รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2558

การศึกษาคุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ สำหรับผลิตเครื่องปั้นดินเผา บ้านแก่งเป้า อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์

The Study of Science and Engineering Properties of Clay Bodies and Glaze for Earthenware Product of Kangpao Village, Lomkao District, Phetchabun Province

ดร.เอนกพงศ์ ธรรมาธิวัฒน์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ตุลาคม 2558

รหัสโครงการ 2558A14562002

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2558

การศึกษาคุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบสำหรับผลิตเครื่องปั้นดินเผา บ้านแก่งเป้า อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์

ดร.เอนกพงศ์ ธรรมาธิวัฒน์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

สนับสนุนโดย สำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษา
และพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ
สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ภายใต้โครงการบูรณาการวิจัยจากรากฐานภูมิปัญญาท้องถิ่นสู่นวัตกรรม ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปีงบประมาณ 2558 ในการสนับสนุนทุนวิจัย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง รศ.ดร.วีรยา ฉิมอ้อย ผู้ให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางการวิจัย ตลอดช่วงระยะเวลาการวิจัย ขณะเดียวกันโคร่ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ ครู ปราชญ์ชาวบ้าน บุคลากรและหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนทำให้งานวิจัยนี้สามารถทำได้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี และหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้สามารถนำมาเป็นแนวทางสำหรับการบูรณาการวิจัยจากรากฐานภูมิปัญญาท้องถิ่นสู่นวัตกรรมด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จากการใช้ผลงานวิจัยโจทย์ปัญหาภูมิปัญญาท้องถิ่นต่อไป

ดร.เอนกพงศ์ ธรรมาธิวัฒน์

บทคัดย่อ

รายงานการวิจัย การศึกษาคุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบสำหรับผลิตเครื่องปั้นดินเผา บ้านแก่งเป้า อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์
ผู้จัดทำ ดร.เอนกพงศ์ ธรรมาธิวัฒน์
แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
ปีงบประมาณ 2558
คำสำคัญ คุณสมบัติทางวิทยาศาสตร์, คุณสมบัติทางวิศวกรรม, เครื่องปั้นดินเผา

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมของเนื้อดินปั้นสำหรับผลิตเครื่องปั้นดินเผา บ้านแก่งเป้า อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาคุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมของเนื้อดินปั้นเพื่อผลิตเครื่องปั้นดินเผา เพื่อศึกษาภูมิปัญญาการเคลือบเนื้อดินปั้นเพื่อให้ได้สีสันของผลิตภัณฑ์ตามต้องการ และเพื่อศึกษาและพัฒนาน้ำเคลือบให้เหมาะสมกับเนื้อดินปั้นของชุมชนบ้านแก่งเป้า ผลการทดสอบคุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมของเนื้อดินปั้นเพื่อผลิตเครื่องปั้นดินเผา พบว่า เนื้อดินปั้นสำหรับผลิตเครื่องปั้นดินเผา บ้านแก่งเป้า อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ มีลักษณะโครงสร้างจุลภาคของเนื้อดินปั้นเป็นแผ่นเรียงซ้อนทับกัน ค่าขีดจำกัดเหลวร้อยละ 90.85 และค่าขีดจำกัดพลาสติกร้อยละ 30.26 ค่า % Clay มีค่าเท่ากับ 34.61% และมี % Silt ปนเข้ามามีค่าน้อยกว่า % Sand โดยค่า % Silt และ % Clay มีค่ารวมกันอยู่ระหว่าง 35-36 % ซึ่งพอจะสรุปได้คือ เนื้อดินปั้นของชุมชนบ้านแก่งเป้าเป็นดินเม็ดละเอียดเสียส่วนมาก ส่วนทรายที่ปนเข้ามาบ้างก็เป็นเพราะว่าเป็นส่วนหนึ่งของการตกตะกอนที่เกิดการพัดมาทับถมเกิดเป็นดินที่บริเวณนี้ ผลศึกษาภูมิปัญญาการเคลือบเนื้อดินปั้นเพื่อให้ได้สีสันของผลิตภัณฑ์ตามต้องการ พบว่า ภูมิปัญญาการเคลือบเนื้อดินปั้นของชุมชนบ้านแก่งเป้า เป็นการนำขี้เถ้าแกลบจากโรงสี ขี้เถ้าจากการเผาขี้เลื่อย และขี้เถ้าจากการเผาฟางข้าว ซึ่งขี้เถ้าแต่ละชนิดมีผลทำให้ได้สี่เคลือบที่แตกต่างกัน โดยในขี้เถ้าพืชจะมีส่วนประกอบทางเคมี ส่วนใหญ่คือ ซิลิกา อลูมินา แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม โพแทสเซียม และเฟอร์ริกออกไซด์ สิ่งเหล่านี้จะแตกต่างกันแล้วแต่ชนิดขี้เถ้า ผลการศึกษาและพัฒนาน้ำเคลือบให้เหมาะสมกับเนื้อดินปั้นของชุมชนบ้านแก่งเป้า พบว่า ผลการพัฒนาน้ำเคลือบที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปเคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาในบรรยากาศออกซิเดชัน ประกอบด้วย ขี้เถ้าแกลบ เศษหินแกรนิต เปลือกหอยแครง จะให้สีของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผามีโทนสีน้ำตาลเข้ม ผิวเคลือบกึ่งด้านกึ่งมันและพรุน

Abstract

Research The Study of Science and Engineering Properties of Clay Bodies and Glaze for Earthenware Product of Kangpao Village, Lomkao District, Phetchabun Province

Authors Dr. Anekpong Thammathiwat

Source Budget Office of the Higher Education Commission

Year 2014

Keywords: Science Properties, Engineering Properties, Earthenware Product

This research is the study of science and engineering properties of clay bodies and glaze for earthenware product of Kangpao village, Lomkao district, Phetchabun province. The purpose is to study science and engineering properties of clay bodies for pottery production. To study the wisdom coating clay for color of products as needed. And to study and develop a coating to suit the clay of Ban Kaeng target. Results of the tests in science and engineering of clay for pottery found clay for pottery production target Kaeng Lom Kao district. Phetchabun Province The microstructure of clay plates stacked upon each other. The threshold values liquefied percentage of 90.85 and the plastic limit of 30.26 value% Clay is equal to 34.61% and the% Silt fighting took less than% Sand by the% Silt and% Clay is well underway. 35-36%, which is enough to conclude. Ban Kaeng of clay targets are mostly broken clay granules. The sand is mixed into it because it is part of the precipitation that caused the blow caused a heap of soil in this area. The educational attainment coating clay for color products according to the wisdom of the clay coating of Ban Kaeng target. RHA is bringing the mill. Ash from burning sawdust And ashes from the burning of rice straw. The ash has made each of four different coatings. The ash contains chemical plant is mostly silica, alumina, sodium, potassium, calcium, magnesium and ferric oxide. These will vary depending on the type of ash. The study and develop a coating to suit the clay of Ban Kaeng targets that the development of the most appropriate coatings and coating products include pottery, atmospheric oxidation RHA scrap granite escalope. Provides color with dark brown pottery products. Coating semi-matt and semi-porous it.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ .... ก
Abstract.. .... ข
กิตติกรรมประกาศ........ ค
สารบัญ .... ง
สารบัญรูป........ ช
สารบัญตาราง .... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย........ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 3
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย 3
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย........ 4
1.5 กรอบแนวความคิดของการวิจัย 4

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 คุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมของดินเหนียว........ 5
2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องปั้นดินเผา........ 24
2.2.1 ความหมายของเครื่องปั้นดินเผา 24
2.2.2 ประวัติความเป็นมาของเครื่องปั้นดินเผา 26
2.2.3 วัตถุดิบที่ใช้ผลิตเครื่องปั้นดินเผา 31
2.2.4 เนื้อดินปั้น (Bodies) 53
2.2.5 เคลือบ 59
2.2.6 การหาส่วนผสมของวัตถุดิบ 71
2.2.7 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ 72
2.2.8 การอบผลิตภัณฑ์ให้แห้ง 76
2.3 เตาเผาและการเผา........ 78
2.3.1 เตาเผา (Kiln) 78
2.3.2 เตาแก๊ส (Gas Kiln) 80
2.3.3 การเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา (Firing Ceramic Ware)........ 82
2.4 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ 86
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 91

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 97
3.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย 97
3.2 สถานที่ทำการวิจัย 106

บทที่ 4 ผลการวิจัย 107
4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมของเนื้อดินปั้นเพื่อผลิตเครื่องปั้นดินเผาของชุมชนบ้านแก่งเป้า 107
4.1.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์ของเนื้อดินปั้น 107
4.1.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติด้านวิศวกรรมของเนื้อดินปั้น 109
4.2 ผลการศึกษาภูมิปัญญาการเคลือบเนื้อดินปั้นของชุมชนบ้านแก่งเป้า 111
4.3 ผลการศึกษาและพัฒนาน้ำเคลือบให้เหมาะสมกับเนื้อดินปั้นของชุมชนบ้านแก่งเป้า 113

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 114
5.1 สรุปผลการวิจัย 114
5.2 อภิปรายผลการวิจัย 115
5.3 ข้อเสนอแนะ 116

เอกสารอ้างอิง 117

ภาคผนวก 125

ภาคผนวก ก ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชุมชนบ้านแก่งเป้า 126

ภาคผนวก ข ลักษณะการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ของเนื้อดินปั้นชุมชนบ้านแก่งเป้า 127

ภาคผนวก ค โครงสร้างทางจุลภาคของเนื้อดินปั้น 128

ภาคผนวก ง ประวัติผู้วิจัย 129

ภาคผนวก จ รายงานสรุปการเงิน 132

ภาคผนวก ฉ ผลผลิต (Output) ที่เกิดขึ้นในช่วงที่ได้รับทุน 133

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย 4

รูปที่ 2.1 โครงสร้างของดินเหนียวชนิดเตตระฮีดรัล (a) โครงสร้างพื้นฐานของเตตระฮีดรัล, (b) ภาพสามมิติของโครงสร้าง Silica Sheet และ (c) ภาพด้านบนของโครงสร้าง Silica Sheet (Holtz and Kovacs, 1981) 6

รูปที่ 2.2 โครงสร้างของดินเหนียวชนิดออกตาฮีดรัล (a) โครงสร้างพื้นฐานของออกตาฮีดรับ (b) ภาพสามมิติของโครงสร้างดิน Octahedral Sheet (Grim, 1968) 6

รูปที่ 2.3 สัญลักษณ์แสดงแผ่นโครงสร้างดินเหนียว (Grim, 1968) 6

รูปที่ 2.4 โครงสร้างดินเหนียวสองชั้น (Grim, 1968) 8

รูปที่ 2.5 แผนภาพโครงสร้างของแร่แคลิโอลิไนต์ (Grim, 1968) 8

รูปที่ 2.6 การกระจายประจุไอออนของแร่เคลิโอลิไนต์ (Mitchell, 1993) 9

รูปที่ 2.7 โครงสร้างดินเหนียวสามชั้น (Grim, 1968) 9

รูปที่ 2.8 แผนภาพการกระจายไอออนของแร่ดินเหนียวมอนต์มอริลโลไนต์ (Mitchell, 1993) . 10

รูปที่ 2.9 โครงสร้างของแร่ดินเหนียวมอนต์มอริลโลไนต์ 11

รูปที่ 2.10 โครงสร้างของแร่อิลไลต์และแร่เวอร์มิคิวไลต์ 12

รูปที่ 2.11 การกระจายตัวของมวลรวมสำหรับแร่ประกอบดินเหนียวในแผ่นใยสังเคราะห์ดินเหนียว 14

รูปที่ 2.12 กลไกการดึงดูดไอออนบวกที่ผิวของ silicate เช่น มอนต์มอริลโลไนต์ (Sposito, 1989) 15

รูปที่ 2.13 กลไกปฏิกิริยาร่วมระหว่างเม็ดดินและน้ำ (Soil-water interaction) (a) พันธะไฮโดรเจน (b) การแลกเปลี่ยนไอออนบวก (c) การดึงดูดโดยการออสโมซิส และ (d) แรงดึงดูดขั้วคู่ (Michell, 1993) 18

รูปที่ 2.14 แบบจำลองของ Helmholtz 19

รูปที่ 2.15 แบบจำลองของ Gouy-Chapman 20

รูปที่ 2.16 แบบจำลองของ Stern 20

รูปที่ 2.17 อิทธิพลของความเข้มข้นของไอออนต่อระยะห่างระหว่างผิวของอนุภาค (Michell, 1993) 23

รูปที่ 2.18 อิทธิพลของความเข้มข้นของไอออนต่อระยะห่างระหว่างผิวของอนุภาคตามทฤษฎีวงน้ำรอบอนุภาคดินเหนียว (Mitchell, 1993).. 24

รูปที่ 3.1 หลักการพื้นฐานของเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์... 99

รูปที่ 3.2 แผนภาพลักษณะการทำงานของการทดสอบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ 100

รูปที่ 3.3 เครื่องมือทดสอบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์.. 100

รูปที่ 3.4 แผนภาพการทำงานของเครื่องทดสอบหาลักษณะโครงสร้างทางจุลภาค.................. 102

