเจือปน

หมายเหตุ เคลือบที่ใส่ดินเบนโตไนต์มากเกินไปจะแห้งตัวช้า และแตกร่อนก่อนการเผา

2. การสังเคราะห์

กาว C.M.C กาวโซเดียมบอกซีเมททิลเซลลูโลส (Sodium Carboxy Methyl Cellulose) เป็นกาวสังเคราะห์ที่มีคุณสมบัติไม่บูดเน่าเมื่อทิ้งไว้นาน ๆ

วิธีใช้กาว

ควรละลายผงกาวกับความร้อนหรือต้มแล้วกวนให้มีความเข้มข้นขนาดน้ำ ไม่ควรใส่เป็นผงลงในหม้อบดเคลือบ ใช้กาวที่ละลายแล้วกวนใส่ถังเคลือบภายหลัง ไม่ควรใช้กาว C.M.C เกิน 1 % ในเคลือบ โดยน้ำหนักแห้งถ้าใช้เกินปริมาณจะสร้างปัญหาทำให้เคลือบหดตัวมากเกินไป อาจจะแตกร่อนเป็นเกร็ดขณะที่แห้งหรือเกิดปัญหา เคลือบหดตัวรวมตัวเป็นกระจุกภายหลังการเผา

3. กาวจากอินทรีย์สาร

ได้แก่กาวกฐิน กาวอะราบิด แป้งเปียก น้ำเชื่อมหรือกาวจากสาหร่าย กาวอินทรีย์สารมีคุณสมบัติบูดเน่าได้ง่ายทิ้งไว้ไม่เกิน 24 ชั่วโมง ทำให้เคลือบส่งกลิ่นเหม็นหรือมีมดขึ้น

วิธีกาว

กาวทุกชนิดต้องนำมาละลายกับน้ำร้อนหรือต้มในน้ำเดือด จนละลายเข้ากันดี กรองเอาเศษวัสดุออกเอาน้ำกาวที่ผสมในเคลือบตามต้องการ

ภายหลังการเผากาวสังเคราะห์และกาวจากอินทรีย์สาร จะถูกเผาให้หายไป ในอุณหภูมิประมาณ 400 องศาเซลเซียส

12. การเคลือบ

ก่อนการเคลือบจำเป็นต้องดำเนินการตามขั้นตอนของการเผาที่ถูกต้องและใช้ความระมัดระวัง ควรเก็บผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่ได้นำไปเคลือบ ในที่มิดชิดปราศจากฝุ่นและน้ำมันที่จับตัวลงบนตัวผลิตภัณฑ์ ทางที่ดีควรเก็บไว้ภายในถุงพลาสติก ผลิตภัณฑ์ก่อนการเคลือบจำเป็นต้องใช้ความระมัดระวังในการจับถือ โดยเฉพาะไม่ควรจับผลิตภัณฑ์ในขณะที่มือมีเหงื่อหรือน้ำมัน ซึ่งจะเป็นผลต่อการเกาะตัวของเนื้อเคลือบบนผลิตภัณฑ์ ฉะนั้นก่อนการเคลือบควรนำผลิตภัณฑ์มาเช็ดด้วยผ้าหรือฟองน้ำหมาด ๆ หรืออาจใช้วิธีการล้างด้วยน้ำสะอาด แต่ไม่ควรทำให้ผลิตภัณฑ์อิ่มตัวด้วยน้ำ การเพิ่มความชื้นในตัวผลิตภัณฑ์จะทำให้ปริมาณของเคลือบบนผิวผลิตภัณฑ์เป็นไปอย่างพอเหมาะ ถึงแม้การเคลือบอาจจะจุ่มผลิตภัณฑ์ลงในเคลือบนานเกินไปก็ตาม นอกจากนี้การเพิ่มความชื้นลงในตัวผลิตภัณฑ์ก่อนการเคลือบ ยังเป็นประโยชน์ในการลดสาเหตุของการเกิดรูเข็ม เป็นการควบคุมความหนา และให้ความสม่ำเสมอของเนื้อเคลือบบนผิวผลิตภัณฑ์ได้ดีอีกด้วย ปัจจัยสำคัญของการดูดซึมน้ำของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับสิ่งต่อไปนี้

- ความพรุนตัวของเนื้อผลิตภัณฑ์
- ความหนาของผลิตภัณฑ์
- ความข้นและความสม่ำเสมอของน้ำเคลือบ
- ความชื้นที่มีอยู่ภายในเนื้อผลิตภัณฑ์

โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์ที่ถูกเผาสูงเกินกว่า 990 องศาเซลเซียส เกือบจะไม่มีคุณสมบัติในการดูดซึมน้ำเลย

ก่อนการเผาเคลือบจำเป็นต้องทำความสะอาด ส่วนฐานของภาชนะจนไม่มีเนื้อของเคลือบหลงอยู่ ควรให้มีส่วนที่ไม่ต้องถูกเคลือบสูงจากพื้นที่วางไว้ประมาณ 0.5 เซนติเมตร การเคลือบที่หนาเกินไปจะทำให้มีการไหลเยิ้มของเคลือบระหว่างการเผาและหากเป็นเคลือบใสก็จะมีสีขุ่นมัว การเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ที่เคลือบแล้ว จะทำได้เมื่อเนื้อเคลือบแห้งสนิทดีแล้ว กรรมวิธีในการเคลือบมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น

1.1 เคลือบด้วยวิธีการใช้แปรงหรือพู่กัน

เป็นวิธีที่ง่ายสำหรับผู้ที่เริ่มต้นหัดเคลือบ ถึงแม้ว่าการทาเคลือบให้ได้สม่ำเสมอ จำเป็นต้องอาศัยทักษะบ้าง แต่ก็จะใช้เวลาในการเรียนรู้ที่ไม่นานนัก การใช้แปรงทาเคลือบเป็นเทคนิคที่เหมาะสมกับการเคลือบชนิดใส และเคลือบที่มีอุณหภูมิสุกตัวต่ำ (หรือไฟต่ำ) นิยมพู่กันที่ทำมาจากขนหูวัว ชนิดปลายตัดตรง และมีความกว้างอย่างน้อย 2.5 เซนติเมตร การใช้พู่กันขนอูฐจะอ่อนตัวไป ยกเว้นแต่ในน้ำเคลือบมีส่วนผสมของเนื้อดินเหนียวหรือดินเบนโตไนต์บ้าง ก็จะทำให้การทาเป็นไปได้ด้วยดี การใช้พู่กันทาเคลือบลงบนผลิตภัณฑ์ที่มีสีใต้เคลือบอยู่แล้ว จำเป็นต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ เพราะการลงแปลงที่หนักหรือเคลือบที่มีความใสเกินไป จะทำให้ลวดลายเหล่านี้ลบเลือนได้ การทาน้ำเคลือบหลาย ๆ ครั้งขึ้นอยู่กับความข้นตัวของเนื้อเคลือบถ้าข้นเกินไปก็จะทำให้การเคลือบได้ไม่สม่ำเสมอ และสิ้นเปลืองเนื้อเคลือบ แต่ถ้าน้ำเนื้อเคลือบใสเกินไปก็จะต้องทาเคลือบลงบนตัวผลิตภัณฑ์ยังไม่แห้งตัวจะต้องรีบทาอีกชั้นตามลงไป จึงมีความหนาตามที่ต้องการ มิฉะนั้นแล้วจะมีโอกาสเกิดรูเข็มได้ง่ายมาก

1.2 เคลือบด้วยวิธีชุบหรือจุ่ม (Dipping)

การเคลือบด้วยวิธีนี้ทำได้รวดเร็วและง่ายกว่าวิธีอื่น เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็ก มีน้ำหนักเบาและสามารถบอกได้ โดยการนำผลิตภัณฑ์จุ่มลงในน้ำเคลือบที่เตรียมไว้แล้ว ซึ่งน้ำเคลือบจะต้องมีจำนวนมากพอที่จะจุ่มผลิตภัณฑ์ทั้งใบได้ เป็นวิธีการที่ประหยัดและนิยมใช้กันมาก

1.3 เคลือบด้วยวิธีเทหรือราด (Pouring)

เป็นวิธีที่ใช้กับน้ำเคลือบที่มีปริมาณน้อย ๆ วิธีนี้สามารถทำได้กับภาชนะที่มีรูปร่างต่าง ๆ กัน น้ำเคลือบสำหรับการราดความผสมให้มีปริมาณน้ำมากกว่าวิธีใช้แปรงทา การราดจำเป็นต้องทำด้วยความรวดเร็ว เช่นเดียวกับการจุ่ม

วิธีการเคลือบผลิตภัณฑ์ที่จะใช้เป้นภาชนะ จะเริ่มต้นการเคลือบจากภายในผลิตภัณฑ์นี้ก่อน เช่น การเคลือบชามก็จะเริ่มจาก การเทน้ำเคลือบลงในชามแล้วจึงหมุนชามไปรอบ ๆ โดยให้น้ำเคลือบไหลไปมาอยู่ในชามแล้วจึงเทน้ำเคลือบออก ส่วนการเคลือบภายนอกทำได้โดยการเตรียมไม้ระแนงเล็ก ๆ สองอันวางห่างกันบนอ่างขนาดพอสมควร แล้วจับภาชนะที่จะเคลือบวางคว่ำลงบนไม้ระแนง จากนั้นจึงเริ่มรินน้ำเคลือบลงบนภาชนะโดยรอบจนทั่ว

1.4 เคลือบด้วยวิธีพ่น (Spraying)

วิธีนี้เป็นวิธีที่ทำให้ได้เคลือบที่สม่ำเสมอ (เหมาะสำหรับช่างผู้ชำนาญ) น้ำเคลือบที่ใช้เคลือบด้วยวิธีนี้ต้องผสมให้ใสกว่าการเคลือบด้วย 3 วีแรก เพื่อสะดวกในการพ่น ถ้าน้ำเคลือบมีความเข้มข้นมาก

จะทำให้พ่นไม่ออก วิธีนี้เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่และเครื่องสุขภัณฑ์ต่าง ๆ เวลาพ่นควรจะพ่นในตู้พ่น (Spray Booth) เพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นเคลือบฟุ้งกระจาย และสามารถนำเคลือบที่ติดอยู่ในตู้พ่นมาใช้ได้อีก เป็นการประหยัดไปในตัว นอกจากนั้นยังเหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเผาครั้งเดียว (One Firing) คืออยู่ในลักษณะผลิตภัณฑ์ดิบ (Green Ware) วิธีนี้สิ้นเปลืองน้ำเคลือบมากที่สุด เมื่อผลิตภัณฑ์ผ่านการเคลือบเสร็จแล้ว ต้องตกแต่งผิวเคลือบให้เรียบร้อย เช่นตรงไหนเป็นรอยมือจับไม่มีเคลือบเกาะก็ป้ายเคลือบให้สม่ำเสมอ ถ้าที่ผิวเป็นรูเล็ก ๆ (Pinholes) เมื่อเคลือบแห้งแล้วก็ใช้มือลูบเบา ๆ ผงเคลือบก็จะลงไปอุดจนเรียบ เสร็จแล้วขุดหรือเช็ดน้ำเคลือบส่วนที่ต้องการวางสัมผัสกับพื้นออกให้หมด เพื่อป้องกันการติดกับฐานรองในขณะที่เผา เนื่องจากการหลอมละลายของน้ำเคลือบ

ถ้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีฝาปิด เช่น โถ ผอบ หรือชามมีฝา ผลิตภัณฑ์เหล่านี้เวลาเผาจะต้องปิดฝาเป็นชุด ๆ เพื่อป้องกันการบิดเบี้ยว และเพื่อให้ตัวกับฝาปิดกันได้สนิท ฉะนั้นเมื่อเคลือบแล้วจะต้องขูดเคลือบที่ตัวกับฝาสัมผัสกันให้สะอาด แล้วให้อะลูมินาละลายน้ำทาเบาๆ แทนที่ เพื่อป้องกันไม่ให้ฝากับตัวติดกัน

13 เตาเผาและการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

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

ในปัจจุบันอาจกล่าวได้ว่าความรู้เกี่ยวกับเตาเผาได้ประสบผลสำเร็จ และเผาได้ในอุณหภูมิ สูง และสามารถควบคุมอุณหภูมิตามวัตถุประสงค์ได้ด้วย จะทำให้สร้างเตาที่มีคุณภาพเป็นความต้องการของเจ้าของกิจการ

ชนิดของเตาเผา

เตาเผาเครื่องปั้นดินเผา จัดแบ่งเป็นประเภทใหญ่ๆ ตามทางเดินทางไฟได้ 3 ชนิด คือ

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

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

- แบบเตากลม
- แบบเตาสี่เหลี่ยม

3. เตาอุโมงค์ (Tunnel kiln) เป็นเตาที่มีประสิทธิภาพในการเผา ในทางประหยัดค่าใช้จ่ายและเผาได้ผลดีกว่า มีประโยชน์กับโรงงานใหญ่ๆ ที่มีผลิตภัณฑ์คอยป้อนเตาตลอดเวลา และใช้ครั้งละมากๆ เตาชนิดนี้เริ่มติดไฟเตาแล้วจะใช้เผาติดต่อกันไปโดยไม่ต้องดับไฟ ได้เป็นแรมเดือน ซึ่งต่างจากเตาเผาชนิดอื่น ลักษณะของเตาคล้ายรถไฟลอดเข้าอุโมงค์ตอนกลางมีช่องใส่เชื้อเพลิงสำหรับเผาให้ความร้อนอยู่ตลอดเวลา เชื้อเพลิงที่เหมาะใช้น้ำมันหรือก๊าซ แต่สามารถใช้ถ่านหินหรือฟืนก็ได้

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

บรรยากาศการเผาไหม้ (Firing Atmosphere)

การเผาในทางเซรามิกส์ คือการเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ในเตาภายใต้บรรยากาศที่เหมาะสม เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์มีคุณสมบัติที่ดีขึ้น

บรรยากาศที่ใช้ในการเผาโดยทั่วไป

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

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

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

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

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

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

การเผาเซรามิกส์ มี 3 ขั้นตอนดังนี้

1. การเผาดิบ (Biscuit Firing)
2. การเผาเคลือบ (Glost Firing)
3. การเผาตกแต่ง (Decoration Firing)

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

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

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

การเผาตกแต่ง ชิ้นงานที่เผาเคลือบแล้ว นิยมตกแต่งด้วยสีหรือสติ๊กเกอร์ (Sticker) ที่ทำสำหรับตกแต่งสีโดยเฉพาะ ติดลงไปบนภาชนะที่เคลือบแล้วนำไปเผาเพื่อให้สิ่งตกแต่งติดทนกับชิ้นงาน เรียกว่า ตกแต่งบนเคลือบ (Over glaze decoration) อุณหภูมิที่ใช้เผาตกแต่งบนเคลือบประมาณ 650 –800 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับประเภทวัตถุดิบที่นำมาทำสีว่าจะสุกตัวที่อุณหภูมิใด (ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์. 2541 : 288 – 291)

ในการวิจัยในครั้งนี้จะใช้เตาแก๊สเป็นเชื้อเพลิง เผาดิบในอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส และเผาแกร่งหรือเผาเคลือบในอุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส วัดอุณหภูมิในเตาเผาโดยไพโรแมตตริกเทอร์โมคัพเปิล และไพโรแมตตริกโคน (Orton cones) บรรยากาศในการเผาแบบ บรรยากาศแบบออกซิเดชัน (Oxidation firing)

14. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยภายในประเทศที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยของคณะวิจัย

วีระ เนตราทิพย์ (2550: บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่องการใช้ประโยชน์จากผงหินบะซอลต์มาในการทำเนื้อดินหล่อเซรามิกส์ โดยใช้ผงหินบะซอลต์กับดินคอมพาวด์หรือดินดำ (Ball Clay) ด้วยวิธีการหาอัตราส่วนผสมจากทฤษฎีเส้นตรง (Lain Blend) จำนวน 10 สูตร เผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่าน้ำดินหล่อทั้ง 10 สูตร มีอัตราส่วนผสมของผงหินบะซอลต์ระหว่าง 2-20 เปอร์เซ็นต์ มีคุณสมบัติทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ของเนื้อดินสโตนแวร์ทั้งหมดคือ มีค่าการหดตัว 10-13 เปอร์เซ็นต์ การดูดซึมน้ำสูงสุด 2.63 เปอร์เซ็นต์ ค่าความแกร่งหลังเผา 425-666 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร มีความทนไฟและมีสีหลังเผาไล่ลำดับจากสีครีมอ่อน ไปจนถึงสีน้ำตาลเข้ม ทุกสูตรมีสีสม่ำเสมอและสามารถนำไปใช้เตรียมน้ำดินหล่อ เพื่อผลิตเป็นอุตสาหกรรม โดยมีจุดเด่นคือการเผาครั้งเดียว (One Fire) สามารถลดต้นทุนการผลิตการผลิตในระบบอุตสาหกรรม ทั้งด้านวัตถุดิบและกระบวนการผลิตได้เป็นอย่างดี

วัชระ วชิรภัทรกุลและคณะ (2557: บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ต้นแบบ โดยใช้วัตถุดิบที่พัฒนามาจากผงหินภูเขาไฟจังหวัดบุรีรัมย์ โดยใช้ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า จำนวน 36 จุด พบว่าสูตรอัตราส่วนผสมจุดที่ 8 มีสมบัติทางกายภาพครบถ้วน มีความเหมาะสมในการขึ้นรูปแบบหล่อน้ำดิน เป็นไปตามมาตรฐานของเนื้อดินชนิดสโตนแวร์ และมีอัตราส่วนผสมในเนื้อดินโดยใช้ผงหินบะซอลต์ถึงร้อยละ 50 เผาแบบครั้งเดียว ที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ทำให้สามารถลดต้นทุนในการผลิตเซรามิกส์ได้สูงมาก และผลจากการศึกษาทดลองการใช้เคลือบชนิดต่าง ๆ ทับซ้อนกับเคลือบผงหินบะซอลต์ โดยใช้ตารางทับซ้อน 1 ชั้น จำนวน 10 จุด และ 2 ชั้น จำนวน 90 จุด รวมทั้งหมด 100 จุด โดยกำหนดให้เคลือบบะซอลต์เป็นเคลือบพื้น ใช้ทดสอบกับผลิตภัณฑ์แจกันขนาดเล็ก เนื้อดินคอมพาวด์ ผลิตภัณฑ์หลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,230องศาเซลเซียส บรรยากาศเผาแบบออกซิเดชั่น ผลการทดสอบปรากฏว่า เคลือบทั้ง 100 จุด มีความสวยงามมากในมิติที่แตกต่างกันออกไป ทำให้ผิวเคลือบตกกระ คล้ายเปลือกไข่นกกระทาหรือแตกเป็นดวง ๆ คล้ายหนังงู ซึ่งเกิดจากการใช้เคลือบสองสีทับกัน ทำให้เกิดปฏิกิริยาบนผิวเคลือบในลักษณะต่าง ๆ มีทั้งลักษณะผิวกึ่งมันกึ่งด้าน ลักษณะผิวมันเรียบ มีความมันวาวมาก สีที่ปรากฏส่วนใหญ่ จะเป็นไปตามเคลือบที่นำมาเคลือบทับ การหลอมตัวอยู่ในเกณฑ์ที่สมบูรณ์ เป็นไปตามวัตถุประสงค์มีความแปลกใหม่หลากหลายและสามารถนำไปขยายผล โดยการเลือกนำเคลือบไปลงบนผลิตภัณฑ์แต่ละรูปแบบได้ตามลักษณะพิเศษของเคลือบแต่ละชุดได้อย่างสร้างสรรค์ สามารถทำเป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ร่วมสมัยต้นแบบ เพื่อพัฒนาสู่เชิงพาณิชย์ได้ต่อไป