รูปที่ 3.5 เครื่องทดสอบหาลักษณะโครงสร้างทางจุลภาค (HITACHI S-800) 102

รูปที่ 4.1 คุณสมบัติของน้ำเคลือบขี้เถ้าชุมชนบ้านแก่งเป้า.. 112

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ปริมาณแร่ต่างๆ ในแร่ประกอบดินเหนียว 13

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์ของเนื้อดินปั้น 108

ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติด้านวิศวกรรมของเนื้อดินปั้น 110

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติของน้ำเคลือบขี้เถ้าชุมชนบ้านแก่งเป้า 112

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

ภูมิปัญญา เป็นความคิดทางสังคมที่สำคัญอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตของผู้คนทุกยุคทุกสมัย ทั้งนี้เพราะภูมิปัญญาเป็นความรู้ ความคิด ความเชื่อ ความสามารถ ความจัดเจน ซึ่งกลุ่มชนได้จากประสบการณ์ที่สั่งสมด้วยการปรับตัวและการดำรงชีพในสภาพแวดล้อมธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมทางสังคม–วัฒนธรรม หรือภูมิปัญญาเป็นผลของการใช้สติปัญญาปรับตัวกับสภาวะต่างๆ ในแหล่งที่กลุ่มชนนั้นตั้งอยู่ อาจจะมีการแลกเปลี่ยนทางวัฒนธรรมกับกลุ่มชนอื่นจากพื้นที่และสิ่งแวดล้อมอื่นที่ได้มีการติดต่อสัมพันธ์ กันแล้วรับเอาหรือปรับเปลี่ยนมาใช้ประโยชน์หรือแก้ปัญหาในสิ่งแวดล้อมและบริบททางสังคมวัฒนธรรมของกลุ่มชนนั้น (เอกวิทย์ ณ ถลาง. 2540: 11-12) จากนัยดังกล่าวทำให้เห็นว่า การดำรงอยู่ของคนและสังคมจะต้องอาศัยภูมิปัญญาเป็นเครื่องมือหรือเป็นองค์ความรู้ที่พัฒนาขึ้นในกระบวนการที่คนและชุมชนปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมนั่นเอง ภูมิปัญญาจึงเป็นแกนสำคัญของกลุ่มชนที่สังคมขาดไม่ได้

ภูมิปัญญาท้องถิ่นถือเป็นองค์ความรู้ ความคิด ความเข้าใจ ทัศนคติ ที่ได้พัฒนาก่อนก่อรูปขึ้นมา โดยชาวบ้านเพื่อที่จะสามารถนำเอามาใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน ไม่ว่าจะเป็นการใช้เพื่อปรุงอาหาร การสร้างบ้าน การรักษาพยาบาล หรือการจัดสรรบทบาททางสังคม และการจัดความสัมพันธ์ทางสังคม ระบบความรู้พื้นบ้านจะดีหรือจะมีประสิทธิภาพอย่างไร จะต้องวัดกันที่ว่าสิ่งนั้นเป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตประจำวันมากน้อยเพียงใด วิธีการศึกษาระบบความรู้พื้นบ้าน ภูมิปัญญาท้องถิ่นเกิดจากการสั่งสมของประสบการณ์ของผู้รู้ในชุมชนและเป็นประสบการณ์ที่ได้รับการถ่ายทอดจากบรรพบุรุษที่มีความรู้และจากสถาบันต่าง ๆ มากมาย ซึ่งมีอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมและศาสนาเข้ามาเกี่ยวข้องอยู่ด้วยและมีวัฒนธรรมเป็นพื้นฐาน ภูมิปัญญาเป็นสิ่งที่มีมานาน มีการปฏิบัติโดยผู้คนในชุมชนนั้น การศึกษาในระยะแรก ๆ เป็นเรื่องของวัฒนธรรมในชุมชน เรื่องการพึ่งพาตนเองของชาวบ้าน ต่อมาได้ศึกษากว้างขึ้นในลักษณะของนักปราชญ์ชาวบ้าน ดังนั้น ภูมิปัญญาชาวบ้านจึงเป็นสิ่งที่สนใจและได้รับการรื้อฟื้นและเผยแพร่มากขึ้น มนุษย์เมื่อมาอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม ย่อมเรียนรู้ ปรับตัว และสร้างสรรค์วัฒนธรรมที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ เพื่อการดำรงอยู่ของชีวิต ดังนั้นกระบวนการเรียนรู้ประสบการณ์ โลกทัศน์ ความเชื่อ พิธีกรรมต่าง ๆ อันประกอบกันเป็นวิธีชีวิตของผู้คน ที่มีการสั่งสม สืบทอดและปรับเปลี่ยนต่อเนื่องกันมา จึงเป็นภูมิปัญญาของผู้คนในท้องถิ่นนั้น ๆ สำหรับภูมิปัญญาในกระบวนการที่เกิดจากการสืบทอด ถ่ายทอด องค์ความรู้ที่มีอยู่เดิมในชุมชนท้องถิ่นต่าง ๆ แล้วพัฒนา เลือกสรร ปรับปรุงองค์ความรู้เหล่านั้นจนเกิดทักษะและความชำนาญที่สามารถแก้ปัญหาและพัฒนาชีวิตให้เหมาะสมกับยุคสมัย แล้วเกิดภูมิปัญญา (องค์ความรู้ใหม่) ที่เหมาะสม และสืบทอดพัฒนาต่อไปอย่างไม่มีที่สิ้นสุด

ดินเป็นวัตถุดิบชนิดแรกที่มนุษย์รู้จักนำมาใช้ประโยชน์ ตั้งแต่ยุค 4,000 ปี ก่อนคริสต์ศักราชหรือประมาณ 6,000 ปี มาแล้วเนื่องจากดินเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายมีอยู่ทั่วไป ทุกท้องถิ่นบนผิวโลกและมีคุณสมบัติพิเศษคือความเหนียว สามารถนำมาปั้นดินรูปทรงต่างๆ ได้ตามความต้องการ โดยมนุษย์นำทรัพยากรดินมาปั้นเป็นรูปทรงภาชนะ แล้วเผาจนแกร่ง ที่เรียกว่า เครื่องปั้นดินเผาชนิดไม่เคลือบ เพื่อใช้ในการหุงต้มอาหาร และเก็บเมล็ดพันธุ์พืช (ไพจิตร อังศิริวัฒน์.2541:1) ตั้งแต่สมัยอดีตจนถึงปัจจุบัน ดินยังคงเป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาหลายชนิด เช่น ภาชนะใส่อาหาร (Tableware) เครื่องสุขภัณฑ์ (Sanitary Wary) กระเบื้อง (Tiles) อิฐ (Bricks) อุปกรณ์ไฟฟ้า (Insulator) ล้วนเป็นของจำเป็นที่ต้องใช้ในชีวิตประจำวันของคนทั่วไปเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นชนชาติใด ดังเช่น การผลิตเครื่องปั้นดินเผาประเภทสโตนแวร์ จำเป็นต้องใช้วัตถุดิบหลายชนิดมาผสมกัน เพื่อใช้ในกระบวนการผลิต เช่น ดินเหนียว ดินขาว หินฟันม้าและหินเขี้ยวหนุมาน ซึ่งส่วนมากเนื้อดินปั้นจะเตรียมจากดินเหนียวธรรมดา โดยทั่วไปสามารถหาได้จากดินจอมปลวก ดินท้องนา ดินชายน้ำ-ท้องร่อง ดินดาน เพราะจะได้สีของเนื้อดินที่เกิดจากธรรมชาติของดิน เนื่องจากดินเหนียวมีคุณสมบัติเหมาะสม เมื่อนำมาทำเป็นภาชนะที่ค่อนข้างหนา เนื้อแน่นทึบแสง มีความทนไฟสูงและมีความแข็งแรงทนทานได้ดีมาก (ทวี พรหมพฤกษ์. 2531:1)

ปัจจุบันการทำเครื่องปั้นดินเผาแบบครัวเรือนยังมีการทำกันอยู่อย่างแพร่หลาย เช่น ในจังหวัดเพชรบูรณ์ไม่ต้องใช้เครื่องจักรในการผลิตมากนัก อีกทั้งยังใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นแทบทั้งสิ้น ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมักเป็นแบบเดิมๆ ไม่ค่อยได้พัฒนารูปแบบ อุณหภูมิที่ใช้เผาผลิตภัณฑ์ก็ไม่สูงมากนักประมาณ 800 องศาเซลเซียส การผลิตอยู่บนฐานภูมิปัญญาดั้งเดิมของชาวบ้านแก่งเป้า คือการทำเครื่องปั้นดินเผาที่มีความสวยงาม ทนทาน และมีเอกลักษณ์เฉพาะถิ่น วิชาการปั้นได้ตกทอดกันมาหลายช่วงอายุ รวมทั้งมีแหล่งวัตถุดิบคือดินที่มีคุณภาพดี ส่วนใหญ่หาได้จากบริเวณแหล่งน้ำภายในหมู่บ้าน และยังสามารถหาไม้ฟืนเพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาหม้อ ด้วยคุณสมบัติของดินที่ไม่มีหินทรายปน และเป็นดินเหนียวที่มีความละเอียดมาก ผสานกับองค์ความรู้ที่สั่งสมมานานที่แฝงอยู่ในกระบวนการผลิตเกือบทุกขั้นตอน ตั้งแต่ภูมิปัญญาในการเตรียมดิน การหมักดิน การขึ้นรูป และการเผา ล้วนแฝงไปด้วยภูมิปัญญาที่สั่งสมกันมาตั้งแต่บรรพบุรุษ นอกจากเรื่องเนื้อดินแล้วเราก็ต้องเรียนรู้ถึงกรรมวิธีการเคลือบด้วย ซึ่งเป็นภูมิปัญญาไทย ที่ทรงคุณค่าทั้งด้านความสวยงามและด้านหัตถศิลป์ เช่น ขี้เถ้าจากฟางข้าวจะให้สีฟ้าที่สดใส ขี้เถ้าจากใบไม้จะให้สีเหลืองตุ่นๆ ขี้เถ้าไม้ผสมดินดำหน้านา ซึ่งจะทำให้ได้เคลือบที่เป็นสีเขียวใสเหมือนหยก และยังมีการแตกลายงาตามธรรมชาติที่สวยงาม วัตถุดิบทุกอย่างรอบตัวเรานำมาสร้างงานได้หมด จากหลักการและเหตุผลข้างต้น ทำให้นักวิจัยเสนอโครงการวิจัยเพื่อการศึกษาคุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมของเนื้อดินปั้นสำหรับผลิตเครื่องปั้นดินเผา บ้านแก่งเป้า อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ เพื่อเป็นการนำภูมิปัญญามาผสมผสานกับแนวคิดทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาการผลิตเครื่องปั้นดินเผาของชุมชนบนฐานภูมิปัญญาดั้งเดิมอย่างยั่งยืน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1) เพื่อศึกษาคุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมของเนื้อดินปั้นเพื่อผลิตเครื่องปั้นดินเผา

2) เพื่อศึกษาภูมิปัญญาการเคลือบเนื้อดินปั้นเพื่อให้ได้สีสันของผลิตภัณฑ์ตามต้องการ

3) เพื่อศึกษาและพัฒนาน้ำเคลือบให้เหมาะสมกับเนื้อดินปั้นของชุมชนบ้านแก่งเป้า

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยทางวิทยาศาสตร์ เพื่อศึกษาคุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมของเนื้อดินปั้น เพื่อศึกษาภูมิปัญญาการเคลือบเนื้อดินปั้นเพื่อให้ได้สีสันของผลิตภัณฑ์ตามต้องการ และเพื่อศึกษาและพัฒนาน้ำเคลือบให้เหมาะสมกับเนื้อดินปั้นของชุมชนบ้านแก่งเป้า โดยมีขอบเขตของการดำเนินการแบ่งออกเป็นสามส่วนตามวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย คือ

1) ขอบเขตของการศึกษาคุณสมบัติของดินด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

1.1) การศึกษาคุณสมบัติของดินด้านวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

ศึกษาความหนาแน่น ความพรุน ความร่วนเหนียว ความสามารถในการซึมผ่าน ความสามารถในการอุ้มน้ำ ประจุไฟฟ้าในดิน การดูดซับไอออนของดิน การแลกเปลี่ยนไอออนของดิน ความเป็นกรดเป็นด่าง ความเค็ม และโครงสร้างจุลภาคของเนื้อดินปั้น

1.2) การศึกษาคุณสมบัติของดินด้านวิศวกรรม ประกอบด้วย

ศึกษาความถ่วงจำเพาะของดิน ขนาดของเม็ดดิน พิกัดอัตเตอร์เบิร์ก การจำแนกดินทางวิศวกรรม กำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงเฉือน ความสามารถในการยุบอัดตัว

2) ขอบเขตของการศึกษาภูมิปัญญาการเคลือบเนื้อดินปั้นเพื่อให้ได้สีสันของผลิตภัณฑ์ตามต้องการ

ศึกษาภูมิปัญญาการเคลือบเนื้อดินปั้นจากขี้เถ้าให้ได้สีสันตามต้องการ และหาคำตอบในเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น ขี้เถ้าจากฟางข้าวซึ่งจะให้สีฟ้าที่สดใส ขี้เถ้าจากใบไม้จะให้สีเหลืองตุ่นๆ โดยการนำวัตถุดิบเหล่านั้นมาทดลองเผาจริง

3) ขอบเขตของการศึกษาและพัฒนาน้ำเคลือบให้เหมาะสมกับเนื้อดินปั้นของชุมชนบ้านแก่งเป้า

ศึกษาและทดลองการผสมน้ำเคลือบชนิดต่างๆ ให้เหมาะกับเนื้อดินปั้นในแหล่งชุมชนบ้านแก่งเป้า จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยการเผาด้วยอุณหภูมิตั้งแต่ 800 – 1,000 องศาเซลเซียส

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1) ทราบถึงคุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบสำหรับผลิตเครื่องปั้นดินเผา

2) ทราบภูมิปัญญาการเคลือบเนื้อดินปั้นเพื่อให้ได้สีสันของผลิตภัณฑ์ตามต้องการ

3) ทราบถึงแนวทางการพัฒนาน้ำเคลือบให้เหมาะสมกับเนื้อดินปั้นของชุมชนบ้านแก่งเป้า

4) ได้แนวทางการสร้างกระบวนการเรียนรู้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาจากภูมิปัญญาท้องถิ่น โดยใช้กระบวนการวิจัยเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ของชุมชน

1.5 กรอบแนวความคิดของการวิจัย

รูปที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

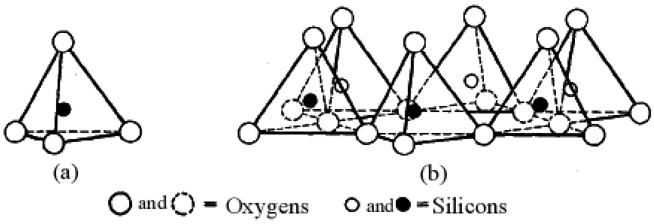
การศึกษาคุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบสำหรับผลิตเครื่องปั้นดินเผา บ้านแก่งเป้า อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ มีแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

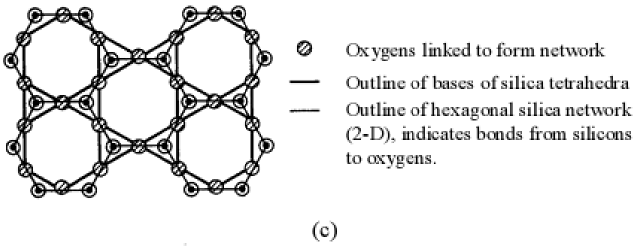
1) คุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมของดินเหนียว
2) ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องปั้นดินเผา
3) เตาเผาและการเผาเครื่องปั้นดินเผา
4) เครื่องมือวัดอุณหภูมิ
5) การทดสอบวัสดุ
6) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 คุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมของดินเหนียว

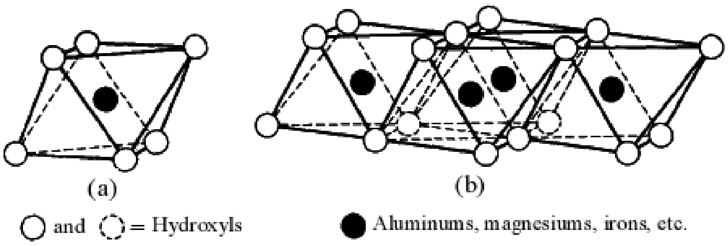
แร่ดินเหนียวโดยมากจะแบ่งแยกตามรูปร่างลักษณะโครงสร้างและลักษณะผลึก โดยมากแร่ดินเหนียวมีขนาดอนุภาคเล็กและมีหน่วยเซลแสดงประจุลบ โครงสร้างพื้นฐานของแร่ดินเหนียวจะจัดเรียงตัวเป็นแผ่น ซึ่งมีโครงสร้างอยู่ 2 ชนิด คือ ซิลิก้าเตตระฮีดรัลและแม็กนีเซียมออกตาฮีดรัล โดยโครงสร้างซิลิก้าเตตระฮีดรัลมีอิออน ของซิลิกอนล้อมรอบด้วยออกซิเจน 4 อะตอม มีรูปแบบพื้นฐานดังแสดงในรูปที่ 2.1(a) และ (b) (Grim, 1968; Holtz and Kovacs, 1981) ภาพด้านบนของ silica sheet แสดงในรูปที่ 2.1(c) พบว่ามีลักษณะเป็นหกเหลี่ยมและมีโพลงตรงกลาง (Warshaw and Roy, 1961)

โครงสร้างของดินเหนียวชนิดออกตาฮีดรัลเป็นโครงสร้างที่ประกอบด้วยแมกนีเซียมล้อมรอบด้วยอะตอมออกซิเจนหรือไฮอรอกซิล (OH) จำนวน 6 อะตอม โดยมีรูปแบบพื้นฐานแสดงดังในรูปที่ 2.2 หนึ่งหน่วยของโครงสร้างดินเหนียวชนิดออกตาฮีดรัลแสดงดังในรูปที่ 2.2(a) และเชื่อมต่อกันเป็นโครงสร้าง Octahedral sheet ดังแสดงในรูปที่ 2.2(b) (Grim, 1968) โครงสร้าง Octahedral sheets จะแสดงสัญลักษณ์เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และโครงสร้าง Silica tetrahedral sheet หรือ Silica จะแสดงสัญลักษณ์เป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมูในโครงสร้างแร่ดินเหนียว ดังแสดงในรูปที่ 2.3

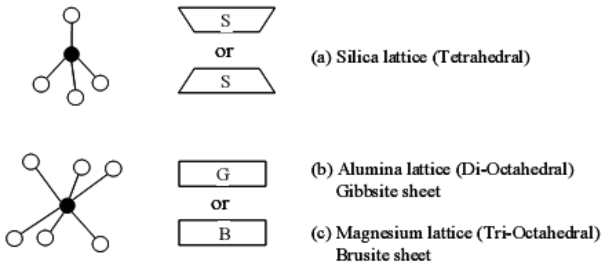




รูปที่ 2.1 โครงสร้างของดินเหนียวชนิดเตตระฮีดรัล (a) โครงสร้างพื้นฐานของเตตระฮีดรัล, (b) ภาพสามมิติของโครงสร้าง Silica Sheet และ (c) ภาพด้านบนของโครงสร้าง Silica Sheet (Holtz and Kovacs, 1981)



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของดินเหนียวชนิดออกตาฮีดรัล (a) โครงสร้างพื้นฐานของออกตาฮีดรับ (b) ภาพสามมิติของโครงสร้างดิน Octahedral Sheet (Grim, 1968)



รูปที่ 2.3 สัญลักษณ์แสดงแผ่นโครงสร้างดินเหนียว (Grim, 1968)

เนื่องจากความเป็นกลางทางประจุไฟฟ้าจึงทำให้โครงสร้างของดินเหนียวชนิดออกตาฮีดรัลทุกๆ สองในสามของตำแหน่งออกตาฮีดรอลที่อยู่ใจกลางของโครงสร้าง บรรจุด้วยอลูมิเนียมอะตอม เรียกว่ากิบบ์ไซต์ (gibbsite) แสดงโดยสัญลักษณ์ 'G' ใน alumina lattice ตามที่แสดงในรูปที่ 2.3(b) ประจุไอออนบวกในโครงสร้างของดินเหนียวชนิดออกตาฮีดรัลสามารถแลกเปลี่ยนแทนที่กันของ Si และ Al ในแผ่นซิลิก้า ผ่านกระบวนการทางธรณีวิทยา ที่เรียกว่า การเปลี่ยนแปลงแทนที่กันของไอออนที่มีขนาดเท่ากัน (isomorphous substitution) เมื่อที่ว่างใจกลางโครงสร้างบรรจุด้วย แม็กนีเซียมอะตอม, โครงสร้างแบบนี้เรียกว่า บรูไซต์ (brucite) แสดงโดยสัญลักษณ์ 'B' ใน Magnesium lactice ตามที่แสดงในรูปที่ 2.3(c)

เมื่อทุกๆ สองในสามของตำแหน่งออกตาฮีดรอลที่อยู่ใจกลางของโครงสร้างดินเหนียว บรรจุด้วยไอออน Al^{3+} จะเรียกว่าโครงสร้างไดออกตะฮีดรอล (dioctahedral) ในขณะที่ทุกตำแหน่งหรือสามในสามของตำแหน่งออกตาฮีดรอลที่อยู่ใจกลางของโครงสร้าง บรรจุด้วยไอออนบวกที่มีประจุคู่ เช่น Fe^{2+}, Mg^{2+}, Zn^{2+} เพื่อปรับสภาพให้มีลักษณะเป็นกลางทางประจุไฟฟ้า จะเรียกโครงสร้างชนิดนี้ว่า โครงสร้างไตรออกตะฮีดรอล (trioctahedral)

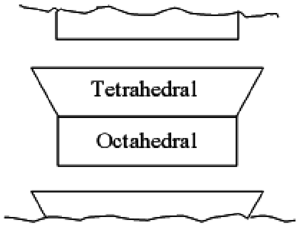
โครงสร้างของดินเหนียวชนิดเตตระฮีดรัล (T) และโครงสร้างของดินเหนียวชนิดออกตาฮีดรัล (O) สามารถเชื่อมยึดกันในลักษณะ โครงสร้างพื้นฐานสองชั้น (T-O) โครงสร้างพื้นฐานสามชั้น (T-O-T) หรือผสมระหว่างโครงสร้างพื้นฐานสองชั้นและสามชั้น การเชื่อมยึดกันระหว่างโครงสร้างดินเหนียวเตตระฮีดรัลและออกตาฮีดรัลเกิดขึ้นเนื่องจากการแบ่งออกซิเจนอะตอมและไฮดรอกซิลที่บริเวณผิวของโครงสร้างดินเหนียว แร่ดินเหนียวมักจะแสดงองค์ประกอบทางเคมีหลายๆ ชนิด เนื่องจาก ไอออน Al^{3+} ในโครงสร้างออกตาฮีดรัลสามารถแทนที่ได้ด้วยไอออนที่ประจุ +3 เช่น Fe^{3+}, Cr^{3+}, หรือไอออนประจุคู่ เช่น Fe^{2+}, Mg^{2+}, Zn^{2+} (Faure, 1998)

แร่ดินเหนียวสามารถแบ่งแยกได้เป็นประเภทต่างๆ ตามลักษณะของชั้นและลักษณะผลึกโครงสร้าง แต่ละประเภทก็จะแบ่งแยกเป็นประเภทย่อยได้อีกตามลักษณะองค์ประกอบทางเคมีในโครงสร้างออกตาฮีดรัลและลักษณะเฉพาะของแร่ดินเหนียว โดยทั่วไปแร่ดินเหนียวแบ่งแยกได้เป็น โครงสร้างดินเหนียวสองชั้น (two-layer clays) โครงสร้างดินเหนียวสามชั้น (three-layer clays), และโครงสร้างดินเหนียวแบบผสม (mixed-layer clays) ดังนี้

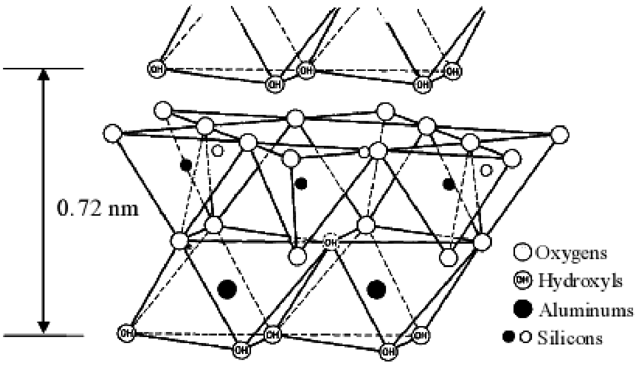
(1) โครงสร้างดินเหนียวสองชั้น (1 : 1 layer = One Tetrahedral : One Octahedral)

โครงสร้างดินเหนียวสองชั้นประกอบด้วยโครงสร้างของดินเหนียวชนิดเตตระฮีดรัลหนึ่งชั้นเชื่อมยึดติดกับโครงสร้างของดินเหนียวชนิดออกตาฮีดรัลอีกหนึ่งชั้น ซ้อนทับกันไปเรื่อยๆ ตามที่แสดงในรูปที่ 2.4 โดยที่แต่ละชั้นของโครงสร้างดินเหนียวจะยึดติดกันโดยการแบ่งโอเคชัน (Al^{3+}) และไอออนบวกเตตระฮีดรัล (Si^{4+}) ตามที่แสดงโครงสร้างของชั้นดินเหนียว kaolinite layer ดังที่แสดงในรูปที่ 2.5 (Grim, 1968) ประเภทของแร่ประเภทนี้มักจะเรียกว่า kaolinite โดยแต่ละชั้นจะมีความหนาประมาณ 0.72 นาโนเมตร ตามที่แสดงในรูปที่ 2.5 ขึ้นอยู่กับลักษณะการเปลี่ยนแปลงแทนที่กันของไอออนที่มีขนาดเท่ากันของโครงสร้างออกตาฮีดรัล โครงสร้างดินเหนียว kaolinite สามารถแบ่งแยกได้เป็นสองประเภทย่อยคือ kaolinite (dioctahedral) และ serpentine (trioctahedral)