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ทำการศึกษาวิจัยและพัฒนาด้านเทคโนโลยีการผลิต โดยต่อยอดการใช้ประโยชน์จากผงหินบะซอลต์จากเหมืองหินในจังหวัดบุรีรัมย์เป็นสำคัญ โดยมีขอบเขตการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน คือ การวิจัยเพื่อทดสอบคุณสมบัติของเนื้อดิน การวิจัยเพื่อทดสอบคุณสมบัติของน้ำเคลือบ นำผลการทดลองที่ได้มาออกแบบและผลิตเครื่องปั้นดินเผาที่เหมาะสมกับการผลิต ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาและรวบรวมข้อมูล เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงาน โดยมีรายละเอียดในการดำเนินงานเป็น 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการทดสอบในส่วนของเนื้อดิน
2. ขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติของน้ำเคลือบ เคลือบใส และเคลือบขาวทึบ
3. ขั้นตอนการออกแบบและผลิตเครื่องปั้นดินเผา

1. ขั้นตอนการทดสอบในส่วนของเนื้อดิน

1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย

1. ผงหินบะซอลต์ จากโรงโม่หินภูเขาไฟกระโดง อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์
2. ดินขาว จากบริษัท เคลย์ แอนด์ มิเนอรัลส์ (ประเทศไทยจำกัด)
3. ดินดำสุราษฎร์ธานี จากบริษัท เคลย์ แอนด์ มิเนอรัลส์ (ประเทศไทยจำกัด)
4. สารช่วยกระจายตัว คือ โซเดียมซิลิเกต ชนิดที่ใช้ในการทางการค้าทั่วไป
5. น้ำประปา ช่วยให้ส่วนผสมอยู่ในรูปของของเหลวเป็นเนื้อเดียวกัน

1.2 ทดสอบสมบัติทางกายภาพ (Physical Testing) ของเนื้อดิน โดยจะทดสอบดังต่อไปนี้

1. สีหลังการเผา (Fired color)
2. ความหดตัว (Shrinkage)
3. ความทนไฟ (Refractoriness)
4. ความแข็งแรง (Modulus of rupture)
5. การดูดซึมน้ำ (Water Adsorption)
6. ความเหมาะสมในการขึ้นรูปแบบหล่อน้ำดิน

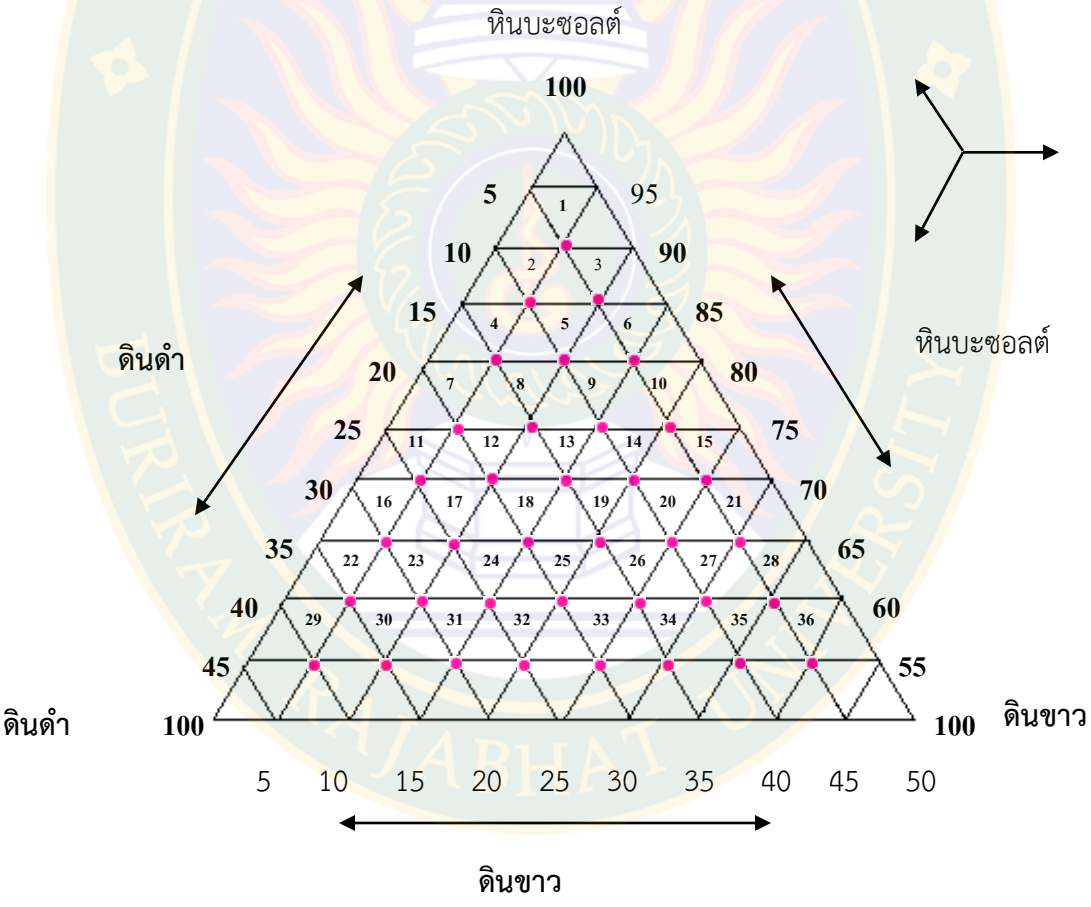
1.3 การหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น

1. เป็นการสุ่มตัวอย่างแบบจำเพาะเจาะจง(Purposive sampling) จากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า (Triaxial Blend) เพื่อให้ได้ส่วนผสมที่มีวัตถุดิบ 3 ชนิด ได้แก่ ผงหินบะซอลต์ จากภูเขาไฟกระโดง อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ ,ดินขาวและดินดำสุราษฎร์ธานี กำหนดจุดในการทดลอง 36 จุด

การผสมโดยใช้ตารางสามเหลี่ยม (Triaxial Diagram)

การผสมวัตถุดิบ 3 ชนิด โดยใช้ตารางสามเหลี่ยม โดยกำหนดให้ใช้วัตถุดิบหลัก 3 ชนิดคือ ตัวอย่าง วัตถุดิบ A วัตถุดิบ B และวัตถุดิบ C ดังอธิบายในตาราง

ตารางที่ 8 อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบบนตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า ซึ่งประกอบไปด้วยจุดส่วนผสม จำนวน 36 จุด (36 สูตร)



ตารางที่ 9 อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบบนตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า (Triaxial blend)

จุดที่	หินบะซอลต์	ดินขาว	ดินดำ	รวม
1	90	5	5	100
2	85	5	10	100
3	85	10	5	100
4	80	5	15	100
5	80	10	10	100
6	80	15	5	100
7	75	5	20	100
8	75	10	15	100
9	75	15	10	100
10	75	20	5	100
11	70	5	25	100
12	70	10	20	100
13	70	15	15	100
14	70	20	10	100
15	70	25	5	100
16	65	5	30	100
17	65	10	25	100
18	65	15	20	100

19	65	20	15	100
20	65	25	10	100
21	65	30	5	100
22	60	5	35	100
23	60	10	30	100
24	60	15	25	100
25	60	20	20	100
26	60	25	15	100
27	60	30	10	100

ตารางที่ 9(ต่อ)

จุดที่	หินบะซอลต์	ดินขาว	ดินดำ	รวม
28	60	35	5	100
29	55	5	40	100
30	55	10	35	100
31	55	15	30	100
33	55	25	20	100
34	55	30	15	100
35	55	35	10	100
36	55	40	5	100

2. ขั้นตอน**การทดสอบคุณสมบัติของน้ำเคลือบ เคลือบใส และเคลือบขาวทึบ**

- เคลือบใส ฟริต CG466 ผสมผงหินบะซอลต์ จำนวน 10 สูตร
- เคลือบขาวทึบ ฟริต OG 053 ผสมผงหินบะซอลต์ จำนวน 10 สูตร
- ใช้วัตถุดิบระหว่างหินบะซอลต์ กับโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์

1. เคลือบที่ใช้ในการทดลองหลักคือเคลือบใส รหัส CG466 อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส ของบริษัทอัมรินทร์ เซรามิกส์ ปรับเพิ่มหินบะซอลต์ลงไปในเคลือบ

การหาอัตราส่วนผสมของเคลือบ โดยใช้ทฤษฎีการเพิ่มวัตถุดิบในอัตราส่วนทีละเท่า ๆ กัน (Addition) โดยใช้วัตถุดิบ 2 ชนิด ได้แก่ เคลือบใส รหัส CG466 กับหินบะซอลต์ โดยกำหนดให้เคลือบใสเป็นวัตถุดิบหลัก มีค่าคงที่อยู่ 100 % และหินบะซอลต์ จะผสมเพิ่มลงไปเริ่มจาก 2 % ในสูตรที่ 1 และจะเพิ่มขึ้นสูตรละ 2 % จนครบทุกสูตร ตามตาราง

ตาราง 10 แสดงการเพิ่มอัตราส่วนผสมระหว่างเคลือบใสกับผงหินบะซอลต์

สูตรที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ฟริต CG466 (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
ผงหินบะซอลต์ (%)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20

2. เคลือบที่ใช้ในการทดลองหลักคือเคลือบขาวทึบ รหัส OG053 อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส ของบริษัทอัมรินทร์ เซรามิกส์ ปรับเพิ่มหินบะซอลต์ลงไปในเคลือบ

การหาอัตราส่วนผสมของเคลือบ โดยใช้ทฤษฎีการเพิ่มวัตถุดิบในอัตราส่วนทีละเท่า ๆ กัน (Addition) โดยใช้วัตถุดิบ 2 ชนิด ได้แก่ เคลือบขาวทึบรหัส OG053 กับหินบะซอลต์ โดยกำหนดให้เคลือบขาวทึบเป็นวัตถุดิบหลัก มีค่าคงที่อยู่ 100 % และหินบะซอลต์ จะผสมเริ่มจาก 2 % ในสูตรที่ 1 และจะเพิ่มขึ้นสูตรละ 2 % จนครบทุกสูตร ตามตาราง

ตาราง 11 แสดงการเพิ่มอัตราส่วนผสมระหว่างเคลือบขาวทึบ กับผงหินบะซอลต์

สูตรที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ฟริตขาวทึบ OG 053 (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
ผงหินบะซอลต์ (%)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20

3. วัตถุดิบที่ใช้ทำเคลือบ ผงหินบะซอลต์ กับโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ เผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส ปรับเพิ่มหินบะซอลต์ลงไปผสมกับโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์

การหาอัตราส่วนผสมของเคลือบ โดยใช้ทฤษฎีเชิงเส้น (Line Blend) ได้ส่วนผสมที่มีวัตถุดิบ 2 ชนิด ได้แก่ โพแทสเฟลส์ปาร์ กับผงหินบะซอลต์ จำนวน 10 สูตร

ตาราง 12 แสดงการปรับอัตราส่วนผสมของเคลือบระหว่างหินบะซอลต์ กับโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์

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

3. ตัวแปรที่ศึกษาวิจัย

3.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ เคลือบชนิดต่าง ๆ จำนวน 10 สูตร ที่นำมาใช้ในการทดลองเคลือบทับเคลือบหินบะซอลต์ดังนี้

- เคลือบใส ผสมผงหินบะซอลต์ จำนวน 10 สูตร
- เคลือบขาวทึบ ผสมผงหินบะซอลต์ จำนวน 10 สูตร
- โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ ผสมผงหินบะซอลต์ จำนวน 10 สูตร

3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ลักษณะของเคลือบหลังการเผา

- ลักษณะของผิวเคลือบ
- ลักษณะความมันวาว
- ลักษณะการหลอมตัวของเคลือบ

- ความสวยงามลงตัวในการเคลือบบนผลิตภัณฑ์

4. อุณหภูมิที่ใช้ทดลองกำหนดที่ Cone 5 อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส

5. เตาเผาที่ใช้ในการทดลองคือ เผาแบบออกซิเดชัน เตาแก๊สและเตาไฟฟ้า

3. ขั้นตอนการออกแบบและผลิตเครื่องปั้นดินเผา

ผลการทดลองใน 2 ขั้นตอนแรก นำมาออกแบบสร้างสรรค์เป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบทั้งในส่วนคุณลักษณะของเนื้อดิน และคุณลักษณะของน้ำเคลือบ ในการปฏิบัติงานเซรามิกส์ คุณลักษณะของวัสดุมีผลต่อการออกแบบทั้งด้านโครงสร้างทั่วไป และการประดับตกแต่งเป็นอย่างมาก การที่มีความรู้ความชำนาญ ในการออกแบบดังนี้

1. การกำหนดแนวความคิดหลักในการทดลองออกแบบครั้งนี้ เป็นการนำคุณลักษณะเด่นของเนื้อดินมาทำการออกแบบและการนำคุณลักษณะเด่นของน้ำเคลือบมาใช้เป็นแนวความคิดหลักในการออกแบบ

2. ลงมือออกแบบโดยการวาดภาพร่าง ทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ อย่างหลากหลายรูปแบบ เพื่อศึกษาแง่มุมต่าง ๆ และแก้ปัญหาในการออกแบบ

3. คัดเลือกรูปแบบที่เหมาะสมที่สุด ทั้ง 2 แนวทาง มาทำการปรับปรุงแก้ไข เพื่อทดลองผลิต

4. ปฏิบัติงานด้านกระบวนการผลิต ตามระบบการผลิตเครื่องปั้นดินเผา

5. วิเคราะห์ผลงานที่ออกแบบ

1. การกำหนดแนวคิดหลักในการออกแบบ

ในการศึกษาข้อมูลในโครงการการพัฒนาเนื้อดินและน้ำเคลือบอุณหภูมิต่ำจากผงหินบะซอลต์ จังหวัดบุรีรัมย์ เพื่อลดต้นทุนการผลิตในอุตสาหกรรมเซรามิกส์โดยคำนึงถึงคุณลักษณะเด่นของเนื้อดินและน้ำเคลือบที่ได้จากการทดลอง มาทำการออกแบบให้มีความสวยงามกลมกลืน สามารถผลิตได้ตามระบบอุตสาหกรรม เป็นรูปแบบที่มีความร่วมสมัยเหมาะสมกับสภาพปัจจุบัน และเป็นแนวทางใหม่ใช้ในการออกแบบที่เป็นรูปธรรม สามารถถ่ายทอดแนวความคิดขยายผลต่อยอดการสร้างสรรค์ผลงานที่มีความโดดเด่นได้ต่อไป

2. การออกแบบภาพร่าง

หลังจากที่ได้ผลการทดลองในขั้นตอนที่ 1 ในส่วนของเนื้อ และขั้นตอนที่ 2 ในส่วนของน้ำเคลือบ โดยคุณลักษณะเด่นที่พบจากการทดลองเป็นแนวคิดหลักในการออกแบบและสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ต้นแบบ โดยใช้วัตถุดิบที่พัฒนามาจากผงหินภูเขาไฟ จังหวัดบุรีรัมย์ แล้วจึงทำการออกแบบภาพร่างในลักษณะ 2 มิติ และ 3 มิติ หรือหุ่นจำลอง 3 มิติของงานที่ผู้วิจัยนำแนวความคิดหลักมาสร้างให้เกิดปรากฏเป็นจริง ลักษณะรูปทรงของงานซึ่งเกิดจากการประยุกต์แนวความคิดให้เป็นรูปธรรม และถูกถ่ายทอดเป็นภาพร่างอย่างหยาบ ๆ มีขนาดเล็ก อาจยังไม่มีรายละเอียดที่ชัดเจนมากนัก มีการกำหนดขนาดสัดส่วนให้ง่ายในการพิจารณาปรับปรุงเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติม ทั้งในส่วนของโครงสร้าง - รูปทรง และรายละเอียดในการตกแต่งผลิตภัณฑ์ทั้งการใช้เนื้อดินและน้ำเคลือบ รวมไปถึงกำหนดแนวทางในการผลิตและวิเคราะห์ปัญหาอันอาจเกิดจากการสร้างสรรค์และแนวทางในการแก้ไขปัญหาให้มีความกลมกลืนเป็นเอกลักษณ์ และมีความเหมาะสมลงตัวสำหรับจัดทำเป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ต้นแบบ โดยใช้วัตถุดิบที่พัฒนามาจากผงหินภูเขาไฟ จังหวัดบุรีรัมย์

หลังจากที่ได้ศึกษารูปแบบของแจกันและทฤษฎีการออกแบบต่างๆแล้ว จึงได้ลงมือทำการออกแบบรูปทรงของแจกันอย่างหลากหลาย เพื่อนำมาเปรียบเทียบดูว่ารูปแบบไหนเหมาะสมกับทฤษฎีไหนพร้อมทั้งศึกษาทฤษฎีการออกแบบและหลักการออกแบบหลังจากนั้นก็นำข้อมูลทั้ง 3 แนวทางมาทำการออกแบบภาพร่าง โดยคัดเลือกรูปทรงของแจกันและหลักการออกแบบที่คิดว่าเหมาะสมและน่าสนใจกับแต่ละทฤษฎีการออกแบบ จากนั้นนำแบบที่เลือกมาทำการปั้นเป็นตัวต้นแบบขนาดเล็ก รวมไปถึงการวางตำแหน่งของทัศนธาตุให้หลากหลายรูปแบบ และทำการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงรูปแบบ รายละเอียดต่างๆ เพื่อศึกษาองค์ประกอบต่างๆให้เหมาะสมสวยงามพร้อมทั้งนำไปเขียนแบบกำหนดรายละเอียดต่อไป

3. การคัดเลือกรูปแบบเพื่อออกแบบรายละเอียด

การนำแบบร่างที่สร้างขึ้นเป็นจำนวนมากมาเปรียบเทียบโดยใช้หลักเกณฑ์ที่ได้จากการวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกแบบที่มีความเหมาะสมสูงสุด สามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จด้วยวิธีการที่ง่าย ประหยัดและมีความเป็นไปได้จริงในการผลิต การออกแบบรายละเอียดโดยการนำแบบที่ผ่านการพิจารณาคัดเลือกแล้วมาพัฒนาต่อไปจนถึงขั้นรายละเอียดของส่วนประกอบต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ครบถ้วนมากยิ่งขึ้น การออกแบบรายละเอียดจะเกิดขึ้นขณะเขียนแบบ นับเป็นขั้นตอนสำคัญที่มีส่วนช่วยเปลี่ยนแปลงแบบที่มาจากแนวความคิดธรรมดาให้เป็นแนวความคิดที่น่าสนใจและใช้งานได้ดี จากนั้นจึงนำแบบที่สำเร็จทั้ง

ในลักษณะงาน 2 มิติ และ 3 มิติ มาทำการประเมินผลงานนั้น ๆ ว่ามีความถูกต้องและครบถ้วนตามขอบเขตและจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้เพียงใด เป็นการตรวจสอบขั้นสุดท้ายก่อนการผลิตจริง

4. ปฏิบัติงานด้านกระบวนการผลิต ตามระบบการผลิตเครื่องปั้นดินเผา

4.1 การเขียนแบบตามขนาดจริง

การเขียนแบบของผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จรูป การเขียนแบบครั้งนี้เป็นการกำหนดขนาดที่แน่นอนของผลิตภัณฑ์ จึงสามารถทราบขนาดสัดส่วนจริงของผลิตภัณฑ์ที่จะนำไปทำต้นแบบ พร้อมทั้งหาค่าการหดตัวของเนื้อดินเพิ่มเข้าไปด้วย ข้อดีของการเขียนแบบคือ สามารถทำให้เราทราบขนาดและเป็นการกำหนดขอบเขตที่แน่นอนสำหรับการทำต้นแบบต่อไป