โครงสร้างดินเคลิโอลิไนต์สามารถแบ่งออกได้เป็น เคลิโอลิไนต์ (kaolinite) และฮาลอยไซต์ (halloysite) ซึ่งมีสูตรทางเคมีคือ $Al_2Si_2O_5(OH)_4$–nH_2O เมื่อ n คือ จำนวนโมเลกุลของน้ำที่โครงสร้าง โดยถ้า n มีค่าเป็นศูนย์แร่ดินนั้นจะเป็นเคลิโอลิไนต์ และถ้า n มีค่าเท่ากับสี่แร่ดินนั้นจะเป็นฮาลอยไซต์ โครงสร้างดินของเคลิโอลิไนต์จะไม่มี ionic charge imbalance ตามที่แสดงในรูปที่ 2.6 และดังนั้นจึงไม่มีไอออนประจุบวกที่ส่งผลต่อ interlayer spaces ของโครงสร้างดินดังกล่าว ในแต่ละชั้นของแร่ดินเหนียวจะยึดติดกันด้วยแรงไฮโดรเจนระหว่างไอออน OH^- ของโครงสร้างของดินเหนียวชนิดออกตาฮีดรัลและ ไอออน O^{2-} ของโครงสร้างของดินเหนียวชนิดเตตระฮีดรัล เนื่องจากพันธะไฮดรอเจนทำให้แร่เคลิโอลิไนต์ยึดติดกันระหว่างชั้นค่อนข้างเหนียวแน่น การยืดหดตัวเป็นไปได้ยาก ทนทานต่อการสลายตัว และไม่มีน้ำแทรกอยู่ในช่องว่างระหว่างชั้นอนุภาคดิน (interlayer spaces) แร่เคลิโอลิไนต์จึงไม่พองตัว อย่างไรก็ตามแร่ฮาลอยไซต์จะมีโมเลกุลน้ำแทรกอยู่ในช่องว่างระหว่างชั้นอนุภาคดินจึงทำให้ความหนาของชั้นดินเพิ่มขึ้นเป็น 10.1 Å (McBride, 1994)

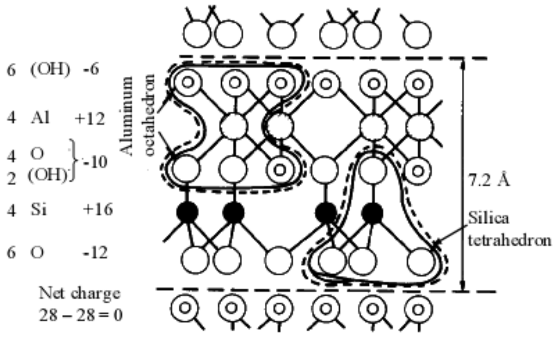


รูปที่ 2.4 โครงสร้างดินเหนียวสองชั้น (Grim, 1968)



รูปที่ 2.5 แผนภาพโครงสร้างของแร่แคลิโอลิไนต์ (Grim, 1968)

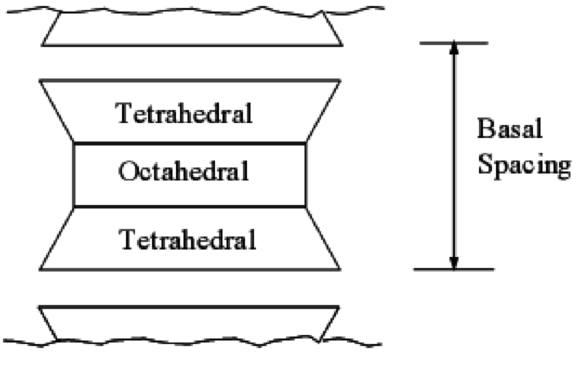
แร่ดินเหนียวเซอร์เพนทีนในกลุ่มของเคลิโอลิไนต์ โครงสร้าง gibbsite dioctahedral sheet จะถูกแทนที่โดย brucite trioctahedral sheet โดยไอออนแม็กนีเซียมจะแทนที่ไอออนอลูมิเนียมและจะมีความสมดุลของไอออนมากที่ผิวของโครงสร้างดิน สูตรทางเคมีของแร่ดินเหนียวเซอร์เพนทีนคือ $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ หรือ $Fe_3^{2+}Si_2O_5(OH)_4$ ซึ่งจะเรียกว่า greenalite เมื่อไอออน Fe^{2+} แทนที่ไอออน Al^{3+} ในโครงสร้างของดินเหนียวชนิดออกตาฮีดรัล



รูปที่ 2.6 การกระจายประจุไอออนของแร่เคลิโอลิไนต์ (Mitchell, 1993)

(2) โครงสร้างดินเหนียวสามชั้น (2: 1 layer = two tetrahedral : one octahedral)

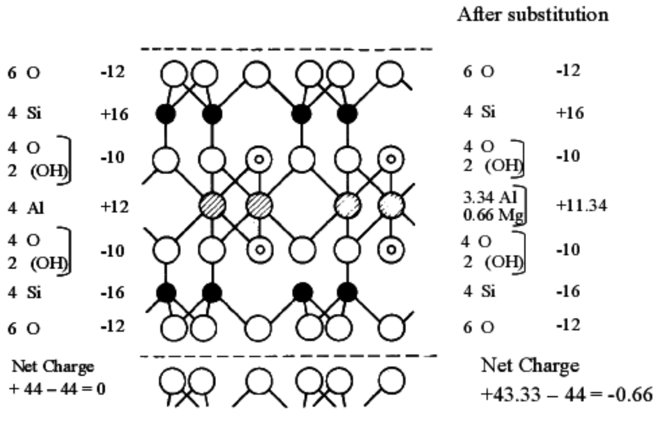
โครงสร้างดินเหนียวประเภทนี้ประกอบด้วยชั้นของแผ่นดินเหนียวชนิดออกตาฮีดรัลประกบด้วยแผ่นดินเหนียวชนิดเตตระฮีดรัลโดยที่ไอออนบวกที่อยู่ใจกลางของแผ่นดินเหนียวเตตระฮีดรัลและออกตาฮีดรัล ไม่มีการแทนที่กับไอออนบวกอื่นใด จึงไม่มีประจุหลงเหลืออยู่ในผลึกโครงสร้าง ดังที่แสดงในรูปที่ 2.7 (Holtz and Kovacs, 1983; Faure, 1998) แร่ดินเหนียวประเภทนี้มีหลายแบบขึ้นอยู่กับลักษณะองค์ประกอบทางเคมี ลักษณะโครงสร้างผลึกและลักษณะทางกายภาพ โดยทั่วไปจะแบ่งออกได้เป็น 6 กลุ่ม คือ ไพโรฟิลไลต์ (pyrophyllite), สเมกไทต์ (smectite), เวอร์มิคิวไลต์ (vermiculite), ไมกา (mica), บริทเทิลไมกา (brittle mica) และคลอไรต์ (chlorite) (Faure, 1998)



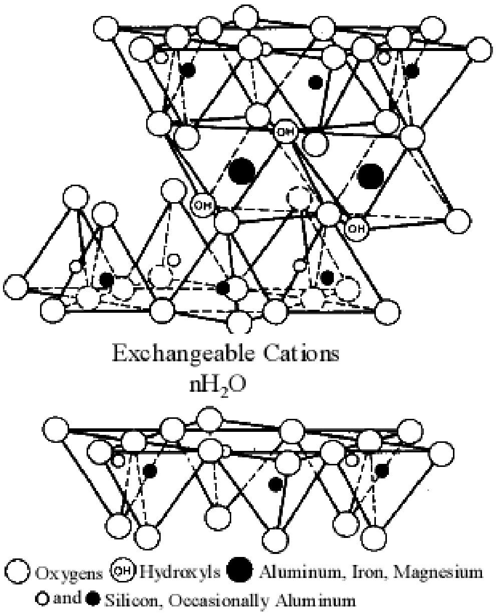
รูปที่ 2.7 โครงสร้างดินเหนียวสามชั้น (Grim, 1968)

แร่ดินเหนียวสเมกไทต์เป็นแร่ดินเหนียวกลุ่มใหญ่ที่สุดที่มีโครงสร้างดินเหนียวสามชั้น ซึ่งเกิดจากการแทนที่บางส่วนหรือทั้งหมดของไอออน Al^{3+} ในโครงสร้างของดินเหนียวชนิดออกตาฮีดรัลและการแทนที่บางส่วนของไอออน Si^{4+} ในโครงสร้างของดินเหนียวชนิดเตตระฮีดรัล (Grim, 1968, Faure, 1998) แร่ดินเหนียวสเมกไทต์แบ่งออกได้เป็นไดออกตะฮีดรอลและไตรออกตะฮีดรอล เมื่อการเปลี่ยนแปลงแทนที่กันของไอออนที่มีขนาดเท่ากันเกิดขึ้นในชั้นโครงสร้างอลูมินาออกตาฮีดรัล (กิบบ์ไซต์) และชั้นโครงสร้างซิลิกาเตตระฮีดรัล จะเรียกว่าไดออกตะฮีดรอล และเมื่อการแทนที่เกิดขึ้นในชั้นโครงสร้างแมกนีเซียมออกตะฮีดรอล (บรูไซต์) และชั้นโครงสร้างซิลิกาเตตระฮีดรัลจะเรียกว่าไตรออกตะฮีดรอล โดยทั่วไปการแทนที่ของไอออน Si^{4+} ในชั้นโครงสร้างเตตระฮีดรัลจำกัดเพียง 15% ของไอออน Al^{3+} ระหว่างที่ไอออน Al^{3+} ในชั้นโครงสร้างออกตาฮีดรัลสามารถแทนที่โดยไอออนบวกต่าง ๆ เช่น Mg^{2+}, Fe^{2+}, Zn^{2+}, Ni^{2+}, Li^{+} (Grim, 1968)

แร่ดินเหนียวมอนต์มอริลโลไนต์ (Montmorillonite) เป็นแร่ดินเหนียวที่พบในกลุ่มแร่ดินเหนียวไดออกตะฮีดรอลสเมกไทต์ เกิดขึ้นเนื่องจากการแทนที่ไอออน Mg^{2+} ในไอออน Al^{3+} ของโครงสร้างออกตะฮีดรอล ตามที่แสดงในรูปที่ 2.8, และไม่เกิดการแทนที่ในชั้นโครงสร้างเตตระฮีดรัล ผลในการแลกเปลี่ยนไอออนจะพบว่า ประจุไอออนสุทธิยังคงขาดอยู่ประมาณ 0.66 ต่อหน่วยเซลล์ตามที่แสดงในรูปที่ 9.8 ประจุไอออนสุทธิที่ยังขาดอยู่ถูกทำให้สมดุลโดยการแลกเปลี่ยนไอออนบวกระหว่างหน่วยของชั้นโครงสร้างดินและขอบรอบโครงสร้างดินเหนียว ตามที่แสดงโครงสร้างผลึกในรูปที่ 2.9 สูตรมวลสารสัมพันธ์สำหรับหน่วยเซลล์ของแร่ดินเหนียว Na-montmorillonite สามารถเขียนได้คือ $[Si_8(Al_{3.34}Mg_{0.66})O_{20}(OH)_4].Na_{0.66}$ นอกจากนี้ยังพบว่าไอออน K และ Mg ยังสามารถแลกเปลี่ยนไอออนภายในช่องว่างระหว่างชั้นอนุภาคเม็ดดินคือไอออน Ca^{2+}, K^{+}, และ Mg^{2+}.



รูปที่ 2.8 แผนภาพการกระจายไอออนของแร่ดินเหนียวมอนต์มอริลโลไนต์ (Mitchell, 1993)

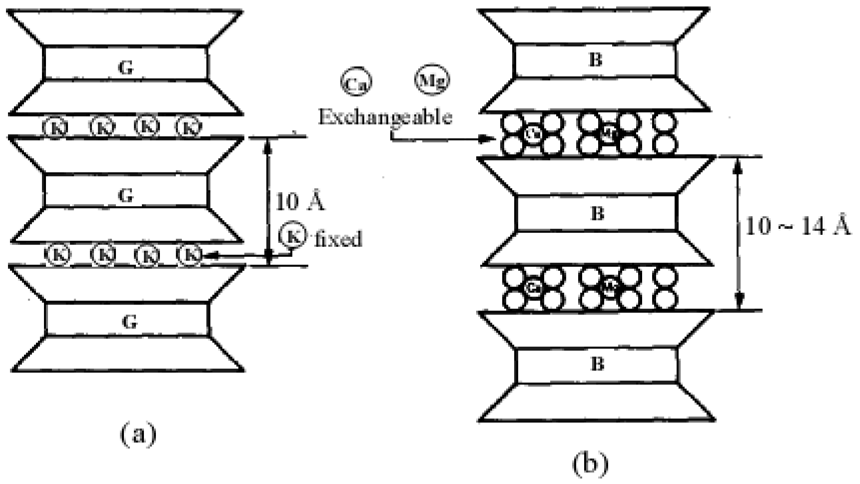


รูปที่ 2.9 โครงสร้างของแร่ดินเหนียวมอนต์มอริลโลไนต์

แร่ดินเหนียวไตรออกตะฮีดรอลสเมกไทต์ ประกอบด้วยแร่ ซาโพไนต์ (saponite) เฮกโทไรต์ (hectorite) และซอโคไนต์ (sauconite) แร่ดินเหนียวซาโพไนต์จะมีโครงสร้างเป็นแผ่นออกตะฮีดรอลโดยการแทนที่ของไอออน Al^{3+} ด้วยไอออน Mg^{2+} และการเปลี่ยนแปลงไอออนที่ยังขาดอยู่ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงแทนที่กันของไอออนที่มีขนาดเท่ากันของไอออน Si^{4+} โดยไอออน Al ในโครงสร้างโครงสร้างของดินเหนียวชนิดเตตระฮีดรัล (Faure, 1998) สูตรทางเคมีของหน่วยเซลล์ของแร่ดินเหนียวซาโพไนต์ คือ $[Mg_6(Si_{7.34}Al_{0.66})O_{20}(OH_4)].Na_{0.66}$

แร่ดินเหนียวเวอร์มิคิวไลต์ (Vermiculite) จะมีลักษณะโครงสร้างเหมือนแร่ดินเหนียวสเมกไทต์ โดยมีโครงสร้างเป็น 2:1 ทั้งโครงสร้างไดออกตะฮีดรอลและไตรออกตะฮีดรอลของแร่ดินเหนียว สูตรเคมีเชิงโครงสร้างของแร่ดินเหนียวเวอร์มิคิวไลต์ต่อหน่วยเซลล์ที่นำเสนอโดย McBride (1994) คือ $[(Mg, Al, Fe^{3+})_6(Si_{8-x}Al_x)O_{20}(OH)_4]$ $(Mg.Ca)_x$ เมื่อ x มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 1.4 โดยทั่วไปโครงสร้างแร่ดินเหนียวเวอร์มิคิวไลต์จะไม่สมดุลเนื่องจากการแทนที่ของไอออน Al^{3+} ด้วยไอออน Si^{4+} ในโครงสร้างเตตระฮีดรัลและเนื่องจากแร่ดินเหนียวเวอร์มิคิวไลต์มีประจุลบมากในแผ่นเตตระฮีดรอล ดังนั้นโอกาสในการดูดยึดหรือตรึงไอออนบวกภายในหลืบ (interlayer) จึงมีมาก การดูดตรึงจะพบมากกับไอออนบวกที่มีขนาดพอเหมาะกับช่องว่างภายในและมีพลังงานไฮเดชั่นต่ำ

แร่อิลไลต์ (Illite) เป็นแร่ที่ไม่สามารถขยายตัวได้ประเภทไดออกตะฮีดรอล เป็นแร่ภายใต้หมู่แร่ไมกา แต่ประจุลบที่เกิดขึ้นในแผ่นเตตระฮีดรอลอันเนื่องจากการแทนที่ของไอออน Si^{4+} โดย Al^{3+} ในแผ่นออกตะฮีดรอล มีสูตรทางเคมีคือ $(OH)_4K_y(Si_{(8-y)}Al_y)(Al_4Mg_6Fe_4Fe_6)O_{20}$ เมื่อค่า y มีค่าระหว่าง 1.0 ถึง 1.5 หน่วยโครงสร้างของเม็ดดินประเภทแร่อิลไลต์ ประกอบด้วยหน่วยกิบบ์ไซต์ (gibbsite) ประกอบด้วยหน่วยซิลิกา (Silica Units) ทั้งด้านบนและล่างหน่วยโครงสร้างแต่ละหน่วยจะยึดเหนี่ยวกันอยู่ได้โดย Potassium Ions และ Van dre waals Forces การยึดเหนี่ยวในลักษณะนี้ทำให้โครงสร้างของแร่อิลไลต์มีความแข็งแรงและความมั่นคงน้อยกว่า Kaolinite



รูปที่ 2.10 โครงสร้างของแร่อิลไลต์และแร่เวอร์มิคิวไลต์

แร่คลอไรต์ (Chlorite) เป็นแร่ที่มีโครงสร้างเป็น 2:1 คล้ายกับแร่ไมกา โครงสร้างเป็นไปได้ทั้งโครงสร้างไดออกตะฮีดรอลและไตรออกตะฮีดรอลของแร่ดินเหนียว โดยที่แคทไอออนในหลืบเป็นแผ่นไตรออกตะฮีดรอลของบรูไซต์ (brucite) โดยที่ประมาณหนึ่งในสามของ Mg^{2+} ถูกแทนที่ด้วย Al^{3+} ทำให้แผ่นบรูไซต์ดังกล่าวเกิดประจุบวกและมีโครงสร้างของกิบบ์ไซต์ (gibbsite) ปนอยู่ด้วย โดยเขียนเป็นสูตรเคีได้เป็น $[Mg_4Al_2(OH)_{12}]^{2+}$ เพราะฉะนั้นเมื่อรวมโครงสร้างในหลืบระหว่างชั้น interlayer ด้วยแล้ว แร่ประเภทนี้จึงมีอัตราส่วนของแผ่นเตตระฮีดรอลต่อออกตะฮีดรอลเป็น 2:1:1 หรือ 2:2 โดยมีสูตรโครงสร้างทั่วไปคือ $Mg_4Al_2(OH)_{12}.Si_6Al_2Al_4O_{20}(OH)_4$ แผ่นบรูไซต์-กิบบ์ไซต์ภายในหลืบ interlayer ซึ่งมีประจุบวก จะทำพันธะไอออนิกกับประจุลบที่เกิดในแผ่นเตตระฮีดรอล นอกจากนั้นการที่พื้นที่ผิวชั้นนอกของบรูไซต์ประกอบด้วยอนุมูล OH^- จึงทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนภายในหลืบ ระหว่างไฮโดรเจนของแผ่นบรูไซต์กับออกซิเจนของแผ่นเตตระฮีดรอลทั้งด้านบนและด้านล่าง จึงทำให้แร่ประเภทนี้ยืดหดตัวได้ยาก

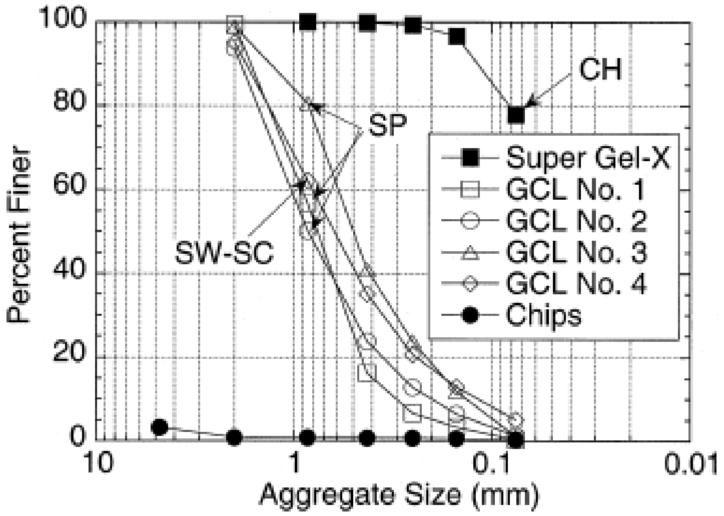
ตารางที่ 2.1 ปริมาณแร่ต่างๆ ในแร่ประกอบดินเหนียว

Mineral Constituent(s)	**Relative abundance (%)**		
	Type 1	**Type 2**	**Type 3**
Quartz	16	15	15
Tridymite			4
Plagioclase feldspar	2	2	7
Calcite	3	1	1
Siderite			trace
Gypsum	trace		trace
Clinoptilolite	2	2	2
Illite/Mica	2	2	3
Montmorillonite	67	71	47
Mixed-layer Illite/Smectite	8	7	21
% Illite layer in mixed-layer	10-30 %	10-30 %	20-30 %
Total	100	100	100

Moore and Reynolds (1997) นำเสนอว่าแร่ดินเหนียวมอนต์มอริลโลไนต์เป็นแร่พื้นฐานในแร่ดินเหนียวตามที่แสดงในตารางที่ 9.1 แร่ดินเหนียวมอนต์มอริลโลไนต์เป็นแร่ในกลุ่มแร่สเมกไทต์ประเภทไดออกตะฮีดรอลที่ส่วนใหญ่สลายตัวผุพังมาจากแร่ไมกาและบางส่วนจากเวอร์มิคิวไลต์และคลอไรต์ แร่ดินเหนียวมอนต์มอริลโลไนต์จะพบมากที่สุดในดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งดินในอันดับเวอร์ติโซลส์ (Vertisols) ปริมาณแร่ธาตุองค์ประกอบในตารางที่ 9.1 ได้จากการทดสอบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray diffraction test) ของตัวอย่างแร่ประกอบดินเหนียวจากแผ่นใยสังเคราะห์ดินเหนียว ปริมาณแร่ดินเหนียวมอนต์มอริลโลไนต์ของแผ่นใยสังเคราะห์ดินเหนียวจะมีค่าตั้งแต่ 47 ถึง 67 เปอร์เซ็นต์

2.2.1.1 ขนาดของอนุภาคแร่ประกอบดินเหนียว

แร่ประกอบดินเหนียวในแผ่นใยสังเคราะห์ดินเหนียวจะถูกบดให้ละเอียดภายหลังจากการขุดเจาะขึ้นมา ขนาดของแร่ประกอบดินเหนียวในแผ่นใยสังเคราะห์ดินเหนียวจึงขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการบดที่ใช้ การกระจายตัวของแร่ประกอบดินเหนียวในแผ่นใยสังเคราะห์ดินเหนียวแสดงในรูปที่ 9.11 การจำแนกแร่ประกอบดินเหนียวในแผ่นใยสังเคราะห์ดินเหนียวตามมาตรฐาน Unified Soil Classification System (ASTM D 2487) ของแร่ประกอบดินเหนียวในแผ่นใยสังเคราะห์ 4 ชนิดมีลักษณะการกระจายคล้ายกับทราย (ระหว่าง SP หรือ SW-SC) ดังนั้นจึงควรที่จะมีความสามารถในการซึมผ่านได้มาก ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำและไม่พองตัวจากชั้นที่มีขนาดใหญ่มาก (Monolithic layer) ของแร่ประกอบดินเหนียว ตามที่แสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 การกระจายตัวของมวลรวมสำหรับแร่ประกอบดินเหนียวในแผ่นใยสังเคราะห์ดินเหนียว

Lin and Benson (2000) เสนอว่าการกระจายตัวของอนุภาคแร่ประกอบดินเหนียวส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติการซึมผ่านน้อยมาก อย่างไรก็ตามการกระจายตัวจะส่งผลกระทบต่ออัตราการพองตัวและค่าการซึมผ่านในสารละลายที่ไม่ใช่สารละลายมาตรฐาน (non-standard liquids) ขนาดของอนุภาคแร่ประกอบดินเหนียวที่ขนาดใหญ่จะใช้เวลาในการอิ่มตัวตัวน้ำมาก เนื่องจากสารละลายสามารถเคลื่อนที่ผ่านช่องว่างระหว่างอนุภาคของแร่ประกอบเดียวเหนียวได้ง่าย นอกจากนี้ถ้าสารละลายจากชั้นการดูดซับที่บางมาก (หรือไม่ดูดซับ) จะเกิดการพองตัวน้อยมากหรืออาจจะไม่เกิดขึ้นเลย และอนุภาคดินเหนียวไม่เกิดแตกหักจากชั้นที่มีขนาดใหญ่มาก (monolithic layer) ในระหว่างการอิ่มตัวด้วยน้ำ (hydration)

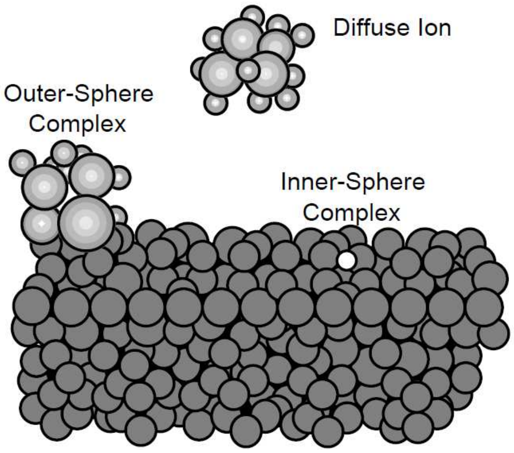
2.2.1.2 การแทนที่ของไอออนบวกที่ผิวอนุภาคดินเหนียว

ภายใต้สภาพแวดล้อมหนึ่ง ไอออนบวกจะถูกดึงดูดไว้บริเวณพื้นผิวและขอบของอนุภาคดินเหนียว เพื่อรักษาสมดุลทางประจุไฟฟ้าที่เกิดจากค่าประจุไฟฟ้าเป็นลบที่ผิวของอนุภาคดินเหนียว ดังนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงชนิดของไอออนบวกตามการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมย่อมทำให้เกิดการเข้าไปแทนที่ของไอออนบวกที่มีอยู่แล้วด้วยไอออนบวกของสภาพแวดล้อมใหม่ขึ้นได้ แม้ว่าการเข้าไปแทนที่นี้ โดยปกติจะไม่มีผลต่อโครงสร้างของดินเอง แต่ก็อาจจะมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของดินได้ สาเหตุของการแทนที่ไอออนบวกแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