4.2 การทำต้นแบบและการทำพิมพ์ในการขึ้นรูปแบบการหล่อน้ำดิน

ในการออกแบบผลิตภัณฑ์แจกันร่วมสมัยจากทฤษฎีการออกแบบในครั้งนี้เป็นการออกแบบที่เน้นการขึ้นรูปด้วยกระบวนการหล่อน้ำดินเพื่อผลิตให้ได้จำนวนมาก (Mass Product) เท่านั้น กรรมวิธีการสร้างสรรค์รูปแบบเครื่องปั้นดินเผาตามแนวความคิดครั้งนี้ใช้การขึ้นรูปแบบหล่อกลวง การทำต้นแบบในงานนี้อาศัยการกลึงต้นแบบจากแท่นกลึง และ ทำต้นแบบด้วยกรรมวิธีการเหลาด้วยมือ การกลึงต้นแบบโดยการเทปูนปลาสเตอร์ลงบนแท่นกลึงตามรูปทรงและขนาดที่เรากำหนด จากนั้นทำการกลึงให้ได้ตามที่เรากำหนดแล้วค่อยตัด การเหลาต้นแบบด้วยมือ โดยการเทปูนปลาสเตอร์ตามรูปทรงและขนาดที่เรากำหนดไว้ แล้วใช้ใบมีดหรือใบเลื่อยเหลาต้นแบบให้ได้ตามที่เรากำหนดไว้ เมื่อได้แบบตรงกับแบบที่ออกแบบไว้ก็นำมาทำพิมพ์ โดยดูลักษณะของลวดลายและรูปทรงของตัวต้นแบบมาเป็นเกณฑ์ในการแบ่งพิมพ์กี่ชิ้น ขึ้นอยู่กับรูปทรงและลวดลายของต้นแบบ การทำต้นแบบครั้งนี้มีแจกัน 1 ชุด ประกอบไปด้วยแจกัน 12 ชิ้นดังต่อไปนี้

1. แจกันรูปแบบที่ 1 เป็นแจกันที่ใช้ทฤษฎีเส้นแย้ง
2. แจกันรูปแบบที่ 2 เป็นแจกันที่ใช้ทฤษฎีเส้นเฉียง
3. แจกันรูปแบบที่ 3 เป็นแจกันที่ใช้ทฤษฎีการซ้ำ
4. แจกันรูปแบบที่ 4 เป็นแจกันที่ใช้ทฤษฎีจังหวะ
5. แจกันรูปแบบที่ 5 เป็นแจกันที่ใช้ทฤษฎีระดับความเปลี่ยนแปลง
6. แจกันรูปแบบที่ 6 เป็นแจกันที่ใช้ทฤษฎีความเคลื่อนไหว
7. แจกันรูปแบบที่ 7 เป็นแจกันที่ใช้ทฤษฎีความกลมกลืน
8. แจกันรูปแบบที่ 8 เป็นแจกันที่ใช้ทฤษฎีความขัดแย้ง
9. แจกันรูปแบบที่ 9 เป็นแจกันที่ใช้ทฤษฎีสัดส่วน

10. แจกันรูปแบบที่ 10 เป็นแจกันที่ใช้ทฤษฎีดุลยภาพ
11. แจกันรูปแบบที่ 11 เป็นแจกันที่ใช้ทฤษฎีการเน้น
12. แจกันรูปแบบที่ 12 เป็นแจกันที่ใช้ทฤษฎีเอกภาพ

4.3 การขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อน้ำดิน

การขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อน้ำดินที่ใช้ปูนพลาสเตอร์เป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมทำกันถึงแม้ว่ากรรมวิธีเช่นนี้จะเป็นลักษณะการใช้เทคนิคทางอุตสาหกรรม ศิลปินบางท่านนิยมการขึ้นรูปแบบนี้ เนื่องจากกรรมวิธีที่แน่นอน ลักษณะพิมพ์ที่ใช้ในการหล่อน้ำดินจะเป็นพิมพ์ชิ้นส่วนมากประมาณ 2 – 4 ชิ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของรูปทรงของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในการวิจัยครั้งนี้ใช้การหล่อแบบเทออก (Drain Casting) เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีลักษณะกลวง โดยการเติมน้ำดินลงไปในปูนพลาสเตอร์ที่แห้งสนิท บริเวณผิวพิมพ์และเนื้อปูนพลาสเตอร์จะมีรูเล็กๆ ทำหน้าที่ดูสับน้ำดินจนได้ความหนาที่เหมาะสมจึงเทน้ำดินออกรอให้เซตตัวและแกะออกจากพิมพ์

5. วิเคราะห์ผลงานที่ออกแบบ

หลักเกณฑ์ที่นำมาใช้วิเคราะห์ผลงานในครั้งนี้จะใช้หลักเกณฑ์โดยทั่ว ๆไปซึ่งประกอบด้วยหัวข้อหลัก ๆ ดังต่อไปนี้

1. ประโยชน์ใช้สอยทางกายภาพ
    1.1 ความสะดวกสบายจากการใช้งานตามหน้าที่
    1.2 โครงสร้างและความแข็งแรงคงทน
    1.3 การบำรุงรักษา
    1.4 ความเหมาะสมกับสรีระและความปลอดภัย
2. ความงาม
    2.1 ความงามอย่างเหมาะสมตามประเภทของงาน
    2.2 ความเรียบง่ายของรูปทรง
    2.3 ความละเอียดประณีตของผลงาน
3. การผลิตและความเหมาะสมกับการใช้เป็นของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ต้นแบบ โดยใช้วัตถุดิบที่พัฒนามาจากผงหินภูเขาไฟ จังหวัดบุรีรัมย์
    3.1 ความเหมาะสมในการเลือกใช้วัสดุ
    3.2 ขั้นตอนและเทคนิคทางการผลิต

3.3 ความเหมาะสมกับการใช้เป็นของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ต้นแบบ

6. การเผาผลิตภัณฑ์

เผาดิบ (Biscuit Firing) เมื่อได้ผลิตภัณฑ์ที่แห้งสนิท แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ซึ่งเผาในเตาไฟฟ้าในบรรยากาศออกซิเดชั่น

เผาแกร่ง นำผลิตภัณฑ์ที่เผาดิบแล้ว มาเผาแกร่งโดยใช้เตาไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศออกซิเดชั่น

7. สถานที่และระยะเวลาในการดำเนินงาน

สาขาวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ระยะเวลา ระหว่าง วันที่ 19 พฤศจิกายน 2557 ถึง วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2558

บทที่ 4

วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

การวิจัยครั้งนี้ มีการแบ่งขั้นตอนในการปฏิบัติงานออกเป็น 3 ขั้นตอนด้วยกัน ขั้นตอนแรกจะเป็นการทดสอบในส่วนของเนื้อดิน โดยใช้วัตถุดิบหลักจากผงหินบะซอลต์ เป็นการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน รวมไปถึงการศึกษาถึงอัตราส่วนผสมของเนื้อดินที่ดีที่สุดเพื่อนำมาทดลองผลิตในขั้นตอนที่ 2 จะเป็นการทดสอบสมบัติของน้ำเคลือบ ซึ่งทั้ง 2 ขั้นตอนนี้จะมีจุดมุ่งหมายที่สัมพันธ์กันคือเพื่อลดจุดสุกตัวของเนื้อดินและน้ำเคลือบ และขั้นตอนที่ 3 นำผลการทดลองทั้งเนื้อดิน และน้ำเคลือบที่ได้นำมาออกแบบและผลิตเครื่องปั้นดินเผาที่เหมาะสมกับการผลิต ซึ่งผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลการดำเนินงานโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ผลการวิเคราะห์การศึกษาต่อยอดการพัฒนาศักยภาพด้านวัตถุดิบโดยนำเอาผงหินบะซอลต์เป็นวัตถุดิบหลักมาใช้ในการทำเนื้อดินหล่อและน้ำเคลือบในการผลิตเซรามิกส์อุณหภูมิต่ำ

1.1 ผลการวิเคราะห์ผลการทดสอบในส่วนของเนื้อดิน

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเนื้อดินและหินบะซอลต์ เพื่อนำมาใช้ในการขึ้นรูป โดยใช้วิธีการหล่อน้ำดิน โดยวิเคราะห์ตามผลการทดลองทางกายภาพดังนี้

1.1.1 ผลวิเคราะห์เนื้อดินก่อนเผา

1.1.1.1 สีของเนื้อดิน

1.1.1.2 ความเหนียวของเนื้อดิน

1.1.1.3 ลักษณะของเนื้อดิน

1.1.1.4 การขึ้นรูปแท่งทดสอบ

1.1.2 ผลวิเคราะห์เนื้อดินหลังเผาแกร่งที่ อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส

1.1.2.1 ความทนไฟ

1.1.2.2 สีของเนื้อดิน

1.1.2.3 ความแกร่ง

1.1.2.4 การหดตัว

1.1.2.5 การดูดซึมน้ำ

ตารางที่ 13 บันทึกผลการทดลองก่อนเผาของเนื้อดินจากผงหินบะซอลต์

สูตรที่	สีของเนื้อดิน	ความเหนียวของเนื้อดิน	ลักษณะของเนื้อดิน	การขึ้นรูปแท่งทดสอบ
1	เทาเข้ม	ไม่เหนียว	ผิวหยาบ	หล่อไม่ได้
2	เทาเข้ม	ไม่เหนียว	ผิวหยาบ	หล่อไม่ได้
3	เทาเข้ม	เหนียวน้อย	ผิวหยาบ	หล่อได้
4	เทาเข้ม	เหนียวน้อย	ผิวหยาบ	หล่อได้
5	เทาเข้ม	ค่อนข้างเหนียว	ผิวละเอียด	หล่อได้ดี
6	เทาเข้ม	ค่อนข้างเหนียว	ผิวละเอียด	หล่อได้ดี
7	เทาเข้ม	ค่อนข้างเหนียว	ผิวละเอียด	หล่อได้ดี
8	เทาเข้ม	ค่อนข้างเหนียว	ผิวละเอียด	หล่อได้ดี
9	เทาเข้ม	ค่อนข้างเหนียว	ผิวละเอียด	หล่อได้ดี
10	เทาเข้ม	ค่อนข้างเหนียว	ผิวละเอียด	หล่อได้ดี
11	เทาเข้ม	เหนียวดี	ผิวละเอียด	หล่อได้ดี
12	เทาเข้ม	เหนียวดี	ผิวละเอียด	หล่อได้ดี
13	เทา	เหนียวดี	ผิวละเอียด	หล่อได้ดี
14	เทา	ค่อนข้างเหนียว	ผิวละเอียด	หล่อได้ดี
15	เทา	ค่อนข้างเหนียว	ผิวละเอียด	หล่อได้ดี
16	เทา	เหนียวดี	ผิวละเอียด	หล่อได้ดี
17	เทา	เหนียวดี	ผิวละเอียด	หล่อได้ดี
18	เทา	เหนียวดี	ผิวละเอียด	หล่อได้ดี
19	เทา	เหนียวดี	ผิวละเอียด	หล่อได้ดี
20	เทา	ค่อนข้างเหนียว	ผิวละเอียด	หล่อได้ดี
21	เทา	ค่อนข้างเหนียว	ผิวละเอียด	หล่อได้ดี
22	เทาขาว	เหนียวดี	ผิวละเอียด	หล่อได้ดี

23	เทาขาว	เหนียวดี	ผิวละเอียด	หล่อได้ดี
24	เทาขาว	เหนียวดี	ผิวละเอียด	หล่อได้ดี
25	เทาขาว	เหนียวดี	ผิวละเอียด	หล่อได้ดี
26	เทาขาว	เหนียวดี	ผิวละเอียด	หล่อได้ดี
27	เทาขาว	เหนียวดี	ผิวละเอียด	หล่อได้ดี
28	เทาขาว	เหนียวดี	ผิวละเอียด	หล่อได้ดี
29	เทาขาว	เหนียวดี	ผิวละเอียด	หล่อได้ดี
30	เทาขาว	เหนียวดี	ผิวละเอียด	หล่อได้ดี

ตารางที่ 13 (ต่อ)

สูตรที่	สีของเนื้อดิน	ความเหนียวของเนื้อดิน	ลักษณะของเนื้อดิน	การขึ้นรูปแท่งทดสอบ
31	เทาขาว	เหนียวดี	ผิวละเอียด	หล่อได้ดี
32	เทาขาว	เหนียวดี	ผิวละเอียด	หล่อได้ดี
33	เทาขาว	เหนียวดี	ผิวละเอียด	หล่อได้ดี
34	เทาขาว	เหนียวดี	ผิวละเอียด	หล่อได้ดี
35	เทาขาว	เหนียวดี	ผิวละเอียด	หล่อได้ดี
36	เทาขาว	เหนียวดี	ผิวละเอียด	หล่อได้ดี

ผลการวิเคราะห์เนื้อดินก่อนเผา

จากการทดสอบเพื่อพัฒนาเนื้อดินไฟต่ำจากผงหินบะซอลต์ ทำการหาอัตราส่วนผสมจากทฤษฎีตารางสามเหลี่ยมมีวัตถุดิบ 3 ชนิด ได้แก่ ผงหินบะซอลต์ ดินขาว และดินดำ ทำการบดผสมและวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน พบว่าสีของเนื้อดินจะมีตั้งแต่สีเทา สีเทาเข้ม และสีเทาขาว ความเหนียวของเนื้อดิน มีความเหนียวตามอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ สูตรที่มีอัตราส่วนผสมของดินดำ (Ball Clay) มากก็จะเหนียวมาก สูตรที่มีอัตราส่วนผสมของผงหินบะซอลต์มากก็จะเหนียวน้อย ลงตามอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ ลักษณะของเนื้อดิน ดินมีลักษณะผิวละเอียด เนื่องจากมีอัตราส่วนผสมของผงหินบะซอลต์และดินดำเป็นจำนวนมาก การขึ้นรูปแท่งทดสอบ สูตรที่มีอัตราส่วนผสมของผงหินบะซอลต์มากจะไม่สามารถขึ้นรูปแท่งทดสอบได้ สูตรที่มีอัตราส่วนผสมของดินดำจะมากสามารถขึ้นรูปแท่งทดสอบได้ดี

ตารางที่ 14 สรุปผลการทดลองเนื้อดินจากผงหินบะซอลต์หลังเผา 1,100 องศาเซลเซียส

สูตรที่	ความทนไฟ	สีของเนื้อดิน	ความแกร่ง กก./ซม.^{2}	การหดตัว (%)	การดูดซึมน้ำ (%)
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
3	ผ่าน	น้ำตาลเข้ม	90.16	4.5	21.54
4	ผ่าน	น้ำตาลเข้ม	171.26	6.04	15.76
5	ผ่าน	น้ำตาล	128.50	3.7	18.97
6	ผ่าน	น้ำตาล	79.81	3.8	20.67
7	ผ่าน	น้ำตาล	147.95	4.97	16.30
8	ผ่าน	น้ำตาลเข้ม	125.73	6.94	14.44
9	ผ่าน	น้ำตาลเทา	148.58	6.9	17.72
10	ผ่าน	น้ำตาล	165.41	6.87	18.70

ตารางที่ 14 (ต่อ)

สูตรที่	ความทนไฟ	สีของเนื้อดิน	ความแกร่ง กก./ซม.^{2}	การหดตัว (%)	การดูดซึมน้ำ (%)
11	ผ่าน	น้ำตาลเข้ม	188.69	9.79	12.36
12	ผ่าน	น้ำตาล	201.06	8.94	14.24
13	ผ่าน	น้ำตาล	168.60	7.57	15.86
14	ผ่าน	น้ำตาล	156.45	7.4	17.26
15	ผ่าน	น้ำตาลเทา	178.18	7.59	18.22
16	ผ่าน	น้ำตาล	200.26	9.79	11.02
17	ผ่าน	น้ำตาลเข้ม	191.62	8.54	11.30
18	ผ่าน	น้ำตาล	155.03	7.67	13.88
19	ผ่าน	น้ำตาล	174.81	7.67	15.52
20	ผ่าน	น้ำตาล	165.87	7.39	17.28
21	ผ่าน	น้ำตาล	107.24	7.7	19.34
22	ผ่าน	น้ำตาลเข้ม	192.86	11.7	7.78
23	ผ่าน	น้ำตาลเทา	142.03	12.14	8.76

24	ผ่าน	น้ำตาล	169.54	8.7	13.21
25	ผ่าน	น้ำตาล	179.86	9.39	12.45
26	ผ่าน	น้ำตาล	167.95	9.99	12.25
27	ผ่าน	น้ำตาล	177.81	9.9	14.86
28	ผ่าน	น้ำตาล	165.96	9.49	16.44
29	ผ่าน	น้ำตาลเข้ม	234.79	12.8	6.57
30	ผ่าน	น้ำตาล	167.92	11.77	9.24
31	ผ่าน	น้ำตาลเทา	191.59	11.84	8.18
32	ผ่าน	น้ำตาลเทา	224.11	11.79	9.01
33	ผ่าน	น้ำตาล	176.65	11.69	11.05
34	ผ่าน	น้ำตาล	209.49	11.74	10.92
35	ผ่าน	น้ำตาลอ่อน	166.74	10.39	13.92
36	ผ่าน	น้ำตาลครีม	146.27	9.79	16.78

ผลวิเคราะห์เนื้อดินหลังเผาแกร่งที่ อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส

จากผลการทดลองเนื้อดินผสมผงหินบะซอลต์ พบว่าเนื้อดินทุกสูตรสามารถทนไฟในระดับอุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส โดยไม่มีการหลอมละลาย ยกเว้นสูตรที่ 1 และ 2 ซึ่งไม่สามารถหล่อแท่งทดสอบได้เนื่องจากมีอัตราส่วนผสมของผงหินบะซอลต์ปริมาณมาก สีของเนื้อดินจะมีตั้งแต่สีน้ำตาลอ่อนไปจนถึงน้ำตาลเข้ม ตามปริมาณอัตราส่วนของหินบะซอลต์ที่เพิ่มหรือลดตามอัตราส่วน ความแกร่งของเนื้อดินหลังเผาพบว่าสูตรที่มีความแกร่งมากที่สุดคือ สูตรที่ 29 มีค่าความแกร่งเท่ากับ 234.79 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สูตรที่มีความแกร่งน้อยที่สุดคือ สูตรที่ 6 มีค่าความแกร่งเท่ากับ 79.81 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าการหดตัวที่มากที่สุดคือสูตรที่ 23 มีการหดตัวเท่ากับ 12.14 เปอร์เซ็นต์ ค่าการหดตัวน้อยที่สุดคือสูตรที่ 5 มีการหดตัวเท่ากับ 3.7 เปอร์เซ็นต์ ค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุดคือสูตรที่ 3 มีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 21.54 เปอร์เซ็นต์ ค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุดคือสูตรที่ 29 มีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 6.57 เปอร์เซ็นต์

จากการวิเคราะห์ผลการทดลอง ผู้วิจัยได้วิเคราะห์คุณสมบัติของคุณภาพของเนื้อดินแล้วโดยใช้มาตรฐานของเนื้อดินชนิดสโตนแวร์ พบว่า สูตรที่ใกล้เคียงเกณฑ์ของเนื้อดินสโตนแวร์ได้แก่ สูตรที่ 29 คือ มีค่าการหดตัวของเนื้อดินไม่เกินร้อยละ 15 และค่าการดูดซึมน้ำใกล้เคียงกับเกณฑ์มาตรฐานที่สุด คือดูดซึมน้ำร้อยละ 6.57 และมีค่าความแกร่งสูงสุด แต่ยังไม่ถึงค่าความแกร่งของเนื้อดินสโตนแวร์ เนื่องจากเป็นเนื้อดินที่มีส่วนผสมของหินบะซอลต์ในปริมาณมาก และประกอบกับการเผาที่อุณหภูมิต่ำ

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้เลือกสูตรที่ 29 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของเนื้อดินในอัตราส่วนดังนี้