1) ปรากฏการณ์ isomorphous substitution โดยปกติในอนุภาคดินเหนียว Si^{4+} ในแผ่น silica จะถูกแทนที่ด้วย Al^{3+} และ Al^{3+} ในแผ่น octahedral จะถูกแทนที่ด้วย Mg^{2+} ไอออนบวกจะถูกดึงดูดเข้าไปติดกับผิว cleavage เพื่อรักษาสมดุลทางประจุไฟฟ้า ซึ่งกลไกนี้เป็นสาเหตุหลักที่มีผลต่อปริมาณการแทนที่ไอออนบวก ยกเว้นในแร่ดินเหนียวพวก Kaolin

2) การพังทลายของพันธะ (Broken bonds) การแทนที่ของไอออนบวกอาจเกิดที่ขอบหรือส่วนที่ไม่ใช่ cleavage ได้ การพังทลายของพันธะอาจจะเป็นสาเหตุสำคัญของปริมาณการแทนที่ของไอออนบวกในแร่ดินเหนียว kaolinite แต่จะเป็นเพียง 20% ของทั้งหมดในแร่ดินเหนียว smectite สำหรับแร่ดินเหนียวชนิดหนึ่ง ความสำคัญของการแตกของพันธะจะมีอิทธิพลมากขึ้นเมื่อขนาดของอนุภาคดินเหนียวเล็กลง

3) การแทนที่ (Replacement) ไฮโดรเจนของ hydroxyl จะถูกแทนที่ด้วยไอออนบวกเนื่องจากปริมาณการเข้าไปแทนที่ของไอออนบวกของแต่ละสาเหตุขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมหลาย ๆ อย่างและปัจจัยทางองค์ประกอบของแร่ดินเหนียว ดังนั้นความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกของแร่ดินเหนียว (exchange capacity) จึงมีค่าแปรปรวนได้ในช่วง 1 ถึง 150 meq/100 gm (ซึ่งเป็นหน่วยการวัดปริมาณไอออนที่สามารถถูกแทนที่ได้ต่อน้ำหนักดินเหนียวแห้ง 100 กรัม) โดยที่ค่าความสามารถในการแปลกเปลี่ยนไอออนบวก หมายถึง จำนวนของไอออนบวกในอนุภาคดินเหนียวที่สามารถถูกแทนที่ได้โดยง่ายด้วยการถูกชะด้วยสารละลายที่มีไอออนบวกจำพวกอื่นที่มีความสามารถในการแทนที่ (replacing power) สูงกว่า กลไกการดึงดูดไอออนบวกไว้กับผิวของ silicate ถูกอธิบายไว้โดย Sposito (1989) ตามที่แสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.12 กลไกการดึงดูดไอออนบวกที่ผิวของ silicate เช่น มอนต์มอริลโลไนต์ (Sposito, 1989)

ไอออนบวกที่ถูกดึงดูดเข้าไว้กับผิวของ silicate แสดงดังในรูปที่ 2.12 แบ่งเป็น 3 พวก ได้แก่ ไอออนเชิงซ้อนที่ผิวชั้นใน (Inner-sphere complex) เป็นไอออนที่ยึดติดในโพรง hexagonal บนผิวของ Silica ซึ่งไม่มีน้ำเข้ากั้นระหว่างไอออนกับพื้นผิวของ Silicate ไอออนจะถูกพันธะไอออนิก (Ionic Bonding) หรือโควาเลนท์ (Covalent Bonding) ตรึงไว้กับพื้นผิวไม่สามารถถูกแทนที่ได้ ไอออนเชิงซ้อนที่ผิวชั้นนอก (Outer-sphere complexes) เป็นไอออนบวกที่มาพร้อมกับน้ำซึ่งถูกดึงดูดเข้ามาติดกับพื้นผิวด้วยแรงทางประจุไฟฟ้า

เมื่อพิจารณาความสามารถในการแทนที่ของไอออนแต่ละชนิดพบว่า ในขณะที่ปัจจัยอื่นคงที่ ไอออนบวกที่มีค่าประจุไฟฟ้าเป็น +3 จะถูกดึงดูดไว้กับผิวของอนุภาคดินเหนียวได้ดีกว่าไอออนบวกที่มีค่าประจุไฟฟ้าเป็น +2 และในทำนองเดียวกันไอออนบวกที่มีค่าประจุไฟฟ้าเป็น +2 จะถูกดึงดูดไว้ได้ดีกว่าไอออนบวกที่มีค่าประจุไฟฟ้าเป็น +1 อย่างไรก็ตามไอออนบวกที่มีความสามารถในการแทนที่น้อยกว่าสามารถเข้าแทนที่ไอออนบวกที่มีความสามารถในการแทนที่สูงกว่าได้ในกรณีที่สภาพแวดล้อมมีปริมาณของไอออนบวกที่มีความสามารถในการแทนที่น้อยกว่าอยู่เป็นจำนวนมาก (ความเข้มข้นสูง) เมื่อเทียบกับไอออนที่มีความสามารถในการแทนที่สูงกว่า

ถึงแม้ว่าแร่ประกอบดินเหนียวภายในแผ่นใยสังเคราะห์ดินเหนียวจะเป็นชนิดโซเดียมเบนโทไนท์ บริเวณที่มีปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนไอออนบวก (ตัวอย่างเช่น ไอออนบวกในชั้นการดูดซับไอออน) ของแร่ประกอบดินเหนียวประกอบด้วยไอออนบวกหลายๆ ไอออน ตามที่แสดงในตารางที่ 2.3 ซึ่งไอออนบวกดังกล่าวขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดและความหนาของชั้นการดูดซับไอออน ยกตัวอย่างเช่น บริเวณที่มีปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนไอออนบวกของแร่ประกอบดินเหนียวจากรัฐไวโอมิง ประเทศสหรัฐอเมริกา คุณสมบัติที่สำคัญจะขึ้นอยู่กับแร่ธาตุโซเดียมเป็นหลัก ตามที่แสดงในตารางที่ 2.3 ดังนั้นเมื่อสภาพแวดล้อมต่างๆ คงที่ คุณสมบัติของแผ่นใยสังเคราะห์ดินเหนียวที่ผลิตจากแร่ประกอบดินเหนียวต่างที่กัน (หรือแร่องค์ประกอบต่างชนิดกันที่แหล่งกำเนิดเดียวกัน) จะส่งผลให้คุณสมบัติการซึมผ่านและความสามารถในการทำปฏิกิริยากับสารละลายแตกต่างกัน

2.2.2 ปัจจัยที่ควบคุมความหนาของชั้นการดูดซับไอออน

ความหนาของชั้นการดูดซับไอออนเป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมคุณสมบัติการซึมผ่านของแร่ดินเหนียวโดยเฉพาะอย่างยิ่งแร่ประกอบดินเหนียว โดย Mesri and Olson (1971) ศึกษาคุณสมบัติการซึมผ่านของแร่ดินเหนียวเคลิไนต์, อิลไลต์ และมอนต์มอริลโลไนต์ โดยใช้สารละลายที่เป็นกลางไม่มีประจุทางไฟฟ้า สารละลายเกลือ (NaCl และ $CaCl_2$) และน้ำกลั่นบริสุทธิ พบว่าแร่ดินเหนียวเคลิไนต์, อิลไลต์ และมอนต์มอริลโลไนต์ มีค่าการซึมผ่านใกล้เคียงกันเมื่อทดสอบด้วยสารละลายที่เป็นกลางไม่มีประจุทางไฟฟ้า

ในระบบคอลลอยด์ใดๆ อนุภาคคอลลอยด์มีแรงดึงดูดต่อตัวกลางน้อย เรียกว่า ไลโอโฟบิคคอลลอยด์ (lyophobic colloid) ถ้าหากตัวกลางเป็นน้ำเรียกว่า ไฮโดรโฟบิคคอลลอยด์ (hydrohpobic volloid) ในทางตรงข้าม ระบบคอลลอยด์ใด ที่อนุภาคคอลลอยด์มีแรงดึงดูดตัวกลางสูงเรียกว่า ไลโอฟิลิคคอลลอยด์ (lyophilic colloid) ถ้าหากตัวกลางเป็นน้ำ เรียกว่าไฮโดรฟิลิคคอลลอยด์ (hydrohpilic colloid) ดังนั้น ระบบไฮโดรฟิลิคคอลลอยด์ จึงหมายถึง ไลโอฟิลิคคอลลอยด์ ที่มีตัวกลางเป็นน้ำ และมีแรงดึงดูดต่ออนุภาคคอลลอยด์สูง (van Olphen, 1977) ดังนั้นในลักษณะเช่นนี้อนุภาคดินเหนียวจึงพิจารณาเป็นไฮโดรโฟบิคคอลลอยด์เพราะบริเวณผิวสัมผัสดินเหนียวจะเกิดปฏิกิริยาร่วมระหว่างเม็ดดินและน้ำ ส่งผลให้เกิดแรงผลักกันระหว่างอนุภาคของดินเหนียว

กลไกปฏิกิริยาร่วมระหว่างเม็ดดินและน้ำ (Soil-water interaction) ที่อาจจะเป็นไปได้

1) พันธะไฮโดรเจน (Hydrogen Bonding)

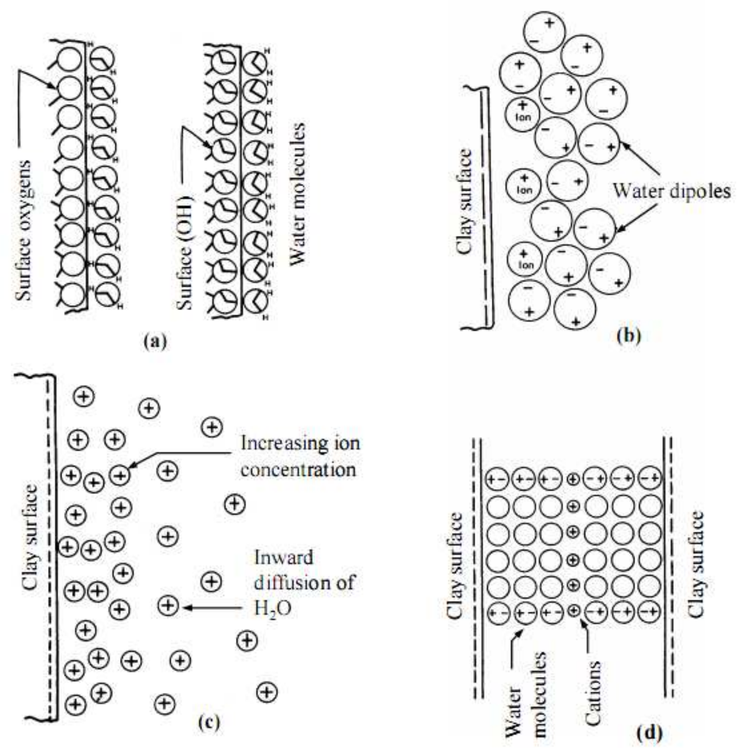
เนื่องจากบริเวณผิวสัมผัสของแร่ดินเหนียวถูกโมเลกุลของน้ำล้อมรอบ ซึ่งโมเลกุลของน้ำประกอบด้วยอะตอมของออกซิเจนและไฮโดรเจน โดยที่ออกซิเจนมีประจุลบ (O^-) ส่วนไฮโดรเจนมีประจุบวก (H^+) ตามที่แสดงในรูปที่ 9.14(a) โดยประจุลบและประจุบวกของแต่ละโมเลกุลของน้ำจะดึงดูดซึ่งกันและกัน และจะจัดเรียงโมเลกุลใหม่ตามแนวผิวสัมผัสของอนุภาคดินเหนียว ซึ่งแรงดังกล่าวจะมีค่าลดลงตามระยะห่างจากผิวสัมผัสของอนุภาคดินเหนียว

2) การแลกเปลี่ยนไอออนบวก (Exchangeable Cations)

สารคอลลอยด์ดินมักแสดงอำนาจทางไฟฟ้าเป็นลบ (Negative charge) ตกค้างอยู่บนผิวของอนุภาคเสมอ ทำให้อนุภาคคอลลอยด์ดินสามารถดูดยึดประจุบวก ตามที่แสดงในรูปที่ 9.14(b) ประจุบวกที่ถูกดูดยึดอยู่บนผิวของอนุภาคคอลลอยด์นั้น สามารถถูกไล่หรือแลกเปลี่ยนกับประจุบวกอื่นที่อยู่รอบ ๆ อนุภาคคอลลอยด์ได้

3) การดึงดูดโดยการออสโมซิส (Attraction by Osmosis)

ความเข้มข้นของโมเลกุลของน้ำบริเวณผิวอนุภาคดินเหนียวจะมีค่าสูงเนื่องจากแรงดึงดูดทางไฟฟ้าสถิต ซึ่งแรงดึงดูดทางไฟฟ้าสถิตนี้เองทำให้ไอออนบวกเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความเข้มข้นของโมเลกุลน้ำต่ำไปสู่บริเวณที่มีความเข้มข้นสูง ดังที่แสดงในรูปที่ 9.14(c) (Mitchell, 1993)