- ผงหินบะซอลต์ 55 เปอร์เซ็นต์
- ดินขาว 5 เปอร์เซ็นต์
- ดินดำ 40 เปอร์เซ็นต์

มีคุณสมบัติทางกายภาพดังนี้ สีของเนื้อดิน มีสีน้ำตาลเข้ม มีค่าความแข็งแกร่ง 234.79 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีค่าการหดตัวเท่ากับ 12.8 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 6.57 เปอร์เซ็นต์ มาทำการทดลองเป็นน้ำดินหล่อเพื่อนำมาขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ โดยใช้วิธีการหล่อน้ำดินเป็นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกแบบจากการวิจัย

1.2 ผลวิเคราะห์การศึกษาต่อยอดคุณลักษณะของน้ำเคลือบ

ในการทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ที่สำคัญคือต้องการลดอุณหภูมิของน้ำเคลือบให้มีจุดสุกตัวที่ต่ำลง ทำการทดสอบ 3 วิธีการ ได้แก่ 1) การใช้เคลือบใส (ฟริต CG466) ผสมผงหินบะซอลต์ 2) เคลือบขาวทึบ (ฟริต OG053) ผสมผงหินบะซอลต์ และ 3) ใช้วัตถุดิบระหว่างหินบะซอลต์ กับโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์

จากผลการทดลองใช้เคลือบเคลือบหินบะซอลต์บรรยากาศการเผาแบบออกซิเดชันซึ่งผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลการทดลองโดยมีหัวข้อวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1.2.1 ลักษณะของผิวเคลือบ

1.2.1.1 ผิวมันเรียบ

1.2.1.2 ผิวกึ่งมันกึ่งด้าน

1.2.1.3 ผิวด้าน

1.2.2 ลักษณะสีหลังการเผา

1.2.3 ความมันวาวของเคลือบ

1.2.3.1 มีความมันวาวมาก

1.2.3.2 มีความมันวาวปานกลาง

1.2.3.3 มีความมันวาวเล็กน้อย

1.2.3.4 ไม่มีความมันวาว

1.2.4 ลักษณะการหลอมตัวของเคลือบ

1.2.4.1 หลอมตัวสมบูรณ์

1.2.4.2 หลอมตัวไม่ค่อยสมบูรณ์

1.2.4.3 หลอมตัวไม่สมบูรณ์

วิธีการที่ 1. เป็นการทดสอบโดยใช้ ฟริต (Frit) รหัส CG466 จากบริษัทอัมรินทร์ เซรามิกส์ คอปเปอร์เรชั่น เป็นลักษณะของเคลือบใส โดยปรับเพิ่มหินบะซอลต์ ขนาด 100 เมช ลงไปในเคลือบ โดยใช้ทฤษฎีการเพิ่มวัตถุดิบในอัตราส่วนทีละเท่า ๆ กัน (Addition) โดยใช้วัตถุดิบ 2 ชนิด ได้แก่ ฟริต รหัส CG466 กับหินบะซอลต์ โดยกำหนดให้ ฟริตเป็นวัตถุดิบหลัก มีค่าคงที่อยู่ 100 % และหินบะซอลต์ จะผสมเพิ่มลงไปเริ่มจาก 2 % ในสูตรที่ 1 และจะเพิ่มขึ้นสูตรละ 2 % จนถึง 20 % จำนวน 10 สูตร ตามตาราง แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 15 แสดงการเพิ่มอัตราส่วนผสมระหว่างฟริต CG466 กับผงหินบะซอลต์ 10 สูตร

สูตรที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ฟริต CG466 (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
ผงหินบะซอลต์ (%)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20

ตารางที่ 16 ลักษณะของเคลือบใสระหว่างฟริต CG466 ปรับเพิ่มผงหินบะซอลต์ หลังเผา 1,100 °C

สูตรที่	ลักษณะของผิวเคลือบ	ลักษณะสีหลังการเผา	ความมันวาวของเคลือบ	การหลอมตัวของเคลือบ
1	ผิวมันเรียบ	น้ำตาลอ่อน	มันวาว	สมบูรณ์
2	ผิวมันเรียบ	น้ำตาลอ่อน	มันวาว	สมบูรณ์
3	ผิวมันเรียบ	น้ำตาลอ่อน	มันวาว	สมบูรณ์
4	ผิวมันเรียบ	น้ำตาลอ่อน	มันวาว	สมบูรณ์
5	ผิวมันเรียบ	น้ำตาลอ่อน	มันวาว	สมบูรณ์
6	ผิวมันเรียบ	น้ำตาลอ่อนเข้ม	มันวาว	สมบูรณ์
7	ผิวมันเรียบ	น้ำตาลอ่อนเข้ม	มันวาว	สมบูรณ์
8	ผิวมันเรียบ	น้ำตาลอ่อนเข้มมาก	มันวาว	สมบูรณ์
9	ผิวมันเรียบ	น้ำตาลอ่อนเข้มมาก	มันวาว	สมบูรณ์
10	ผิวมันเรียบ	น้ำตาลอ่อนเข้มมาก	มันวาว	สมบูรณ์

จากการทดลองเคลือบจากผงหินบะซอลต์หลังเผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส พบว่าเคลือบทั้ง 10 สูตร มีการหลอมตัวที่ดี ผิวมันวาว สีของเคลือบออกสีน้ำตาลอ่อนไล่จากสูตรที่ 1 ถึงสูตรที่ 4 ยังคงความเป็นเคลือบใสสามารถมองเห็นสีของเนื้อดินได้ ในเนื้อเคลือบจะมีลักษณะเป็นเม็ดของผงหินบะซอลต์เล็ก ๆ กระจายไปทั่ว สูตรที่ 6 ถึงสูตรที่ 10 สีของเคลือบจะมีความเข้มขึ้นเรื่อย ๆ และมีเม็ดของผงหินบะซอลต์ในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้เคลือบมีความทึบมากขึ้น แต่ยังคงมองเห็นสีของเนื้อดินได้

ลักษณะของผิวเคลือบมีความมันวาว มีรอยรานแตกลายงาเล็กๆ ทั้ง 10 จุด สามารถเคลือบในลักษณะมีความหนา – บางแตกต่างกันได้ เคลือบยึดเกาะติดกับผิวผลิตภัณฑ์ได้ดี หลังจากนั้น คณะนักวิจัยจึงได้ทดลองเพิ่มเติมโดยเพิ่มปริมาณของผงหินบะซอลต์เข้าไปอีก 6 จุด ในสัดส่วนที่มากขึ้น โดยเริ่มจาก 25,30,35,40,45,50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากต้องการเพิ่มความเข้มของสีเคลือบ พบว่าเคลือบทั้ง 6 จุด มีค่าความเข้มมากขึ้นตามลำดับ และยังคงสามารถหลอมตัว ยึดเกาะกับผิวผลิตภัณฑ์ได้ดี มีความทึบแสงมากขึ้นตามปริมาณของผงหินบะซอลต์นั้นเอง

วิธีการที่ 2. เป็นการทดสอบโดยใช้ ฟริต (Frit) รหัส OG 053 จากบริษัทอัมรินทร์ เซรามิกส์ คอปเปอร์เรชั่น เป็นลักษณะของเคลือบทึบ โดยปรับเพิ่มหินบะซอลต์ ขนาด 100 เมช ลงไปในเคลือบ โดยใช้ทฤษฎีการเพิ่มวัตถุดิบในอัตราส่วนทีละเท่า ๆ กัน (Addition) โดยใช้วัตถุดิบ 2 ชนิด ได้แก่ ฟริต รหัส OG 053 กับหินบะซอลต์ โดยกำหนดให้ ฟริตเป็นวัตถุดิบหลัก มีค่าคงที่อยู่ 100 % และหินบะซอลต์ จะผสมเพิ่มลงไปเริ่มจาก 2 % ในสูตรที่ 1 และจะเพิ่มขึ้นสูตรละ 2 % จนถึง 20 % จำนวน 10 สูตร ตามตาราง แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 17 แสดงการเพิ่มอัตราส่วนผสมระหว่างฟริต OG 053 กับผงหินบะซอลต์

สูตรที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ฟริตขาวทึบ OG053 (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
ผงหินบะซอลต์ (%)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20

ตารางที่ 18 ลักษณะของเคลือบขาวทึบระหว่างฟริต OG053 ปรับเพิ่มผงหินบะซอลต์ หลังเผา 1,100° C

สูตรที่	ลักษณะของผิวเคลือบ	ลักษณะสีหลังการเผา	ความมันวาวของเคลือบ	การหลอมตัวของเคลือบ
1	ผิวมันเรียบ	ขาวทึบ	มันวาวมาก	สมบูรณ์
2	ผิวมันเรียบ	ขาวทึบ	มันวาวมาก	สมบูรณ์
3	ผิวมันเรียบ	สีขาวขุ่นอมน้ำตาล	มันวาวมาก	สมบูรณ์
4	ผิวมันเรียบ	สีขาวขุ่นอมน้ำตาล	มันวาวมาก	สมบูรณ์
5	ผิวมันเรียบ	สีขาวขุ่นอมน้ำตาล	มันวาวมาก	สมบูรณ์

6	ผิวมันเรียบ	สีขาวขุ่นอมน้ำตาล	มันวาวมาก	สมบูรณ์
7	ผิวมันเรียบ	สีขาวขุ่นอมน้ำตาลเข้ม	มันวาวมาก	สมบูรณ์
8	ผิวมันเรียบ	สีขาวขุ่นอมน้ำตาลเข้ม	มันวาวมาก	สมบูรณ์
9	ผิวมันเรียบ	สีขาวขุ่นอมน้ำตาลเข้ม	มันวาวมาก	สมบูรณ์
10	ผิวมันเรียบ	สีขาวขุ่นอมน้ำตาลเข้ม	มันวาวมาก	สมบูรณ์

จากการทดลองพบว่าเคลือบทั้ง 10 จุด มีการหลอมตัวที่ดีมาก มีความมันวาวสูง เคลือบในจุดที่ 1 และ 2 ยังคงเป็นสีขาวทึบ แต่สามารถสังเกตเห็นเม็ดของผงหินบะซอลต์เป็นจุดสีดำกระจายอยู่ในเนื้อเคลือบ ในจุดที่ 3 ถึงจุดที่ 6 เคลือบเริ่มเปลี่ยนเป็นสีขาวขุ่นอมน้ำตาลเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่ยังคงสังเกตเห็นลักษณะของเม็ดผงหินบะซอลต์เป็นสีน้ำตาลอ่อนอมเหลืองกระจายอยู่ในเนื้อเคลือบ และในจุดที่ 7 ถึงจุดที่ 10 เคลือบทั้ง 4 จุด จะให้สีน้ำตาลอ่อนๆ อมเหลือง มีค่าความเข้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามปริมาณของผงหินบะซอลต์ เป็นลักษณะของเคลือบจุดสีครีม ผิวของเคลือบยังคงมีความมันวาว แต่น้อยลงกว่าจุดที่ 1 ถึง 5 เคลือบสามารถยึดเกาะกับผิวผลิตภัณฑ์ได้ดี สามารถนำไปใช้งานได้ในผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย

หลังจากนั้นนักวิจัยจึงได้ทดลองเพิ่มเติม โดยเพิ่มเปอร์เซ็นต์ของผงหินบะซอลต์เข้าไปอีก 6 จุด ในสัดส่วนที่มากขึ้น โดยเริ่มจาก 25,30,35,40,45,50 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เพื่อต้องการเพิ่มความเข้มของสีเคลือบ พบว่าเคลือบทั้ง 6 จุด มีค่าความเข้มมากขึ้นตามลำดับ และยังคงสามารถหลอมตัว ยึดเกาะกับผิวผลิตภัณฑ์ได้ดี มีความทึบแสงมากขึ้นและมีความมันวาวลดลงตามลำดับตามปริมาณของผงหินบะซอลต์นั้นเอง ลักษณะโดยภาพรวมของเคลือบทั้ง 6 จุด สามารถนำไปใช้ในการเคลือบผลงานได้อย่างน่าสนใจ

วิธีการที่ 3. เป็นการทดสอบโดยใช้โพแทสเฟลส์ปาร์ ผสมกับผงหินบะซอลต์ โดยปรับเพิ่มหินบะซอลต์ ขนาด 100 เมช การผสมโดยใช้ทฤษฎีเชิงเส้น (Line Blend) ได้ส่วนผสมที่มีวัตถุดิบ 2 ชนิด ได้แก่ โพแทสเฟลส์ปาร์ กับหินบะซอลต์ จำนวน 10 สูตร ตามตาราง แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 19 แสดงการปรับอัตราส่วนผสมของเคลือบระหว่างหินบะซอลต์ กับโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์

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

โพแทสเฟลด์สปาร์ (%)	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
รวม	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

ตารางที่ 20 ลักษณะของเคลือบ จากปรับอัตราส่วนผสมของเคลือบระหว่างหินบะซอลต์ กับโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ หลังเผา 1,100°C

สูตรที่	ลักษณะของผิวเคลือบ	ลักษณะสีหลังการเผา	ความมันวาวของเคลือบ	การหลอมตัวของเคลือบ
1	ผิวด้าน	น้ำตาลอ่อน	ผิวด้าน	ไม่สุกตัว
2	ผิวด้าน	น้ำตาลอ่อน	ผิวด้าน	ไม่สุกตัว
3	ผิวด้าน	น้ำตาล	ผิวด้าน	ไม่สุกตัว
4	ผิวด้าน	น้ำตาล	ผิวด้าน	ไม่สุกตัว
5	ผิวด้าน	น้ำตาล	ผิวด้าน	ไม่สุกตัว
6	ผิวด้าน	น้ำตาล	ผิวด้าน	ไม่สุกตัว
7	ผิวด้าน	น้ำตาล	ผิวด้าน	ไม่สุกตัว
8	ผิวด้าน	น้ำตาลเข้ม	ผิวด้าน	ไม่สุกตัว
9	ผิวด้าน	น้ำตาลเข้ม	ผิวด้าน	ไม่สุกตัว
10	ผิวด้าน	น้ำตาลเข้ม	ผิวด้าน	ไม่สุกตัว

พบว่าเคลือบทั้ง 10 จุด เมื่อนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส ไม่สุกตัว ไม่มีการหลอมตัว ไม่มีความมันวาว แต่เนื้อเคลือบสามารถยึดเกาะกับผิวผลิตภัณฑ์ได้ดี มีค่าความเข้มไล่จากสีน้ำตาลอ่อนไปจนถึงสีน้ำตาลเข้ม ผิวด้านแต่ทุกจุดยังคงมีสีที่สม่ำเสมอ สามารถนำไปใช้ตกแต่งชิ้นงานในลักษณะของการเอนโกปได้

2. ผลวิเคราะห์การลดต้นทุนการผลิตเนื้อดินและน้ำเคลือบเซรามิกส์อุณหภูมิต่ำโดยนำผงหินบะซอลต์ที่มีมูลค่าต่ำมาเพิ่มมูลค่าด้วยเทคโนโลยีเพื่อสร้างโอกาสในการแข่งขัน

2.1 ผลวิเคราะห์การลดต้นทุนการผลิตในส่วนของเนื้อดิน

จากการผลการทดลอง ผู้วิจัยได้วิเคราะห์คุณสมบัติของคุณภาพของเนื้อดินแล้วโดยใช้มาตรฐานของเนื้อดินชนิดสโตนแวร์ พบว่า สูตรที่ใกล้เคียงเกณฑ์ของเนื้อดินสโตนแวร์ได้แก่ สูตรที่ 29 คือมีค่าการหดตัวของเนื้อดินไม่เกินร้อยละ 15 และค่าการดูดซึมน้ำใกล้เคียงกับเกณฑ์มาตรฐานที่สุด คือดูดซึมน้ำร้อยละ 6.57 และมีค่าความแกร่งสูงสุด แต่ยังไม่ถึงค่าความแกร่งของเนื้อดินสโตนแวร์ เนื่องจากเป็นเนื้อดินที่มีส่วนผสมของหินบะซอลต์ในปริมาณมาก และประกอบกับการเผาที่อุณหภูมิต่ำ

ผู้วิจัยได้เลือกเนื้อดินสูตรที่ 29 ซึ่งมีวัตถุดิบผงหินบะซอลต์ในปริมาณมากถึง 55 เปอร์เซ็นต์ ในอัตราส่วนผสมของเนื้อดินในอัตราส่วนผสม ซึ่งเป็นการลดต้นทุนได้เป็นอย่างมากในส่วนของการเตรียมเนื้อดินในงานเซรามิกส์ เมื่อเปรียบเทียบกับการสั่งซื้อเนื้อดินสำเร็จรูปจากโรงงานผู้ผลิตเนื้อดินเซรามิกส์สำเร็จรูปจำหน่ายในประเทศแล้ว พบว่าสามารถลดต้นทุนในส่วนของเนื้อดินได้ถึง 55 เปอร์เซ็นต์

2.2 ผลวิเคราะห์การลดต้นทุนการผลิตในส่วนของน้ำเคลือบ

จากการทดลองเคลือบจากผงหินบะซอลต์หลังเผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส พบว่าผลการทดลองเคลือบ ทั้ง 3 วิธีการ ลักษณะของเคลือบมีการหลอมตัวที่ดี ผิวมันวาว สามารถเลือกสูตรเคลือบจากการทดลองไปใช้ในงานเซรามิกส์ได้ เป็นการลดต้นทุนในส่วนของการใช้วัตถุดิบในพื้นที่มาเป็นส่วนผสมของเคลือบ และยังสามารถลดอุณหภูมิในการเผาเคลือบลงมาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อเซรามิกส์ชนิดสโตนแวร์ที่ต้องเผาอุณหภูมิ 1,200 – 1,280 องศาเซลเซียส

3. ผลวิเคราะห์ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

ในงานวิจัยครั้งนี้ทดลองออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบขนาดเล็ก โดยใช้ทฤษฎีการออกแบบเป็นแนวทางในการออกแบบ แบ่งออกเป็น 12 รูปแบบ ด้วยกัน

1. แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 1 เป็นแจกันที่มีแนวความคิดจากทฤษฎีเส้นแย้ง คือการที่ เส้น 2 เส้น ทำปฏิกิริยาต่อกัน เส้นแรกคือเส้นในแนวนอน เส้นที่ 2 คือเส้นในแนวดิ่งซึ่งจะทำปฏิกิริยาต่อกันในมุม 90 องศา ทฤษฎีเส้นแย้ง คือ การนำเอาทัศนธาตุมาสร้างผลงาน โดยการจัดให้ทัศนธาตุทำปฏิกิริยาต่อกันในทิศทางที่เป็นเส้นแย้ง ซึ่งเราจะเห็นทฤษฎีนี้ได้ เช่น เครื่องหมายกากะบาก เครื่องหมายบวก

ในงานชิ้นนี้ได้นำรูปทรงสี่เหลี่ยมที่สื่อถึงทฤษฎีเส้นแย้งได้ดี เพราะสี่เหลี่ยมจะมีเส้นในแนวนอนและในแนวดิ่ง ซึ่งทำมุมกัน 90 องศา มาเข้ากับชิ้นงานในทฤษฎีเส้นแย้ง และใช้ทฤษฎีการซ้ำมาผนวกเข้าเพื่อทำให้ตัวชิ้นงานมีความน่าสนใจยิ่งขึ้น

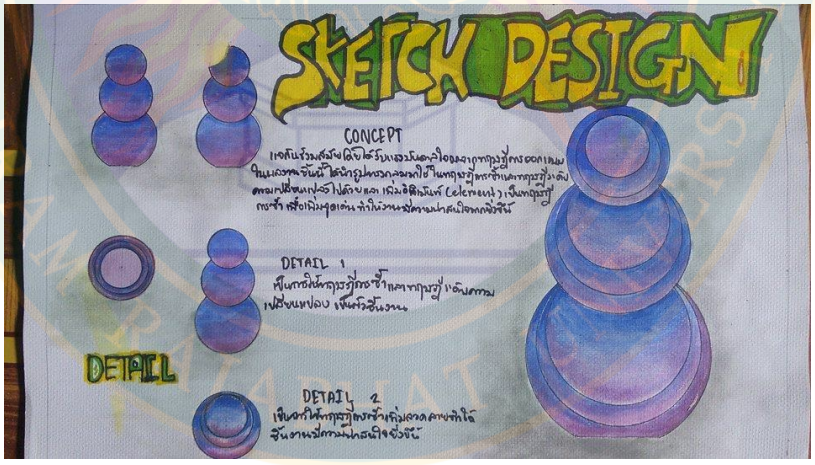
ภาพที่ 6 แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 1 เป็นแจกันที่มีแนวความคิดมาจากทฤษฎีเส้นแย้ง

2. แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 2 เป็นแจกันที่มีแนวความคิดมาจากทฤษฎีเส้นเฉียง คล้ายคลึงกับทฤษฎีเส้นแย้ง โดยจะมีเส้นสองเส้น ทำปฏิกิริยาในมุม 90 องศา แต่ทฤษฎีเส้นเฉียงนี้ จะเพิ่มเส้นที่ 3 เข้ามาเชื่อมระหว่าง เส้น 2 เส้นนั้น ในมุม 30 องศา หรือ 60 องศา บ้างก็เรียกทฤษฎีนี้ว่า เส้นผ่าน ในผลงานชิ้นนี้ ได้นำรูปทรงสี่เหลี่ยมมาเข้ากับทฤษฎีเส้นเฉียง โดยสี่เหลี่ยมจะเป็นเส้นแย้ง และได้เพิ่มเส้นเฉียงเส้นที่ 3 เข้าไป ในแนวคิดการบิดเอียง ซึ่งทำให้ตัวชิ้นงานมีความรู้สึกบิดเอียง สื่อถึงความรู้สึกเฉียงเอียงบิดเอียงตามทฤษฎีเส้นเฉียง

ภาพที่ 7 แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 2 เป็นแจกันที่มีแนวความคิดมาจากทฤษฎีเส้นเฉียง

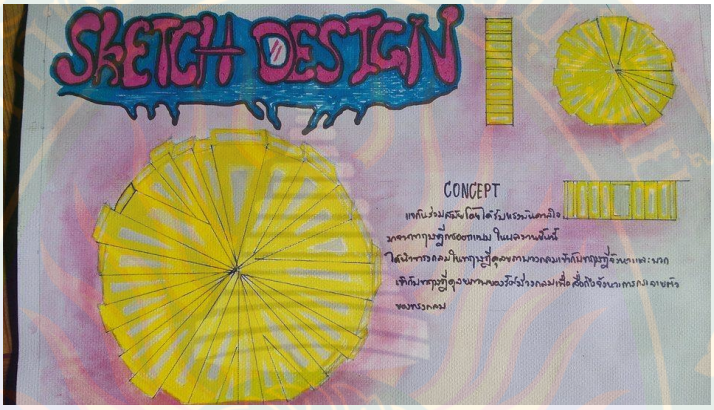
3. แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 3 เป็นแจกันที่มีแนวความคิดมาจากทฤษฎีการซ้ำ ปรากฏการณ์อย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติหรือที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น กลีบดอกไม้ หรือ ใบไม้บางชนิดที่ซ้อนกันซ้ำๆ

ในผลงานชิ้นนี้ได้นำรูปทรงกลม มาใช้ในทฤษฎีการซ้ำและทฤษฎีระดับความเปลี่ยนแปลงไปด้วย และเพิ่มทัศนธาตุ (Element) เป็นทฤษฎีการซ้ำ เพื่อเพิ่มจุดเด่น ทำให้งานมีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 8 แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 3 เป็นแจกันที่มีแนวความคิดมาจากทฤษฎีการซ้ำ

4. แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 4 เป็นแจกันที่มีแนวความคิดมาจากทฤษฎีจังหวะ คือลักษณะของความเคลื่อนไหว ว่าที่ ความห่าง หรือความต่อเนื่องในธรรมชาติในช่วงเวลาที่ฝนตก ที่ตกลงมาเป็นจังหวะ หรือจังหวะ ของเสียงเพลงและเสียงดนตรีต่างๆ และมีจังหวะหนึ่งที่อยู่ใกล้ตัวเรามากที่สุดคือ จังหวะการเต้นของหัวใจ ในผลงานชิ้นนี้ ได้นำทรงกลมในทฤษฎีดุลยภาพ วงกลมเข้ากับทฤษฎีจังหวะและบวกเข้ากับทฤษฎีดุลยภาพของรัศมีวงกลม เพื่อสื่อถึงจังหวะการกระจายตัวของทรงกลม



ภาพที่ 9 แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 4 เป็นแจกันที่มีแนวความคิดมาจากทฤษฎีจังหวะ

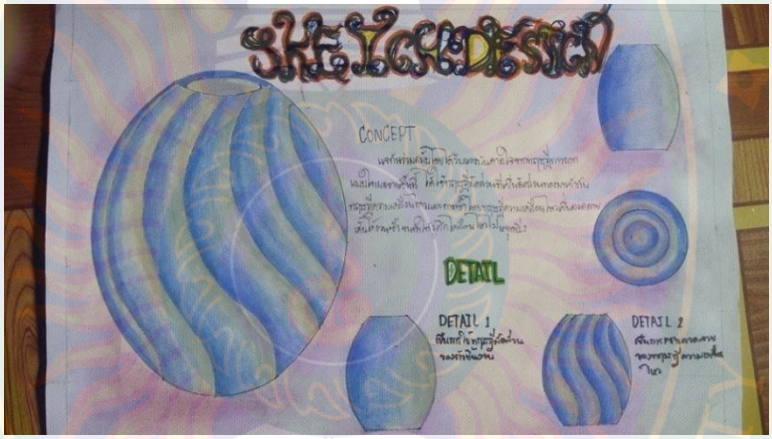
5. แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 5 เป็นแจกันที่มีแนวความคิดมาจากทฤษฎีระดับความเปลี่ยนแปลง คือ การเปลี่ยนแปลงลักษณะของทัศนธาตุ เช่น การเปลี่ยนแปลงรูปร่าง รูปทรงทิศทาง หรือการเปลี่ยนแปลงจากขนาดหนึ่งไปอีกขนาดหนึ่ง เช่น ใบไม้ หรือผลไม้บางชนิดด้านล่างมีขาดใหญ่ด้านบนมีขนาดเล็กและพืชบางชนิดและสัตว์บางชนิดก็มีเช่นกัน

ในผลงานชิ้นนี้ ได้นำรูปทรงสี่เหลี่ยมมาเข้ากับทฤษฎีระดับความเปลี่ยนแปลง โดยไล่จากด้านล่างมีขนาดใหญ่และด้านบนมีขนาดเล็กที่ละขั้น โดยมี ทัศนธาตุ (Element) คือการ เซาะมุม เพื่อเพิ่มรูปแบบรูปร่าง รูปทรง ทำให้ตัวชิ้นงานมีความน่าสนใจมากขึ้น

ภาพที่ 10 แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 5 เป็นแจกันที่มีแนวความคิดมาจากทฤษฎีระดับความเปลี่ยนแปลง

6. แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 6 เป็นแจกันที่มีแนวความคิดมาจากทฤษฎีความเคลื่อนไหว คือ ความไม่หยุดนิ่ง มีลักษณะคล้ายคลึงกับจังหวะ หรือระดับความเปลี่ยนแปลงและการซ้ำ แต่มีอัตราความเร่งสูงกว่า คือ มีความเร็วอยู่ในความเคลื่อนไหว หลักการนี้สามารถที่จะทำให้สายตาเคลื่อนที่ไม่หยุดนิ่ง

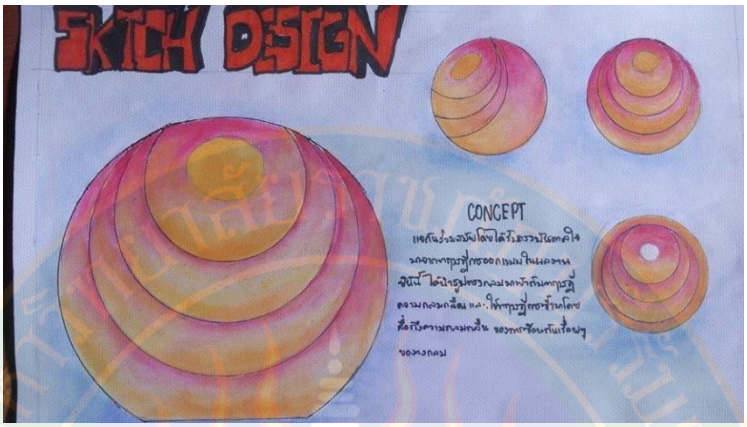
ในผลงานชิ้นนี้ ได้ใช้ทฤษฎีสัดส่วนที่เป็นสัดส่วนทอง มาเข้ากับทฤษฎีความเคลื่อนไหว และการซ้ำ โดยใช้ทฤษฎีความเคลื่อนไหว เป็น ทัศนธาตุ (Element) เป็นเส้นโค้งวนซ้ำๆ จนทำให้รู้สึกเคลื่อนไหวไม่หยุดนิ่ง



ภาพที่ 11 แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 6 เป็นแจกันที่มีแนวความคิดมาจากทฤษฎีความเคลื่อนไหว

7. แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 7 เป็นแจกันที่มีแนวความคิดมาจากทฤษฎีความกลมกลืน คือ ความประสานสัมพันธ์ ความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน ไม่ขัดแย้งซึ่งกันและกัน เราจะสังเกตเห็นความประสานสัมพันธ์อยู่โดยทั่วไปในธรรมชาติรอบๆตัว เช่น ตัวแมลงที่มีปีกคล้ายคลึงกับใบไม้

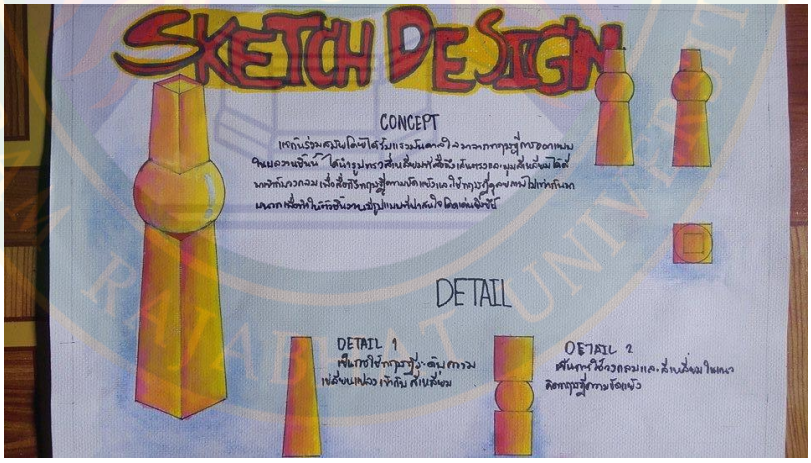
ในผลงานชิ้นนี้ ได้นำรูปทรงกลมมาเข้ากับทฤษฎีความกลมกลืน และใช้ทฤษฎีการซ้ำมาช่วยโดยสื่อถึงความกลมกลืน ของการซ้อนกันเรื่อยๆของวงกลม



ภาพที่ 12 แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 7 เป็นแจกันที่มีแนวความคิดมาจากทฤษฎีความกลมกลืน

8. แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 8 เป็นแจกันที่มีแนวความคิดมาจากทฤษฎีความขัดแย้งคือ ความไม่ประสานเข้าด้วยกัน หรือสิ่งที่เป็นตรงกันข้าม เช่น มืดกับสว่าง ดำกับขาว เล็กกับใหญ่ กลมกับเหลี่ยม เป็นต้น ผลงานที่คล้ายคลึงกันทั้งหมดนี้ อาจจะทำให้ดูจืดชืด ไม่ตื่นเต้นและไม่เด่นชัด จำเป็นที่ต้องมีส่วนที่ทำให้เกิดจุดสนใจของชิ้นงาน

ผลงานชิ้นนี้ ได้นำรูปทรงสี่เหลี่ยมที่สื่อถึงเส้นตรงและมุมเหลียมได้ดี มาเข้ากับวงกลมเพื่อสื่อถึงทฤษฎีความขัดแย้งและใช้ทฤษฎีดุลยภาพไม่เท่ากันเข้ามาผนวก เพื่อทำให้ตัวชิ้นงานมีรูปแบบที่น่าสนใจโดดเด่นยิ่งขึ้น



ภาพที่ 13 แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 8 เป็นแจกันที่มีแนวความคิดมาจากทฤษฎีความขัดแย้ง

9. แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 9 เป็นแจกันที่มีแนวความคิดมาจากทฤษฎีสัดส่วนเป็นการออกแบบที่ว่าด้วยความสัมพันธ์ระหว่างส่วน ๆ หนึ่ง กับส่วนใหญ่หรือส่วนรวม หรือระหว่างส่วนต่อส่วน โดยมีสถาปนิกชาวโรมัน (มาคัส วิรูวียส โปลอย) เมื่อประมาณคริสต์ศวรรษที่ 1 ได้ศึกษาพบว่า รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีความงามมากกว่า รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ในส่วน 1:1, 618 หรือประมาณ 2:3

ซึ่งจะพบเห็นได้ เช่น แก้ว หรือ กระป๋องน้ำอัดลมบ้างชนิด ก็จะถือว่าเป็นทฤษฎีสัดส่วนทองเหมือนกันผลงานชิ้นนี้ ได้ใช้ทฤษฎีสัดส่วนทองมาเข้ากับกรวย ทำให้เป็นกรวยในสัดส่วนทองโดยเพิ่มทัศนธาตุ (Element) เป็นทฤษฎีการซ้ำมาช่วยสร้างความน่าสนใจ

ภาพที่ 14 แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 9 เป็นแจกันที่มีแนวความคิดมาจากทฤษฎีสัดส่วน

10. แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 10 เป็นแจกันที่มีแนวความคิดมาจากทฤษฎีดุลยภาพคือ ภาวะความเท่ากันหรือสม่ำเสมอกัน เป็นสิ่งที่เกี่ยวเนื่องกับก้อนน้ำหนักที่เท่ากัน เช่น เหมือนเราถือก้อนหินอยู่ในมือสองข้าง ข้างหนึ่งเล็กข้างหนึ่งใหญ่ เราจะรู้สึกได้ว่าน้ำหนักมันจะไม่เท่ากัน ในทางศิลปะและการ

ออกแบบนั้น เราจะแทนค่าของก้อนหินน้ำหนักเป็นภาพที่เห็นด้วยตา เช่น น้ำหนักเส้น รูปร่าง รูปทรง หรือสี ซึ่งเป็นสิ่งที่เห็นด้วยตา ทฤษฎีดุลยภาพยังแบ่งได้อีก 3 ลักษณะ คือ

1. ดุลยภาพที่เท่ากัน
2. ดุลยภาพที่ไม่เท่ากัน
3. ดุลยภาพรัศมีวงกลม

ผลงานชิ้นนี้ ได้นำทฤษฎีดุลยภาพที่เท่ากันมาเป็นการออกแบบโดยการจัดทรงกรวยให้อยู่กันคนละด้าน และใช้ทฤษฎีการเน้นเข้ามาผนวก โดยใช้ทรงกลมมาแบ่งระหว่างส่วนบนและส่วนล่าง ทำให้มีความสมดุลกัน และมีจุดเด่นอีกด้วย

ภาพที่ 15 แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 10 เป็นแจกันที่มีแนวความคิดมาจากทฤษฎีดุลยภาพ

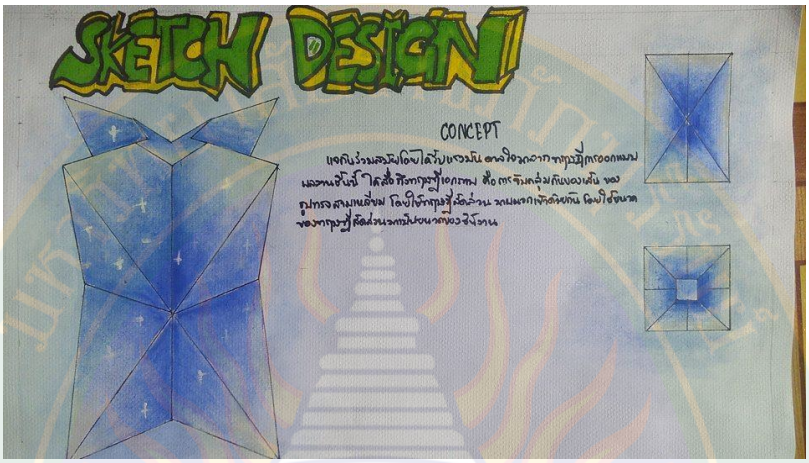
11. แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 11 เป็นแจกันที่มีแนวความคิดมาจากทฤษฎีการเน้น การเน้นเปรียบเสมือนหนึ่งเป็นการกล่าวย้ำให้เห็นถึงความสำคัญ เพื่อให้เกิดความสนใจในการออกแบบนั้น การเน้นเป็นการสร้างจุดสนใจให้เกิดขึ้น ทำให้สายตาของผู้ชมต้องมองไปยังส่วนที่เด่นหรือสะดุดตาแล้วต่อจากนั้นสายตาก็จะเคลื่อนไปยังส่วนที่มีความเด่นน้อยลงมา ดังนั้น จุดที่เด่นนั้นควรมีเพียงจุดเดียว

ผลงานชิ้นนี้ ได้ใช้รูปทรงกระบอกมาเข้ากับทฤษฎีการเน้น โดยการเพิ่มทรงกลมเข้าไปโดยเป็นการเน้นทรงกลมให้เด่น และใช้ทฤษฎีดุลยภาพที่ไม่เท่ากัน เข้าผนวก เพื่อทำให้ชิ้นงานที่มีความน่าสนใจมากขึ้น

ภาพที่ 16 แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 11 เป็นแจกันที่มีแนวความคิดมาจากทฤษฎีการเน้น

12. แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 12 เป็นแจกันที่มีแนวความคิดมาจากทฤษฎีเอกภาพคือ ความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน ไม่แตกแยกออกจากกัน เป็นการแสดงถึงการรวมตัวมีความสามัคคีและเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันและมีพลังอำนาจ ในทัศนศิลป์ซึ่งเป็นงานลักษณะ 2 มิติ หรือ 3 มิติ เช่น รูปร่าง รูปทรง ที่กระจายกันอยู่ถือว่าขาดเอกภาพ

ผลงานชิ้นนี้ ได้สื่อถึงทฤษฎีเอกภาพ คือ การจับกลุ่มกันของเส้น ของรูปทรงสามเหลี่ยม โดยใช้ทฤษฎีสัดส่วน มาผนวกเข้าด้วยกัน โดยใช้ขนาดของทฤษฎีสัดส่วนมาเป็นขนาดของตัวชิ้นงาน