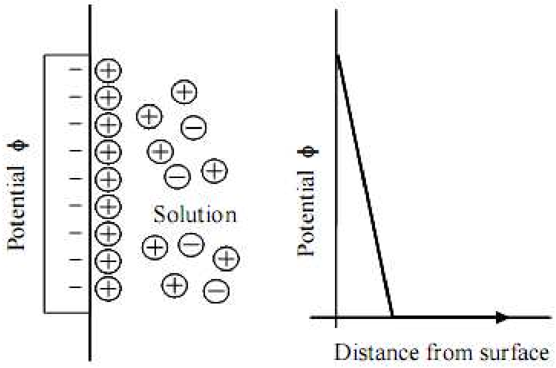
รูปที่ 2.13 กลไกปฏิกิริยาร่วมระหว่างเม็ดดินและน้ำ (Soil-water interaction) (a) พันธะไฮโดรเจน (b) การแลกเปลี่ยนไอออนบวก (c) การดึงดูดโดยการออสโมซิส และ (d) แรงดึงดูดขั่วคู่ (Michell, 1993)

4) แรงดึงดูดขั่วคู่ (Dipole Attraction)

เนื่องจากน้ำเป็นโมเลกุลขั้วคู่ จึงแสดงสถานะเป็นกลาง ซึ่งสามารถดึงดูดอนุภาคดินเหนียวด้วยแรงดึงดูดทางไฟฟ้าสถิตที่เรียกว่าแรงแวนเดอร์วาลส์ (Michell 1993, Holtz and Kovacs 1981) โมเลกุลขั้วคู่ของน้ำจะจัดเรียงตัวหันทิศทางไปทางผิวอนุภาคเม็ดดินที่เป็นประจุลบ โดยระดับการจัดเรียงตัวจะมีค่าลดลงตามระยะทางจากผิวอนุภาคเม็ดดินที่เพิ่มขึ้น

แนวคิดประจุสองชั้นที่แพร่กระจาย (Diffuse double layer) พัฒนาจากแนวคิดพื้นฐานของประจุไฟฟ้าสองชั้น (Electrical double layer) โดยการดูดซับไอออนที่ผิวอนุภาคคอลลอยด์ทำให้สถานะของคอลลอยด์ แสดงประจุไฟฟ้าสองชั้น คือชั้นในเป็นประจุของตัวคอลลอยด์ ส่วนชั้นนอกเป็นประจุของไอออนในสารละลายตัวกลางที่ถูกดูดซับอยู่ อย่างไรก็ตามลักษณะของการดูดซับไอออนดังกล่าว มิได้เป็นไปตามทฤษฎีของเฮลโมลาร์ต์ซ (Helmholtz 1879) โดยกล่าวว่าไอออนที่ถูดดูดซับจะยึดติดอยู่ที่ผิวคอลลอยเพียงชั้นเดียว ดังที่แสดงในรูปที่ 9.15 ปัจจุบันเป็นที่ทราบกันอย่างแน่ชัดแล้วว่า การดูดซับไอออนในประจุไฟฟ้าสองชั้นมีลักษณะที่สลับซับซ้อนกว่ามาก เนื่องจากลักษณะของการดูดซับไอออนและโครงแบบ (configuration) ของประจุไฟฟ้าสองชั้น มีอิทธิพลอย่างมากต่อพฤติกรรมของคอลลอยด์และสมบัติของดิน (Michell, 1993; Endo et al., 2001; Wikopedia, 2004; Van Olphen, 1977)

Gouy and Chapman (1913) ได้นำเสนอแบบจำลองประจุไฟฟ้าสองชั้นที่รู้จักกันดีและใช้กันมากที่สุดแม้กระทั่งในปัจจุบัน โดยกล่าวว่า ไอออนในสารละลายที่มีประจุตรงกันข้าม (counterion) จะถูกดูดซับไว้ที่ผิวคอลลอยด์ด้วยแรงดึงดูดทางประจุไฟฟ้าหรือแรงดึงดูดแบบคูลอมบ์ แต่ในเวลาเดียวกันไอออนเหล่านี้ก็พยายามที่จะเคลื่อนที่โดยการแพร่ (diffusion) ให้ห่างจากผิวคอลลอยด์ไปยังสารละลายรอบนอก (bulk solution) ซึ่งมีความเข้มข้นที่ต่ำกว่า ลักษณะเช่นนี้จะทำให้ไอออนที่มีประจุตรงกันข้าม มีความเข้มข้นมากที่สุดที่ใกล้ผิวคอลลอยด์ และความเข้มข้นจะลดลงเมื่อห่างจากผิวคอลลอยด์ออกมา ซึ่งจะลดลงต่ำสุดเมื่ออยู่ในสารละลายรอบนอก ที่สารละลายรอบนอกนี้ความเข้มข้นของประจุบวกจะเท่ากับประจุลบด้วย จากลักษณะการกระจายตัวของประจุไฟฟ้าดังกล่าว จึงมักเรียกประจุสองชั้นนี้ว่าประจุสองชั้นที่แพร่กระจาย (Michell 1993)



รูปที่ 2.14 แบบจำลองของ Helmholtz

Stern (1926) ได้พัฒนาและดัดแปลงทฤษฎีของ Gouy and Chapman โดยได้คำนึงถึงขนาดของไอออนและแรงดูดยึดแบบเฉพาะเจาะจงเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย กล่าวคือชั้นในสุดที่ผิวคอลลอยย์ไอออนจะอยู่ติดกับผิวคอลลอยด์เลยไม่ได้ แต่จะต้องอยู่ห่างออกมาประมาณเท่ากับขนาดของไอออนนั้นๆ ในชั้นนี้ไอออนจะถูกดูดยึดอย่างเหนียวแน่นซึ่งเป็นการดูดซับที่เฉพาะเจาะจง โดยอยู่นอกเหนืออิทธิพลของการเคลื่อนที่แบบการแพร่ ความเข้มข้นหรือจำนวนไอออนในชั้นนี้จะขึ้นอยู่กับทั้งประจุและขนาดของไอออนที่ถูกดูดซับ ชั้นดังกล่าวนี้เรียกว่า ชั้นของสเติร์น (Stern Layer) ซึ่งประกอบด้วยไอออนเชิงซ้อนที่ผิวชั้นในและชั้นนอก โดยอยู่ในลักษณะไม่เคลื่อนที่ (immobile) ถัดจากชั้นของสเติร์นแล้วจะเป็นการกระจายตัวของไอออนตามทฤษฎีของ Gouy and Chapman

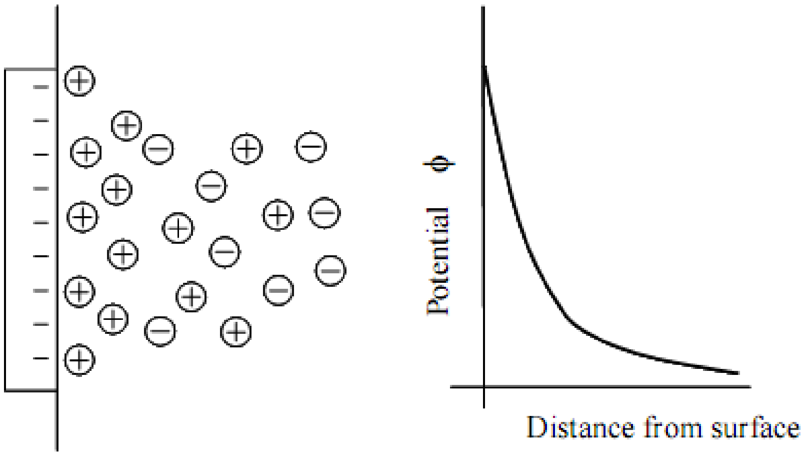
ในการแทนระบบด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ของทฤษฎีประจุสองชั้นที่แพร่กระจาย (Diffuse double layer) มีสมมุติฐานเบื้องต้นดังนี้ (Michell, 1993)

1) ไอออนที่ถูกดูดซับมีลักษณะเป็นจุด ไม่มีขนาด ไม่มีปริมาตร และไม่มีแรงกระทำซึ่งกันและกัน

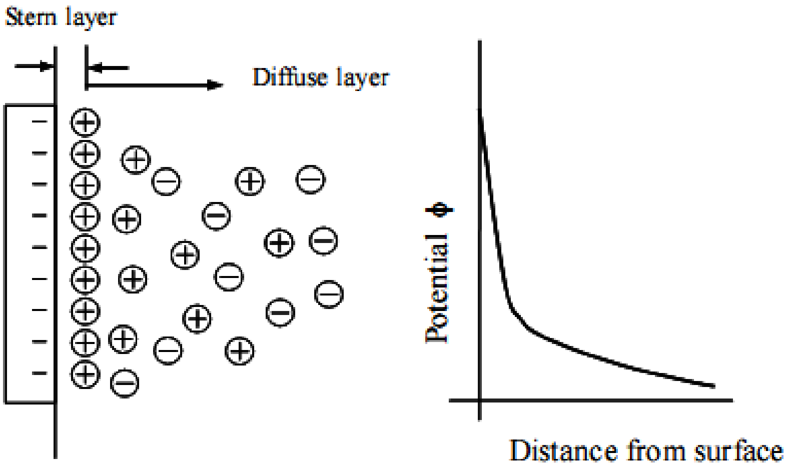
2) ค่าประจุไฟฟ้าบนผิวดินเหนียวมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ

3) พื้นผิวของอนุภาคดินเหนียวมีลักษณะเป็นแผ่นราบเรียบกว้างมากเมื่อเทียบกับขนาดของประจุสองชั้นที่แพร่กระจาย

4) ความสามารถในการจัดเรียงตัวในสนามไฟฟ้าของตัวกลางไม่ขึ้นกับตำแหน่ง



รูปที่ 2.15 แบบจำลองของ Gouy-Chapman



รูปที่ 2.16 แบบจำลองของ Stern

ในขณะที่สมการของ Boltzmann equation สามารถเขียนใหม่ได้ในรูปแบบการกระจายไอออนในสนามประจุไฟฟ้าได้

$$\eta_i = \eta_{io} \exp^{\frac{(v_i e \psi_0 - v_i e \psi)}{kT}} \tag{2.3}$$

เมื่อ *k* เป็น Boltzmann's constant, *T* เป็นอุณหภูมิ, η_i = ความเข้มข้นของ species *i*, *e* เป็นหน่วย electronic charge (16×10^{-20} Coulomb), และ ψ_0 = ศักย์ไฟฟ้า (electrical potential) ที่ความเข้มข้น η_{io} เมื่อศักย์ไฟฟ้าที่ระยะจากผิวอนุภาคดินเหนียวมากๆ มีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้น ค่า *e* มีค่าเป็นศูนย์ด้วย

ปริมาตรที่เปลี่ยนไป

$$\rho_{ch} = e\sum v_i \eta_i \tag{2.4}$$

แทนค่าสมการ Boltzmann (2.3) ในจากสมการ (2.4) จะได้

$$\rho_{ch} = e\sum v_i \eta_{io} \exp^{\left(-\frac{v_i e \psi}{kT}\right)} \tag{2.5}$$

เนื่องจากสมการ Poisson-Boltzmann

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} = -\frac{e\sum v_i \eta_{io} \exp^{\left(-\frac{v_i e \psi}{kT}\right)}}{\varepsilon_0 D} \tag{2.6}$$

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} = \frac{2\eta_o v e}{\varepsilon_o D}\sinh\left(\frac{v_i e \psi}{kT}\right) \tag{2.7}$$

จากสมการ (2.7) สามารถเขียนใหม่ได้ในเทอมของ dimensionless quantities ได้ดังนี้

$$y = \frac{v e \psi}{kT} \qquad z = \frac{v e \psi_o}{kT} \qquad \xi = Kx \tag{2.8}$$

เมื่อ $K^2 = \dfrac{2\eta_o e^2 v^2}{\varepsilon_o DkT}$ (2.9)

แทนค่าความสัมพันธ์ของสมการ (2.8) ในสมการ (2.9) จะได้

$$\frac{d^2 y}{d\xi^2} = \sinh y \tag{2.10}$$

เมื่อ *K* เป็นขนาดของประจุไอออน ซึ่งเรียกว่า Debye-Huckel parameter ใช้ boundary conditions สำหรับการแก้สมการอนุพันธ์อันดับที่ 1 เมื่อ $\xi = \infty$, *y* = 0, และ $dy/d\xi = 0$, จะได้ว่า

$$\frac{dy}{d\xi} = -(2\cosh y - 2)^{1/2} = -2\sinh\left(\frac{y}{2}\right) \tag{2.11}$$

ค่า boundary condition สำหรับการแก้สมการอนุพันธ์อันดับที่สอง เมื่อ $\xi = 0$, *y* = z (เช่น $\psi = \psi_o$), จะได้ว่า

$$\exp^{y/2} = \frac{\exp^{z/2} + 1 + (\exp^{z/2} - 1)\exp^{-\xi}}{\exp^{z/2} + 1 - (\exp^{z/2} - 1)\exp^{-\xi}} \quad (2.12)$$

สมการ (2.12) เป็นสมการความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้ากับระยะทางจากผิวของอนุภาคดินเหนียว เมื่อกำหนดค่าศักย์ไฟฟ้าที่ผิวของอนุภาค (เช่น z) และความเข้มข้นของประจุไอออน (เช่น K^2)

ถ้าค่าศักย์ไฟฟ้าที่ผิวมีค่าน้อยมาก (ψ << 25 mV) ดังนั้น $\nu e\psi/kT$ << 1 (เช่น z << 1) และจากความสัมพันธ์ $e^{-x} \approx 1 - x$ สำหรับการแก้สมการเอกซ์โพเนนเชียลในสมการ (2.6) จะได้ว่า