ภาพที่ 17 แจกันร่วมสมัยรูปแบบที่ 12 เป็นแจกันที่มีแนวความคิดมาจากทฤษฎีเอกภาพ

จากการออกแบบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาแจกันร่วมสมัยทั้ง 12 รูปแบบนั้นมีความสวยงามและความประณีตดี ที่แตกต่างกันในส่วนของรูปแบบและลวดลายที่แตกต่างออกไปในแต่ละทฤษฎีทั้ง 12 รูปแบบของแต่ละชิ้นงานนั้นเอง ในด้านประโยชน์ใช้สร้อยของชิ้นงานนั้น แจกันร่วมสมัยทั้ง 12 รูปแบบนำไปเป็นของฝากของที่ระลึกได้ อีกทั้งสามารถนำไปประดับตกแต่งห้อง อาคาร บ้านเรือนและสถานที่ต่างๆ และที่สำคัญนั้นสามารถนำวัตถุดิบจากท้องถิ่นจังหวัดบุรีรัมย์ ทั้งส่วนของเนื้อดิน และน้ำเคลือบมาเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการพัฒนาเนื้อดินและน้ำเคลือบอุณหภูมิต่ำจากผงหินบะซอลต์ จังหวัดบุรีรัมย์ เพื่อลดต้นทุนการผลิตในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ครั้งนี้ มีการแบ่งขั้นตอนในการปฏิบัติงานออกเป็น 3 ขั้นตอนด้วยกัน ขั้นตอนแรกจะเป็นการทดสอบในส่วนของเนื้อดิน โดยใช้วัตถุดิบหลักจากผงหินบะซอลต์ เป็นการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน รวมไปถึงการศึกษาถึงอัตราส่วนผสมของเนื้อดินที่ดีที่สุดเพื่อนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ ในขั้นตอนที่ 2 จะเป็นการทดสอบสมบัติของน้ำเคลือบ ซึ่งทั้ง 2 ขั้นตอนนี้จะมีจุดมุ่งหมายที่สัมพันธ์กันคือเพื่อลดจุดสุกตัวของเนื้อดินและน้ำเคลือบ และขั้นตอนที่ 3 นำผลการทดลองทั้งเนื้อดิน และน้ำเคลือบที่ได้นำมาออกแบบและผลิตเครื่องปั้นดินเผาที่เหมาะสมกับการผลิต ซึ่งผู้วิจัยได้ ดำเนินงาน และวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน โดยสามารถสรุปผลการดำเนินงานมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

สรุปผลการดำเนินงาน

1. สรุปผลการทดสอบในส่วนของเนื้อดิน

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำหินบะซอลต์ที่มีอยู่ในพื้นที่ของจังหวัดบุรีรัมย์ มาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เพื่อนำมาขึ้นรูปโดยวิธีการหล่อน้ำดิน โดยการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบคุณสมบัติของดินและหินบะซอลต์ได้ผลออกมาดังนี้

จากผลการทดลองเนื้อดินและหินบะซอลต์ พบว่าเนื้อดินทุกสูตรสามารถทนไฟในระดับอุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส โดยไม่มีการหลอมละลาย แต่ยกเว้นสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ที่ไม่สามารถหล่อแท่งทดสอบได้ สีของเนื้อดินจะมีตั้งแต่สีน้ำตาลอ่อนไปจนถึงน้ำตาลเข้ม ตามปริมาณอัตราส่วนของหินบะซอลต์ที่เพิ่มหรือลดตามอัตราส่วน ความแกร่งของเนื้อดินหลังเผาเผาว่าสูตรที่มีความแกร่งมากที่สุดคือสูตรที่ 29 มีค่าความแกร่งเท่ากับ 234.79 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สูตรที่มีค่าความแกร่งน้อยที่สุดคือสูตรที่ 6 มีค่าความแกร่งเท่ากับ 79.81 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าการหดตัวมากที่สุดคือสูตรที่ 23 มีค่าการหดตัวเท่ากับ 12.14 เปอร์เซ็นต์ ค่าการหดตัวน้อยที่สุดคือสูตรที่ 5 มีค่าการหดตัวเท่ากับ 3.7 เปอร์เซ็นต์ ค่าการดูดซึมน้ำที่มากที่สุดคือสูตรที่ 3 มีคาการดูดซึมน้ำเท่ากับ 21.54 เปอร์เซ็นต์ ค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุดคือสูตรที่ 29 มีค่าการดูดซึมน้ำเท่า 6.57 เปอร์เซ็นต์

สรุปผลการทดลองผู้วิจัยได้วิเคราะห์คุณสมบัติของคุณภาพของเนื้อดินแล้วโดยใช้มาตรฐานของเนื้อดินเซรามิกส์ชนิดสโตนแวร์ พบว่าสูตรที่อยู่ในเกณฑ์เนื้อดินสโตนแวร์ได้แก่สูตรที่ 29 คือมีการหดตัวของเนื้อดินไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการดูดซึมน้ำใกล้เคียงเกณฑ์มาตรฐานที่สุดคือ 6.57 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าความแกร่งสูงสุด แต่ยังไม่ถึงค่าความแกร่งของเนื้อดินสโตนแวร์เนื่องจากเป็นเนื้อดินที่มีส่วนผสมของหินบะซอลต์ในปริมาณมาก และประกอบกับการเผาที่อุณหภูมิต่ำ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เลือกคุณสมบัติของเนื้อดินสูตรที่ 29 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของเนื้อดินในอัตราส่วนดังนี้

- หินบะซอลต์ 55 เปอร์เซ็นต์
- ดินขาว 5 เปอร์เซ็นต์
- ดินดำ 40 เปอร์เซ็นต์

มีคุณสมบัติทางกายภาพดังนี้ สีของเนื้อดิน มีสีน้ำตาลเข้ม มีค่าความแข็งแกร่ง เท่ากับ 234.79 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีค่าการหดตัวเท่ากับ 12.8 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 6.57 เปอร์เซ็นต์มาทำการทดลองเป็นน้ำดินหล่อเพื่อนำมาขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

ปัญหาที่พบ:เมื่อนำมาขยายผลพบว่า คุณสมบัติของเนื้อดินสูตรที่ 29 ที่ผู้วิจัยได้เลือกมานั้น เมื่อนำมาปั่นเป็นน้ำดินหล่อแล้วพบว่า เนื้อดินมีความหนืดมาก เนื่องจากมีอัตราส่วนผสมของผงหินบะซอลต์และดินดำอยู่เป็นจำนวนมากจึงทำให้ไม่สามารถปั่นเป็นน้ำดินหล่อได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการแก้ปัญหาโดยการเพิ่มปริมาณโซเดียมซิลิเกตและน้ำ เพื่อทำให้การไหลตัวของน้ำดินดีขึ้น โดยเพิ่มปริมาณโซเดียมซิลิเกตและน้ำ ดังนี้

โซเดียมซิลิเกตเดิมใช้ 0.3 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มเป็น 0.5 เปอร์เซ็นต์ น้ำจากเดิม 36 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มเป็น 45 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปริมาณที่เพิ่มขึ้นก็ยังอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสมในเนื้อดินหล่อ กล่าวคือ ในน้ำดินหล่อจะใช้น้ำยาโซเดียมซิลิเกต ไม่เกิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณน้ำ อยู่ในระหว่าง 30 – 45 เปอร์เซ็นต์

เมื่อเพิ่มปริมาณโซเดียมซิลิเกตและน้ำแล้วนำมาหล่อผลิตภัณฑ์พบว่า น้ำดินมีการไหลตัวดีขึ้น สามารถหล่อผลิตภัณฑ์ได้ดี ดินไม่ติดพิมพ์ เนื้อดินสามารถหล่อผลิตภัณฑ์ได้เร็วขึ้น ไม่เสียรูปทรง

2. สรุปผลการทดสอบในส่วนของน้ำเคลือบ

ในการทดลองในส่วนของน้ำเคลือบครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ที่สำคัญคือต้องการลดอุณหภูมิของเคลือบให้มีจุดสุกตัวที่ต่ำลง ทำการทดสอบ 3 วิธีการ ได้แก่ 1) การใช้เคลือบใส (ฟริต CG466) ผสมผงหินบะซอลต์ 2) เคลือบขาวทึบ (ฟริต OG053) ผสมผงหินบะซอลต์ และ 3) ใช้วัตถุดิบระหว่างหินบะซอลต์ กับโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์

วิธีการที่ 1. เป็นการทดสอบโดยใช้ ฟริต (Frit) รหัส CG466 จากบริษัทอัมรินทร์ เซรามิกส์ คอปเปอร์เรชั่น เป็นลักษณะของเคลือบใส โดยปรับเพิ่มหินบะซอลต์ ขนาด 100 เมช ลงไปในเคลือบโดยใช้ทฤษฎีการเพิ่มวัตถุดิบในอัตราส่วนทีละเท่า ๆ กัน (Addition) แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส พบว่าเคลือบทั้ง 10 สูตร มีการหลอมตัวที่ 1,100 องศาเซลเซียส ผิวมันวาว สีของเคลือบออกสีน้ำตาลอ่อนไล่จากสูตรที่ 1 ถึงสูตรที่ 4 ยังคงความเป็นเคลือบใสสามารถมองเห็นสีของเนื้อดินได้ ในเนื้อเคลือบจะมีลักษณะเป็นเม็ดของผงหินบะซอลต์เล็ก ๆ กระจายไปทั่ว สูตรที่ 6 ถึงสูตรที่ 10 สีของเคลือบจะมีความเข้มขึ้นเรื่อย ๆ และมีเม็ดของผงหินบะซอลต์ในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้เคลือบมีความทึบมากขึ้น แต่ยังคงมองเห็นสีของเนื้อดินได้

ลักษณะของผิวเคลือบมีความมันวาว มีรอยรานแตกลายงาเล็กๆ ทั้ง 10 จุด สามารถเคลือบในลักษณะมีความหนา – บางแตกต่างกันได้ เคลือบยึดเกาะติดกับผิวผลิตภัณฑ์ได้ดี หลังจากนั้น คณะนักวิจัยจึงได้ทดลองเพิ่มเติมโดยเพิ่มปริมาณของผงหินบะซอลต์เข้าไปอีก 6 จุด ในสัดส่วนที่มากขึ้น โดยเริ่มจาก 25,30,35,40,45,50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากต้องการเพิ่มความเข้มของสีเคลือบ พบว่าเคลือบทั้ง 6 จุด มีค่าความเข้มมากขึ้นตามลำดับ และยังคงสามารถหลอมตัว ยึดเกาะกับผิวผลิตภัณฑ์ได้ดี มีความทึบแสงมากขึ้นตามปริมาณของผงหินบะซอลต์นั่นเอง

วิธีการที่ 2. เป็นการทดสอบโดยใช้ ฟริต (Frit) รหัส OG 053 จากบริษัทอัมรินทร์ เซรามิกส์ คอปเปอร์เรชั่น เป็นลักษณะของเคลือบทึบ โดยปรับเพิ่มหินบะซอลต์ ขนาด 100 เมช ลงไปในเคลือบโดยใช้ทฤษฎีการเพิ่มวัตถุดิบในอัตราส่วนทีละเท่า ๆ กัน (Addition) แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส จากการทดลองพบว่าเคลือบทั้ง 10 จุด มีการหลอมตัวที่ดีมาก มีความมันวาวสูง เคลือบในจุดที่ 1 และ 2 ยังคงเป็นสีขาวทึบ แต่สามารถสังเกตเห็นเม็ดของผงหินบะซอลต์เป็นจุดสีดำกระจายอยู่ในเนื้อเคลือบ ในจุดที่ 3 ถึงจุดที่ 6 เคลือบเริ่มเปลี่ยนเป็นสีขาวขุ่นอมน้ำตาลเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่ยังคงสังเกตเห็นลักษณะของเม็ดผงหินบะซอลต์เป็นสีน้ำตาลอ่อนอมเหลืองกระจายอยู่ในเนื้อเคลือบ และในจุดที่ 7 ถึงจุดที่ 10 เคลือบทั้ง 4 จุด จะให้สีน้ำตาลอ่อนๆ อมเหลือง มีค่าความเข้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามปริมาณของผงหินบะซอลต์ เป็นลักษณะของเคลือบจุดสีครีม ผิวของเคลือบยังคงมีความมันวาว แต่

น้อยลงกว่าจุดที่ 1 ถึง 5 เคลือบสามารถยึดเกาะกับผิวผลิตภัณฑ์ได้ดี สามารถนำไปใช้งานได้ในผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย

ผู้วิจัยจึงได้ทดลองเพิ่มเติม โดยเพิ่มเปอร์เซ็นต์ของผงหินบะซอลต์เข้าไปอีก 6 จุด ในสัดส่วนที่มากขึ้น โดยเริ่มจาก 25,30,35,40,45,50 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เพื่อต้องการเพิ่มความเข้มของสีเคลือบ พบว่าเคลือบทั้ง 6 จุด มีค่าความเข้มมากขึ้นตามลำดับ และยังคงสามารถหลอมตัว ยึดเกาะกับผิวผลิตภัณฑ์ได้ดี มีความทึบแสงมากขึ้นและมีความมันวาวลดลงตามลำดับตามปริมาณของผงหินบะซอลต์นั้นเอง ลักษณะโดยภาพรวมของเคลือบทั้ง 6 จุด สามารถนำไปใช้ในการเคลือบผลงานได้อย่างน่าสนใจ

วิธีการที่ 3. เป็นการทดสอบโดยใช้โพแทสเฟลส์ปาร์ ผสมกับผงหินบะซอลต์ โดยปรับเพิ่มหินบะซอลต์ ขนาด 100 เมช การผสมโดยใช้ทฤษฎีเชิงเส้น (Line Blend) ได้ส่วนผสมที่มีวัตถุดิบ 2 ชนิด ได้แก่ โพแทสเฟลส์ปาร์ กับหินบะซอลต์ จำนวน 10 สูตร แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส พบว่าเคลือบทั้ง 10 จุด เมื่อนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส ไม่สุกตัว ไม่มีการหลอมตัว ไม่มีความมันวาว แต่เนื้อเคลือบสามารถยึดเกาะกับผิวผลิตภัณฑ์ได้ดี มีค่าความเข้มไล่จากสีน้ำตาลอ่อนไปจนถึงสีน้ำตาลเข้ม ผิวด้านแต่ทุกจุดยังคงมีสีที่สม่ำเสมอ สามารถนำไปใช้ตกแต่งชิ้นงานในลักษณะของการเอนโกปได้

3. สรุปผลด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

ในงานวิจัยครั้งนี้ทดลองออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบขนาดเล็ก โดยใช้ทฤษฎีการออกแบบเป็นแนวทางในการออกแบบ ที่เน้นการขึ้นรูปด้วยกระบวนการหล่อน้ำดินเพื่อผลิตให้ได้จำนวนมาก (Mass Product) ซึ่งผลงานที่ออกแบบประกอบไปด้วย 12 รูปแบบหรือ 12 ทฤษฎีการออกแบบ ดังนี้

1. รูปแบบที่ 1 ใช้ทฤษฎีเส้นแย้ง
2. รูปแบบที่ 2 ใช้ทฤษฎีเส้นเฉียง
3. รูปแบบที่ 3 ใช้ทฤษฎีการซ้ำ
4. รูปแบบที่ 4 ใช้ทฤษฎีจังหวะ
5. รูปแบบที่ 5 ใช้ทฤษฎีระดับความเปลี่ยนแปลง
6. รูปแบบที่ 6 ใช้ทฤษฎีความเคลื่อนไหว
7. รูปแบบที่ 7 ใช้ทฤษฎีความกลมกลืน
8. รูปแบบที่ 8 ใช้ทฤษฎีความขัดแย้ง
9. รูปแบบที่ 9 ใช้ทฤษฎีสัดส่วน

10. รูปแบบที่ 10 ใช้ทฤษฎีดุลยภาพ
11. รูปแบบที่ 11 ใช้ทฤษฎีการเน้น
12. รูปแบบที่ 12 ใช้ทฤษฎีเอกภาพ

จากการออกแบบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาแจกันร่วมสมัยทั้ง 12 รูปแบบนั้นมีความสวยงามและความประณีตดี ที่แตกต่างกันในส่วนของรูปแบบและลวดลายที่แตกต่างออกไปในแต่ละทฤษฎีทั้ง 12 รูปแบบของแต่ละชิ้นงานนั้นเอง ในด้านประโยชน์ใช้สอยของชิ้นงานนั้น แจกันร่วมสมัยทั้ง 12 รูปแบบนำไปเป็นของฝากของที่ระลึกได้ อีกทั้งสามารถนำไปประดับตกแต่งห้อง อาคาร บ้านเรือนและสถานที่ต่างๆ และที่สำคัญนั้นสามารถนำวัตถุดิบจากท้องถิ่นจังหวัดบุรีรัมย์ ทั้งส่วนของเนื้อดิน และน้ำเคลือบมาเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตสามารถใช้เป็นต้นแบบสำหรับขยายขนาดได้ตามความเหมาะสม และจะนำผลงานวิจัยไปถ่ายทอดให้กับ สถานประกอบการและผู้สนใจทั่วไปนำไปใช้ประโยชน์จริงในเชิงพาณิชย์ในโอกาสต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. การนำเนื้อดินหล่อและน้ำเคลือบที่เกิดขึ้นจากผลการทดลอง ไปใช้งาน ควรจะต้องมีการทดลองหรือทดสอบซ้ำก่อนนำไปใช้งานทุกครั้ง เนื่องจากบางกรณีวัตถุดิบที่ใช้อาจมีความแตกต่างกัน
2. ในส่วนของรูปแบบผลิตภัณฑ์ในงานวิจัยครั้งนี้ เป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบขนาดเล็ก การนำไปใช้งานสามารถพัฒนาด้านการออกแบบให้เกิดความหลากหลายทั้งด้านความสวยงามและประโยชน์ใช้สอยได้อย่างไม่มีที่สิ้นสุด
3. ควรมีการศึกษาเพื่อพัฒนาต่อยอดและถ่ายทอดในส่วนของเนื้อดินและน้ำเคลือบที่มีความเหมาะสม ขยายผลไปยังสถานประกอบการด้านอุตสาหกรรมเซรามิกส์ในวงกว้างทั้งภาครัฐและเอกชน รวมไปถึงการสร้างอาชีพให้กับชุมชนในท้องถิ่นต่อไป

4. ควรมีการศึกษา ในส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเนื้อดินเซรามิกส์ เพื่อให้มีความเหมาะสมกับอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา และเพื่อให้เกิดความหลากหลายของวัตถุดิบ

บรรณานุกรม

กิติชัย ระมิงค์วงศ์. (2543) **การพัฒนาเนื้อดินเทอราคอตต้าที่ใช้เป็นเนื้อดินปั้น และเนื้อดินหล่อแบบ งานอุตสาหกรรมตกแต่ง.** ปริญญามหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยศิลปากร.

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

_____. (2538) **เอกสารคำสอน น้ำเคลือบ2 (Glazes 2) รหัสวิชา 5524501**. กรุงเทพ ฯ : ภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏพระนคร. อัดสำเนา.

คณะอนุกรรมการจัดทำพจนานุกรมธรณีวิทยา, (2530) **พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา.** โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 161 หน้า

จุมพล วิเชียรศิลป์. (2528) **บทความเกี่ยวกับ Inside the Inferno, How volcanoes work และภูเขาไฟในจังหวัดบุรีรัมย์.** ภาควิชาภูมิศาสตร์ วิทยาลัยครูบุรีรัมย์ 182 หน้า.

จีรพันธ์ สมประสงค์. (2535) **เทคนิคการสร้างสรรค์ศิลปะเครื่องปั้นดินเผา .** พิมพ์ครั้งที่ 1 **.** กรุงเทพฯ **:** โอ.เอส. พริ้นติ้งเฮ้าส์ .

ทรงพันธ์ วรรณมาศ . (2530) **เครื่องปั้นดินเผา** .กรุงเทพมหานคร :โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว .

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

นวลน้อย บุญวงศ์ . (2540) **หลักการออกแบบ** . กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .

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

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

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

ประสพ ลี้เหมือดภัย. (2543) **องค์ประกอบในงานเครื่องปั้นดินเผา.**กรุงเทพฯ : โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮ้าส์.

ปุณณรัตน์ พิชญไพบูลย์ .(2538) **เครื่องเคลือบดินเผา :เทคนิคและวิธีการสร้างสรรค์** .พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .

ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์. (2541) **เนื้อดินเซรามิกส์.** กรุงเทพ ฯ : โอเดียนสโตร์.

_____. (2537) **รวมสูตรเคลือบเซรามิกส์.** กรุงเทพ ฯ : โอเดียนสโตร์.

วีระ เนตราทิพย์.(2550) **การใช้ประโยชน์จากผงหินบะซอลต์มาในการทำเนื้อดินหล่อเซรามิกส์**

รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.

วัชระ วชิรภัทรกุล. (2549) **การใช้ประโยชน์จากผงหินบะซอลต์ในการทำน้ำเคลือบเซรามิกส์ กรณีศึกษา : หินบะซอลต์ บริเวณภูเขาไฟกระโดง จังหวัดบุรีรัมย์.** รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.

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

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

ศักดิ์ชัย เกียรตินาคินทร์ . (2537) **การออกแบบเครื่องปั้นดินเผา** . วิทยาลัยครูอุบลราชธานี. พิมพ์ครั้งที่ 2 .

สมศักดิ์ ชวาลาวัลย์ . (2549) **เซรามิกส์ .** พิมพ์ครั้งที่ 1 . กรุงเทพ ฯ : โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์ .

สาธร ชลชาติภิญโญ. **การทดลองทำภาชนะทนความร้อนชนิดเนื้อแน่นจากอัตราส่วนผสมระหว่าง อลูมินา ดินขาว หินฟันม้า และดินเหนียว.** ปริญญานิพนธ์หลักสูตร ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, อัดสำเนา. 2538 .

สุขุมาล เล็กสวัสดิ์ . (2548) **เครื่องปั้นดินเผา : พื้นฐานการออกแบบและปฏิบัติงาน**. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

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

หน่วยเทคโนโลยีเซรามิกเนื้อดินและเคลือบ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม (MTEC). **สถานภาพทางเศรษฐศาสตร์ เทคโนโลยีการผลิตและการตลาดอุตสาหกรรมเซรามิกส์ของประเทศไทย.** (พ.ศ.2545.)

อายุวัฒน์ สว่างผล. (2543) **วัตถุดิบที่ใช้แพร่หลายในงานเซรามิกส์ (Raw Materials of**

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

Barr, Sander M. and Alen S. Macdonald 1978, **Geochemistry and Petrogenesis of Late Conozoic Alkaline Basalt of Thailand Geol,** Soc. Of Malasia Bull, No. 10 , 52 p.

Barr, S.M. , Macdonald, A.S., Haile, H.S., and Reynolds, P.H. , 1976, **Palaeomagnetism**

and age of the Lampang basalt (Northern Thailand) and age of the underlying pebble tools : Jour. Geol. Soc. Thailand, 2 (1 – 2) , pp 1 – 10

Barr, S.M. and Macdonald, A.S. , 1978 , **Geochemistry and Petrogenesis of Late Cenozoic Alkaline Basalts of Thailand** : Geol. Soc. Malays. Bull. 10 (1978) 25 pp

Barr, S.M. and Macdonald, A.S. 1981. **Geochemistry and geochcnology of the late Cenozoic basalt of Southeast Asia.** Geol. Soc. Am. Bull. 92 : 1069 – 1142.

Jungyusuk, N. and Sirinawin, T. 1983. **Canozoic Basalts of Thailand.** P. 1 – 9 Conference on Geology and Mineral Resource of Thailand Bangkok November. 19 – 28.

Leet, Donald L. and Sheldon Judson 1969. **Physical Geology** 3 rd. ed., New Delhi, Prentico – Hall of India Private Limited, 406 p.

Rice, R.J. 1977. **Foundamentals of Geomorphology** London, Longman. 377 p.

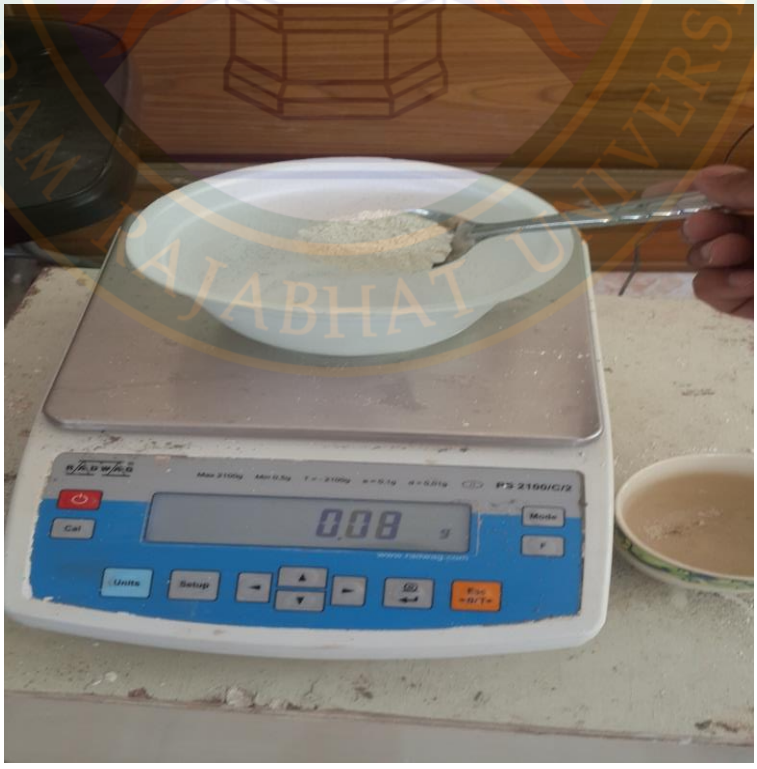
Vichit, P., 1975, **Origin of corundum in basalt** : unpubl. Independent Study at New Maxico Tech., U.S.A. , 165 pp.

Vichit, P., Vudhichativanich, S., and Hansawek, R., 1978, **The distribution and some characteristics of corundum bering basalts in Thailand,** : Jour. Geol. Soc., Thailand, v.1 no.1. (special issue for III GEOSEA) pp. M4 – 1 - M4 – 38

ภาคผนวก

ก. ขั้นตอนการทดสอบเนื้อดินหล่อจากผงหินบะซอลต์

ภาพที่ 18 การร่อนผงหินบะซอลต์



ภาพที่ 19 การชั่งวัตถุดิบอื่นที่เป็นส่วนผสม

ภาพที่ 20 การผสมวัตถุดิบ

ภาพที่ 21 การหมักวัตถุดิบทั้ง 36 สูตร

ภาพที่ 22 การบดผสมเนื้อดิน

ภาพที่ 23 การวัดค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำดินหล่อ

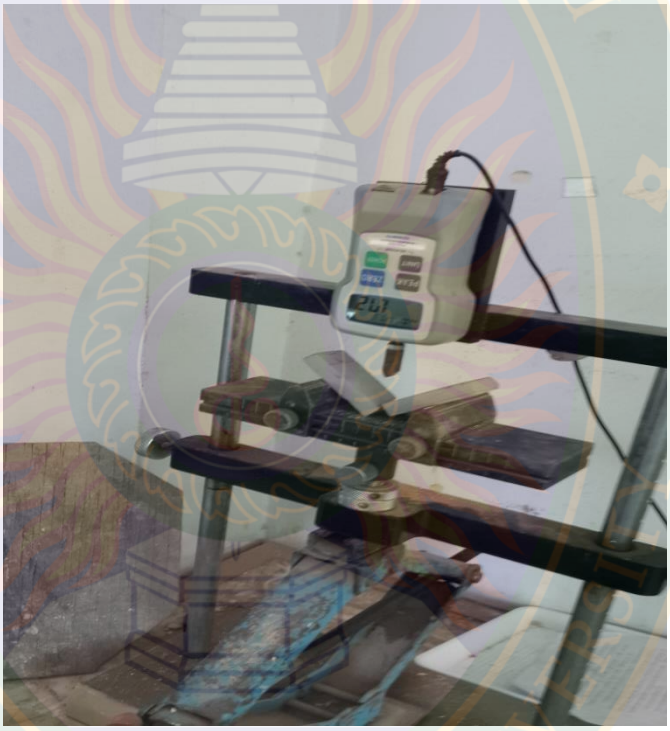
ภาพที่ 24 การหาค่าการไหลตัวของน้ำดิน

ภาพที่ 25 การหล่อขึ้นรูปแท่งทดสอบ

ภาพที่ 26 การวัดความยาวแท่งทดสอบอัตราการหดตัวของเนื้อดิน

ภาพที่ 27 แท่งทดสอบเนื้อดินทั้ง 36 สูตร

ภาพที่ 28 การวัดความกว้างของแท่งทดสอบ



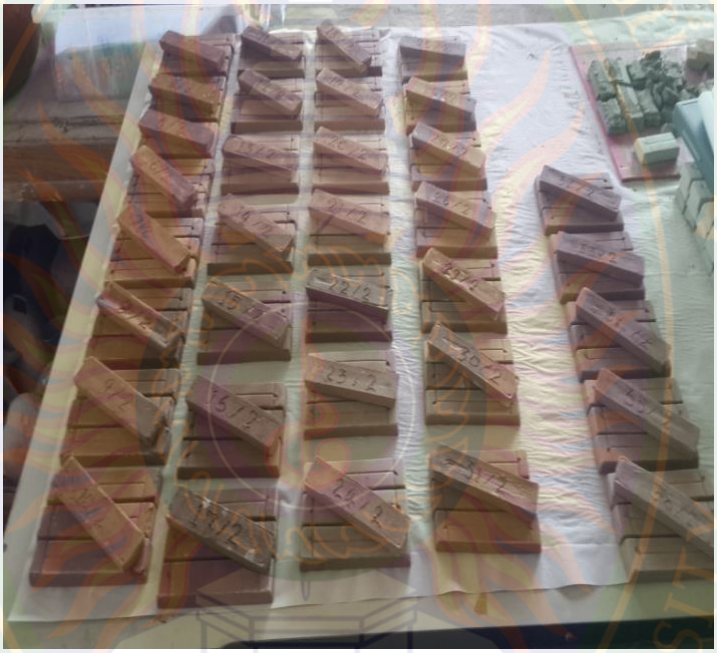
ภาพที่ 29 การหาค่าความแกร่งของแท่งทดสอบเมื่อแห้ง

ภาพที่ 30 นำแท่งทดสอบทั้ง 36 สูตร ไปเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 31 แท่งทดสอบที่ผ่านการเผาอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส

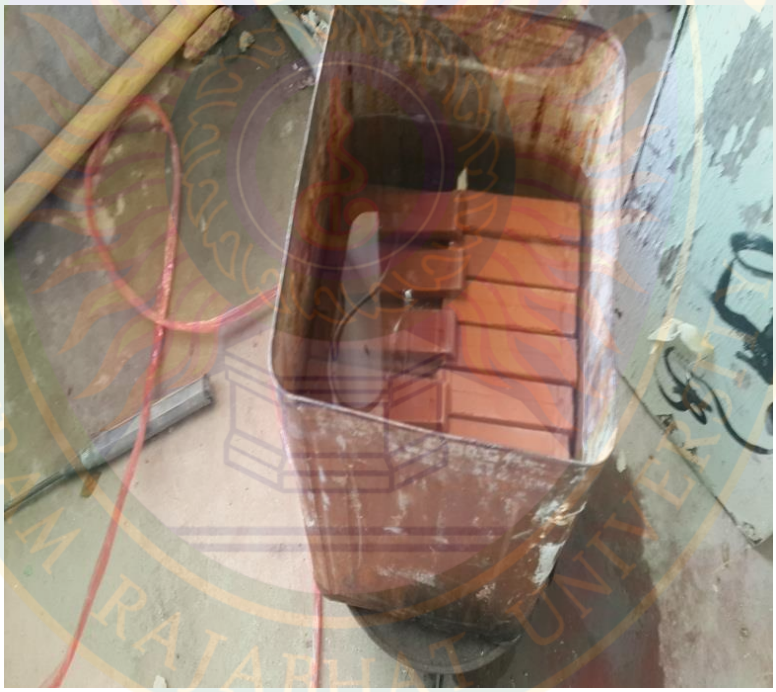
ภาพที่ 32 เตรียมแท่งทดสอบ เผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 33 แท่งทดสอบหลังการเผา 1,100 องศาเซลเซียส

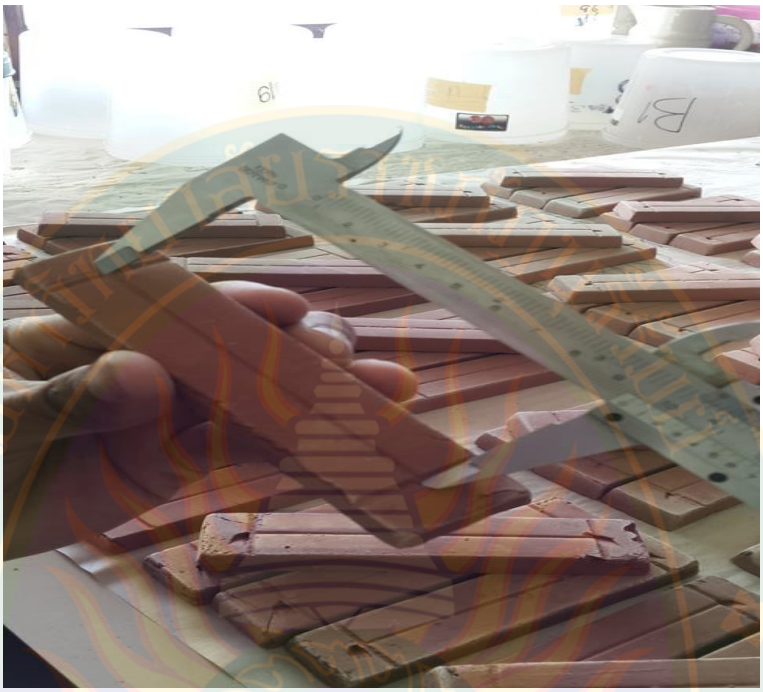


ภาพที่ 34 แท่งทดสอบที่ผ่านการเผาอุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 35 ชั่งแท่งทดสอบก่อนนำไปต้มทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำ

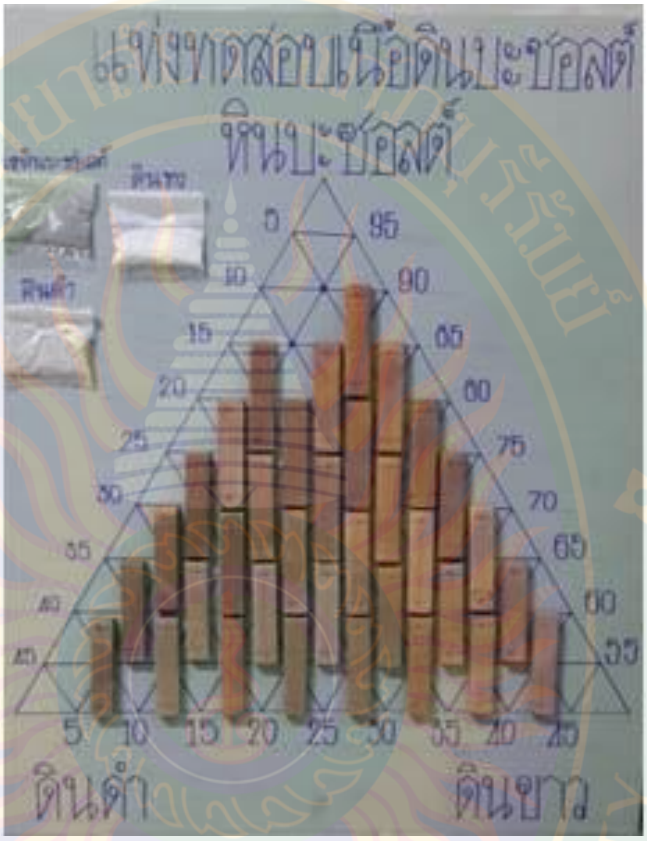


ภาพที่ 36 การต้มทดสอบค่าการดูดซึมน้ำทั้ง 36 สูตร



ภาพที่ 37 วัดความยาวเพื่อทดสอบการหดตัวหลังเผา อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 38 การหาค่าความแกร่งหลังเผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 39 ภาพแสดงการทดสอบบนตาราง

สามเหลี่ยม

ภาพที่ 40 การเตรียมวัตถุดิบทำเนื้อดินหล่อ

ภาพที่ 41 เติมน้ำตามเพื่อหมักเนื้อดิน

ภาพที่ 42 ปั่นน้ำดินให้วัตถุดิบเข้ากัน

ภาพที่ 43 การวัดค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำดินหล่อ

ภาคผนวก

ข. กระบวนการทดสอบน้ำเคลือบ

ตารางที่ 21 แสดงการเพิ่มอัตราส่วนผสมระหว่างเคลือบใสกับผงหินบะซอลต์

สูตรที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ฟริต CG466 (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
ผงหินบะซอลต์ (%)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20

ตารางที่ 22 แสดงการเพิ่มอัตราส่วนผสมระหว่างเคลือบขาวทึบ กับผงหินบะซอลต์

สูตรที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ฟริตขาวทึบ OG 053 (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
ผงหินบะซอลต์ (%)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20

ตารางที่ 23 แสดงการปรับอัตราส่วนผสมของเคลือบระหว่างหินบะซอลต์ กับโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์

สูตรที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

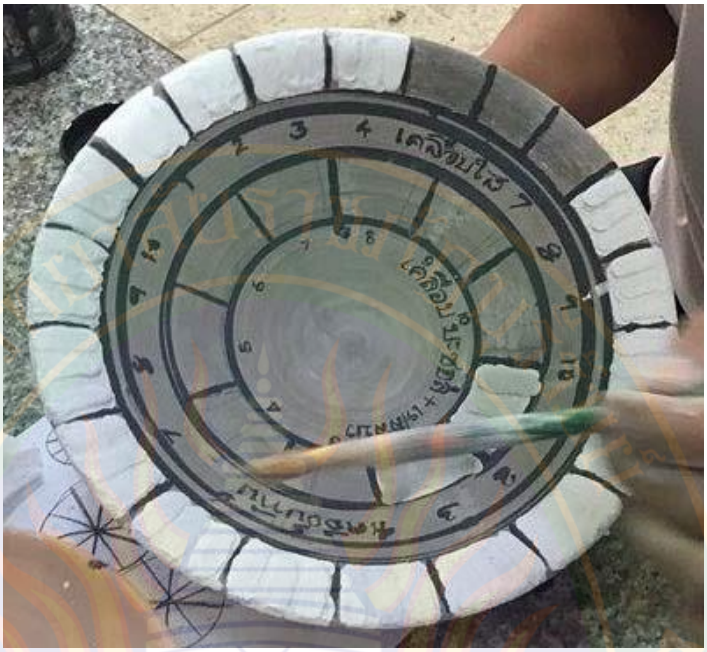
ผงหินบะซอลต์ (%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
โพแทสเฟลด์สปาร์ (%)	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
รวม	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

ภาพที่ 44 การร่อนผงหินบะซอลต์เพื่อเป็นวัตถุดิบในการเตรียมเคลือบ

ภาพที่ 45 การชั่งวัตถุดิบในการทดสอบเคลือบใสผสมผงหินบะซอลต์

ภาพที่ 46 การทดสอบเคลือบใสผสมผงหินบะซอลต์ ลงบนชิ้นงาน

ภาพที่ 47 การทดสอบเคลือบใสผสมผงหินบะซอลต์ ลงบนชิ้นงาน



ภาพที่ 48 การทดสอบเคลือบขาวทึบผสมผงหินบะซอลต์ ลงบนชิ้นงาน

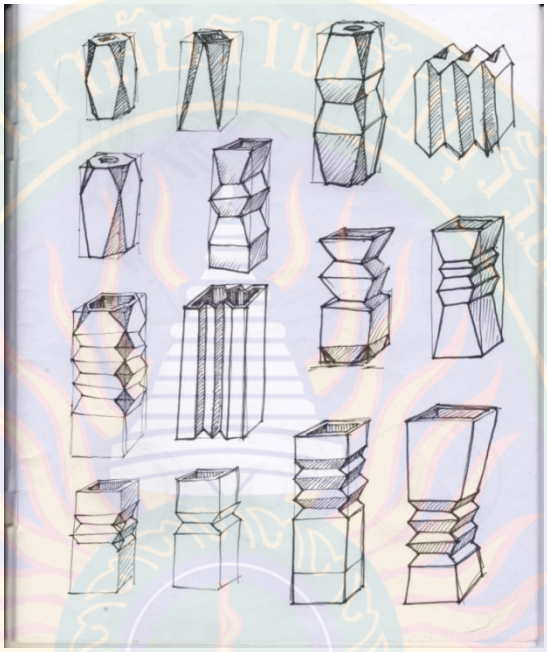
ภาพที่ 49 การทดสอบเคลือบขาวทึบผสมผงหินบะซอลต์ ลงบนชิ้นงานทดสอบ

ภาพที่ 50 ชุดทดสอบเคลือบใสและเคลือบขาวทึบผสมผงหินบะซอลต์ หลังเผา 1,100 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 51 ชุดทดสอบเคลือบหินฟันม้าผสมผงหินบะซอลต์หลังเผา 1,100 องศาเซลเซียส

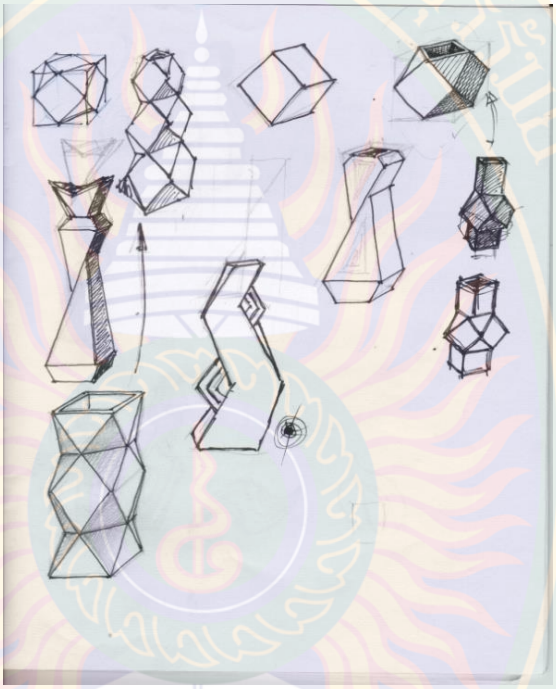
ภาคผนวก

ค. กระบวนการผลิตเซรามิกส์ร่วมสมัย

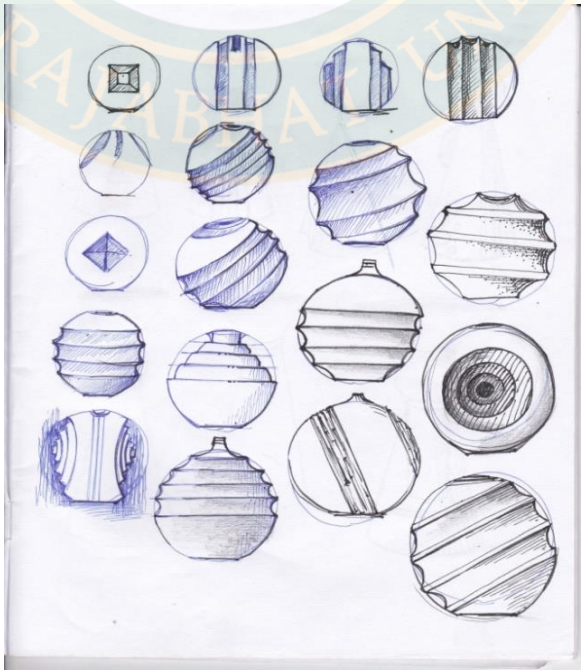


ภาพที่ 52 การออกแบบภาพร่าง

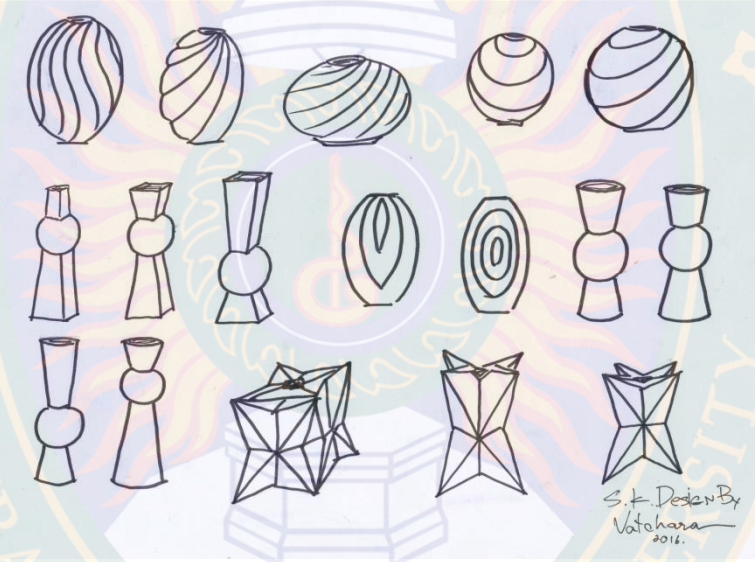
ภาพที่ 53 การออกแบบภาพร่าง



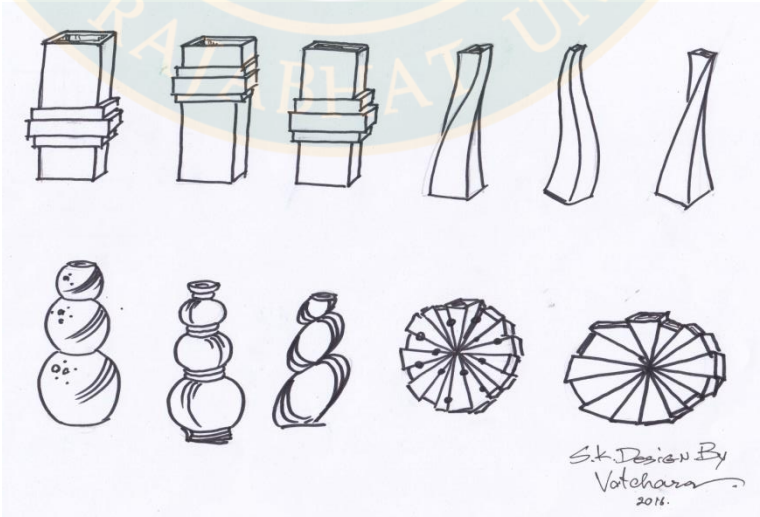
ภาพที่ 54 การออกแบบภาพร่าง



ภาพที่ 55 การออกแบบภาพร่าง



ภาพที่ 56 การออกแบบภาพร่าง



ภาพที่ 57 การออกแบบภาพร่าง

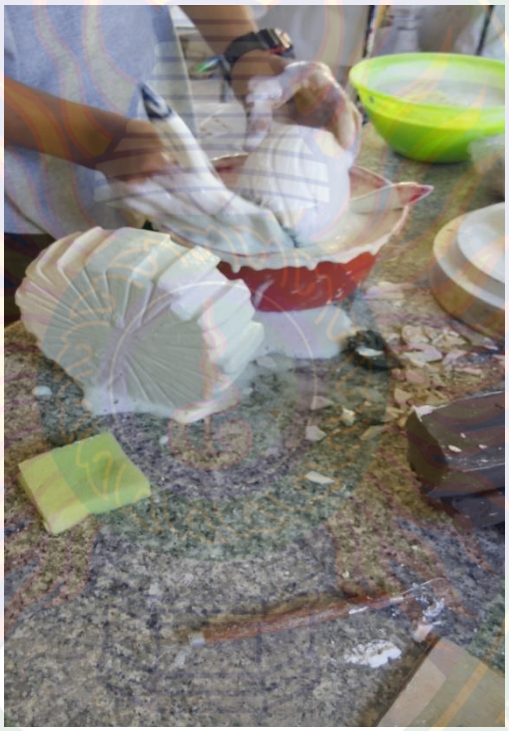
ภาพที่ 58 ปั้นต้นแบบจำลอง

ภาพที่ 59 ปั้นต้นแบบจำลอง

ภาพที่ 60 การกลึงต้นแบบ

ภาพที่ 61 การ แกะลวดลายชิ้นงาน

ภาพที่ 62 ต้นแบบปูนปลาสเตอร์



ภาพที่ 63 การทาน้ำสบู่เพื่อเตรียมทำพิมพ์

ภาพที่ 64 การทำพิมพ์

ภาพที่ 65 การกั้นพิมพ์

ภาพที่ 66 การเทปูนทำแบบพิมพ์

ภาพที่ 67 แบบพิมพ์ที่ได้

ภาพที่ 68 การตากพิมพ์ให้แห้ง เตรียมหล่อชิ้นงาน

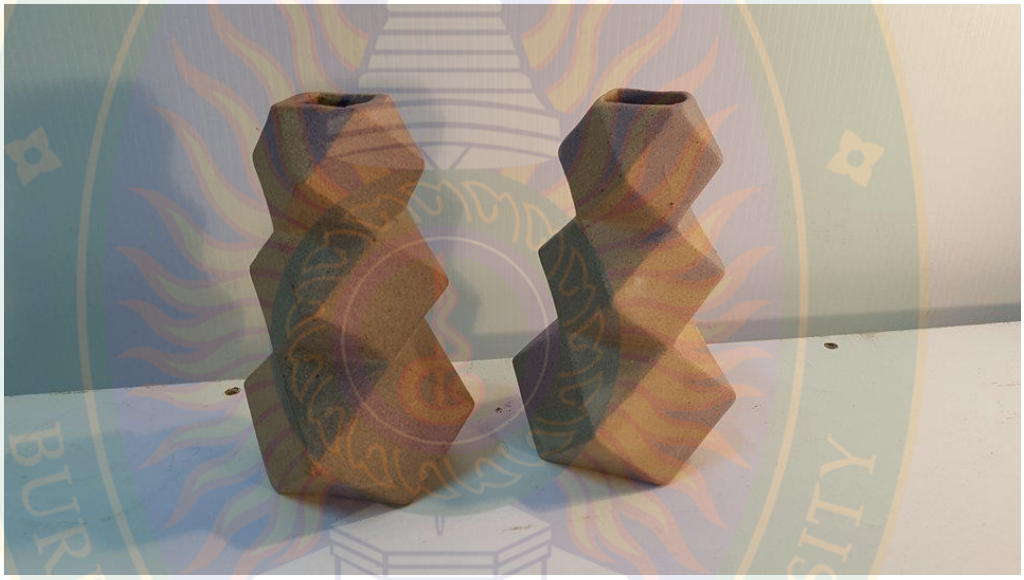
ภาพที่ 69 การขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อน้ำดิน

ภาพที่ 70 การแกะชิ้นงานออกจากแบบพิมพ์หล่อ

ภาพที่ 71 ตกแต่งชิ้นงานที่แกะออกจากแบบพิมพ์

ภาพที่ 72 การตกแต่งชิ้นงาน เนื้อดินหล่อผสมผงหินบะซอลต์

ภาพที่ 73 การตกแต่งชิ้นงาน เนื้อดินหล่อผสมผงหินบะซอลต์



ภาพที่ 74 ชิ้นงานเนื้อดินหล่อผสมผงหินบะซอลต์ หลังเผา 1,100 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 75 ชิ้นงานเนื้อดินหล่อผสมผงหินบะซอลต์ หลังเผา 1,100 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 76 ชิ้นงานเนื้อดินหล่อผสมผงหินบะซอลต์ หลังเผา 1,100 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 77 ชิ้นงานเนื้อดินหล่อผสมผงหินบะซอลต์ หลังเผา 1,100 องศาเซลเซียส

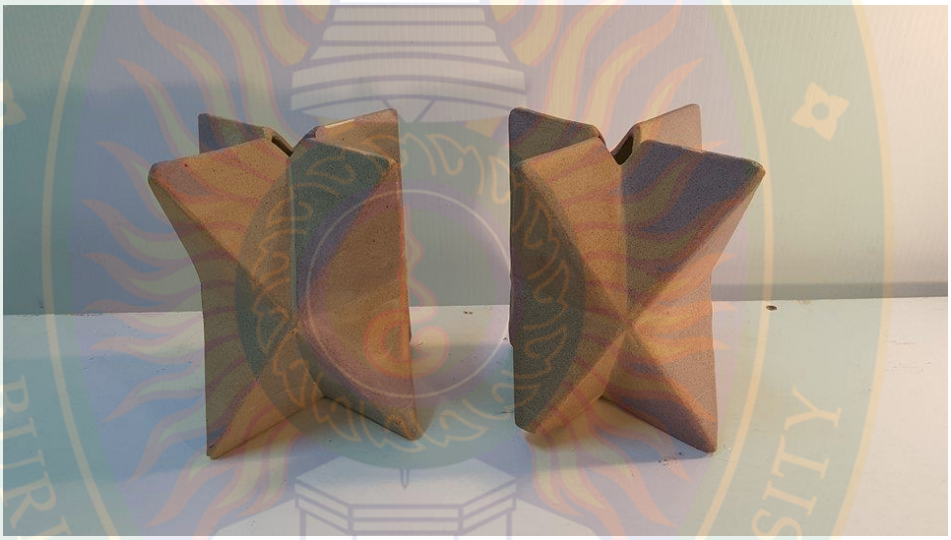
ภาพที่ 78 ชิ้นงานเนื้อดินหล่อผสมผงหินบะซอลต์ หลังเผา 1,100 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 79 ชิ้นงานเนื้อดินหล่อผสมผงหินบะซอลต์ หลังเผา 1,100 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 80 ชิ้นงานเนื้อดินหล่อผสมผงหินบะซอลต์ หลังเผา 1,100 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 81 ชิ้นงานเนื้อดินหล่อผสมผงหินบะซอลต์ หลังเผา 1,100 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 82 ชิ้นงานเนื้อดินหล่อผสมผงหินบะซอลต์ หลังเผา 1,100 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 83 ชิ้นงานเนื้อดินหล่อผสมผงหินบะซอลต์ หลังเผา 1,100 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 84 ชิ้นงานเนื้อดินหล่อผสมผงหินบะซอลต์ หลังเผา 1,100 องศาเซลเซียส

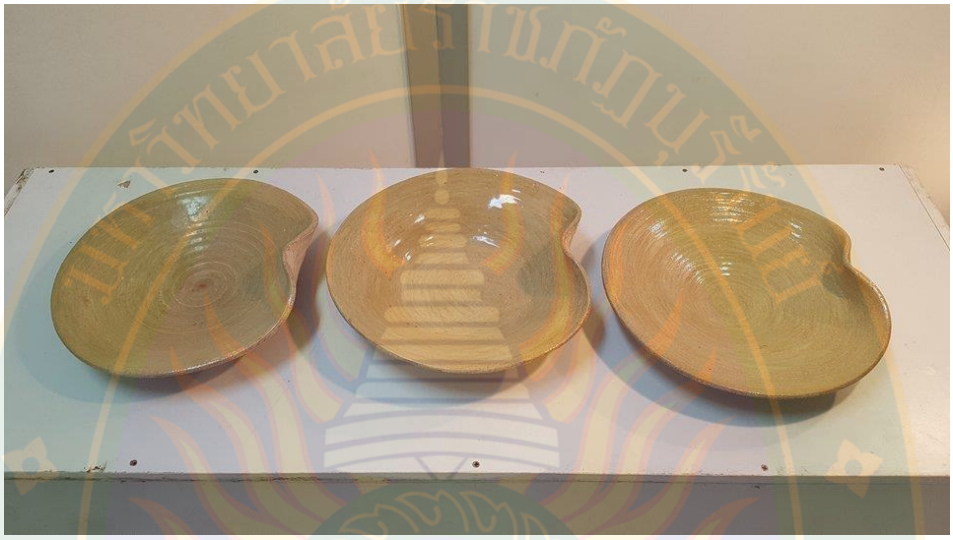
ภาพที่ 85 ชิ้นงานเนื้อดินหล่อผสมผงหินบะซอลต์ หลังเผา 1,100 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 86 ชิ้นงานเนื้อดินปั้นผสมผงหินบะซอลต์ ขึ้นรูปแบบแป้นหมุน

ภาพที่ 87 ชิ้นงานเนื้อดินปั้นผสมผงหินบะซอลต์ ขึ้นรูปแบบแป้นหมุน

ภาพที่ 88 ชิ้นงานเนื้อดินปั้นผสมผงหินบะซอลต์ ขึ้นรูปแบบแป้นหมุน

หลังเผา 1,100 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 89 ชิ้นงานเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบผสมผงหินบะซอลต์
หลังเผา 1,100 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 90 ชิ้นงานหลังเผาดิบ

ภาพที่ 91 การเคลือบด้านในผลิตภัณฑ์

ภาพที่ 92 การชุบเคลือบ

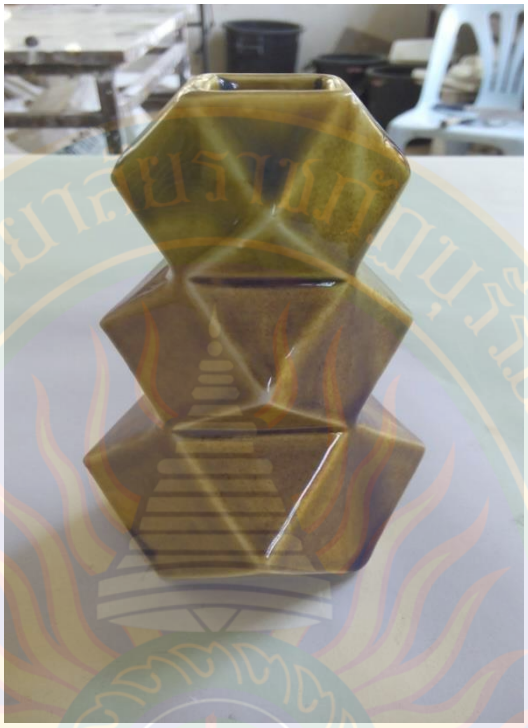
ภาพที่ 93 เตรียมเผาเคลือบ

ภาพที่ 94 แจกันที่มีแนวความคิดจากทฤษฎีเส้นแย้ง

ภาพที่ 95 แจกันที่มีแนวความคิดจากทฤษฎีเส้นเฉียง

ภาพที่ 96 แจกันที่มีแนวความคิดจากทฤษฎีการซ้ำ

ภาพที่ 97 แจกันที่มีแนวความคิดจากทฤษฎีจังหวะ



ภาพที่ 98 แจกันที่มีแนวความคิดจากทฤษฎีระดับความเปลี่ยนแปลง

ภาพที่ 99 แจกันที่มีแนวความคิดจากทฤษฎีความเคลื่อนไหว

ภาพที่ 100 แจกันที่มีแนวความคิดจากทฤษฎีความกลมกลืน

ภาพที่ 101 แจกันที่มีแนวความคิดจากทฤษฎีความขัดแย้ง

ภาพที่ 102 แจกันที่มีแนวความคิดจากทฤษฎีสัดส่วน

ภาพที่ 103 แจกันที่มีแนวความคิดจากทฤษฎีดุลยภาพ

ภาพที่ 104 แจกันที่มีแนวความคิดจากทฤษฎีการเน้น

ภาพที่ 105 แจกันที่มีแนวความคิดจากทฤษฎีเอกภาพ

ภาพที่ 106 แจกันที่มีแนวความคิดจาก 12 ทฤษฎีการออกแบบ

ภาพที่ 107 แจกันที่มีแนวความคิดจาก 12 ทฤษฎีการออกแบบ

ภาพที่ 108 ชิ้นงานเนื้อดินหล่อผสมผงหินบะซอลต์ หลังเผา 1,100 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 109 แจกันต้นแบบที่มีแนวความคิดจาก 12 ทฤษฎีการออกแบบ