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} = -\frac{e(\sum \nu_i \eta_{io} - \sum \nu_i^2 \eta_{io} e\psi / kT}{\varepsilon_o D} \quad (2.13)$$

เนื่องจากสารละลายมีค่าประจุไฟฟ้าเป็นกลาง ดังนั้น ค่าตัวแปรในสมการ (2.13) หรือ $(\sum \nu_i \eta_{io})$ มีค่าเท่ากับศูนย์ จากค่าประจุไฟฟ้าในสมการ (2.4) และในสมการ (2.13) จะได้ว่า

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} = K^2\psi \quad (2.14)$$

คำตอบของสมการ (2.14) สามารถเขียนใหม่ได้ดังนี้

$$\psi = \psi_o \exp^{-Kx} \quad (2.15)$$

ในที่นี้จุดศูนย์กลางของประจุไอออน *Kx* = 1 หรือ *x* = 1/*K* เมื่อ 1/*K* เรียกว่า ความหนาประจุสองชั้นที่แพร่กระจาย (double layer thickness) ซึ่งมีค่าเท่ากับ “characteristics length” ในทฤษฎีของ Debye-Huckel

ความหนาประจุสองชั้นที่แพร่กระจาย (1/*K*) สามารถเขียนใหม่ได้ตามสมการ (2.9) ดังนี้

$$\frac{1}{K} = \left(\frac{\varepsilon_o DkT}{2\eta_o e^2 \nu^2} \right) \quad (2.16)$$

จากความหนาประจุสองชั้นที่แพร่กระจายในสมการ (2.16) สามารถสรุปอิทธิพลต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อความหนาประจุสองชั้นที่แพร่กระจายได้ดังนี้

(1) ความเข้มข้นของสารละลาย (Electrolyte Concentration, η_o)

ภายใต้สมมุติฐานปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อความหนาประจุสองชั้นที่แพร่กระจายคงที่ ความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้นค่าความหนาของประจุสองชั้นที่แพร่กระจายจะเพิ่มขึ้นแบบเอกซ์โพเนนเชียล ตามสมการ (2.16) ดังที่แสดงในรูปที่ 2.18 (Mitchell, 1993)

(2) ประจุไอออนของสารละลาย (ν)

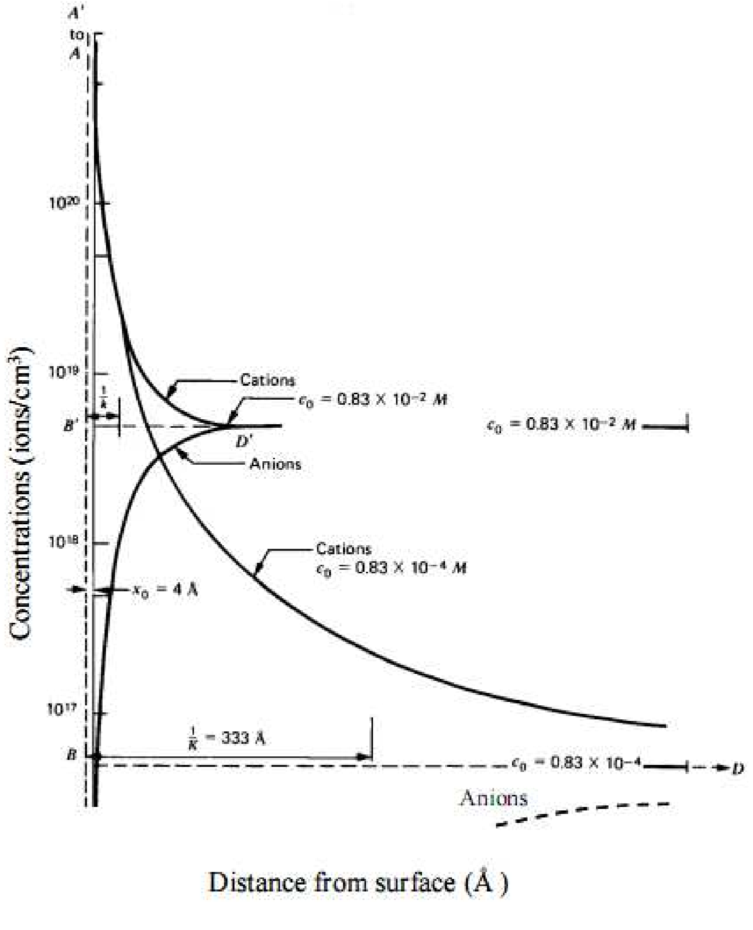
จากสมการที่ (2.16) พบว่าความหนาประจุสองชั้นที่แพร่กระจายเป็นสัดส่วนกับค่าประจุไอออนของสารละลาย โดยค่าประจุไอออนเพิ่มขึ้น (จาก Na^+ เป็น Ca^{2+}) ค่าความหนาประจุสองชั้นที่แพร่กระจายจะลดลงประมาณครึ่งหนึ่ง ดังที่แสดงในรูปที่ 2.18 (Mitchell, 1993)

(3) ค่าคงตัวไดอิเล็กตริก (Dielectric Constant, *D*)

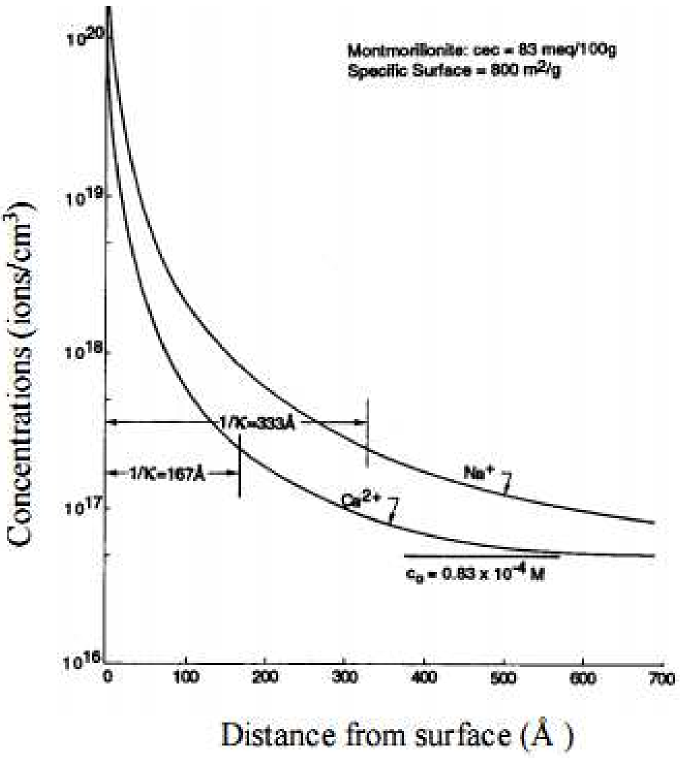
ความหนาประจุสองชั้นที่แพร่กระจายเป็นสัดส่วนกับรากที่สองของค่าคงตัวไดอิเล็กตริกของสารละลาย ค่าคงตัวไดอิเล็กตริกส่งผลต่อศักย์ไฟฟ้าในรูปแบบฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิก ดังต่อไปนี้

$$\sinh\left(\frac{\nu e\psi_o}{2kT}\right) = \left(8\eta_o\varepsilon_o DkT\right)^{-1/2}\sigma \tag{2.17}$$

จากสมการ (2.17) พบว่าเมื่อค่าความหนาแน่นประจุไอออนคงที่ค่าศักย์ไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นตามค่าคงตัวไดอิเล็กตริกที่ลดลง



รูปที่ 2.17 อิทธิพลของความเข้มข้นของไอออนต่อระยะห่างระหว่างผิวของอนุภาค (Michell, 1993)



รูปที่ 2.18 อิทธิพลของความเข้มข้นของไอออนต่อระยะห่างระหว่างผิวของอนุภาคตามทฤษฎีวงน้ำรอบอนุภาคดินเหนียว (Mitchell, 1993)

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องปั้นดินเผา

2.2.1 ความหมายของเครื่องปั้นดินเผา

วิบูล ลี้สุวรรณ (2527 : 39) ชี้ให้เห็นว่าเครื่องปั้นดินเผาท้องถิ่นเป็นหัตถกรรมประเภทเครื่องมือเครื่องใช้ในชีวิตประจำวันที่มีการสร้างจากประสบการณ์ในการทำที่สั่งสมจนเกิดทักษะและความจัดเจนของช่าง คุณค่าของเครื่องปั้นดินเผาอยู่ที่รูปแบบ และกรรมวิธีในการผลิตจะมีลักษณะที่เป็นประวัติศาสตร์และวัฒนธรรมที่สืบทอดกันมาจากอดีตเป็นกรอบที่สำคัญกรรมวิธีในการสร้างส่วนมากจะได้รับการสืบทอดจากช่างรุ่นหนึ่งไปสู่ช่างอีกรุ่นหนึ่งและมีการพัฒนาปรับปรุงเปลี่ยนแปลงจนได้รูปแบบและกรรมวิธีในการผลิตที่ลงตัว สอดคล้องกันทั้งรูปแบบการใช้สอยและความงาม ซึ่งจะมีลักษณะพิเศษที่แตกต่างกันออกไปตามภูมิปัญญาของท้องถิ่นนั้นๆดังนั้นเครื่องปั้นดินเผาที่ค้นพบจากแหล่งต่างๆจึงสามารถอธิบายความเป็นมาของวัฒนธรรมต่างๆในอดีตได้เป็นอย่างดี

อนันต์ภักดิ์ โชติมงคล (2538 : 52) กล่าวว่า คำว่า เซรามิกส์ มีความหมายกว้างขึ้นคลอบคลุมถึงผลิตภัณฑ์หลายชนิดที่เราไม่เคยทราบมาก่อน เช่น ชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์เครื่องไฟฟ้า (Electrical Parts) อุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู (Nuclear) วัสดุทนความร้อนสูง (High Temperature Materials) แก้ว (Glass) โลหะเคลือบ (Enamal) ซิเมนต์ (Cement) เป็นต้น

ปรีดา พิมพ์ขาวขำ (2539 : 1) กล่าวว่า ปัจจุบัน “เซรามิกส์” มีความหมาย 2 ประการ คือ ประการแรก หมายถึง ผลิตภัณฑ์ซึ่งกรรมวิธีการผลิตต้องผ่านการเผาที่อุณหภูมิสูง ส่วน ความหมายประการที่สอง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ซึ่งส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดหรือส่วนใหญ่ผลิตจากวัตถุดิบที่มีอยู่ตามธรรมชาติบนเปลือกโลก

ราตรี สรรพศรี (2539 : 37) กล่าวว่า เครื่องปั้นดินเผา (Pottery) เดิมหมายถึงเครื่องปั้นที่ทำด้วยดินทุกชนิด หินป่นและน้ำ มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีโดยผ่านการเผาในอุณหภูมิที่มีความร้อนอย่างน้อย 600 °C เมื่อนำดินที่เผาแล้วไปแช่น้ำ เนื้อดินเผาจะไม่กลับคืนสู่สภาพเป็นดินอีกแต่จะกลายเป็นวัสดุที่มีความแกร่งในปัจจุบันเครื่องปั้นดินเผา (Pottery) เป็นส่วนหนึ่งของเซรามิก(Ceramics) หรือเครื่องเคลือบดินเผา ซึ่งความหมายเดิมมาจากคำว่า Keramos หรือ Keramikos ในภาษากรีกโบราณหมายถึงผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการใช้ความร้อนเผาไหม้ดินหินแร่ธาตุที่แตกต่างกันด้วยอุณหภูมิ ที่ถูกเลือกให้เหมาะสมกับการผลิตนั้น ทำให้เกิดความคงทนนำไปเผาความร้อนที่พอเหมาะ ทำให้ดินมีเนื้อแกร่งขึ้นบางครั้งนำไปเคลือบทำให้มีสีต่างๆเพื่อความคงทนและสวยงามเช่น โอ่ง กระถาง เตา หม้อ ไห ถ้วยชาม และของเด็กเล่น

กิตติมา อมรทัต (2540 : 2) ได้กล่าวถึงเครื่องปั้นดินเผาไว้ว่าเป็นศิลปะที่ธรรมดาที่สุดและขณะเดียวกันก็เป็นศิลปะที่ยากที่สุดในบรรดาศิลปะทั้งหลายที่ว่าเป็นศิลปะธรรมดาที่สุดนั้นก็เพราะว่าเป็นศิลปะขั้นพื้นฐาน และที่ว่าเป็นศิลปะที่ยากที่สุดก็เพราะว่าเป็นศิลปะที่เป็นนามธรรมมากที่สุด ตามประวัติศาสตร์นั้นเครื่องปั้นดินเผาเป็นศิลปะแบบแรกของมนุษย์ที่รู้จักทำภาชนะขึ้นประเทือง คล้ายสุบรรณ (2543 : 38) ให้ความหมายเครื่องปั้นดินเผาในลักษณะหัตถกรรมพื้นบ้านว่า ทำมาจากดินที่มีคุณลักษณะพิเศษ นำมาปั้นเป็นภาชนะหรือเครื่องใช้ต่างๆนำไปเผาด้วยความร้อนที่พอเหมาะ ทำให้ดินมีเนื้อแกร่งขึ้น บางครั้งนำไปเคลือบทำให้มีสีต่างๆเพื่อความคงทนและสวยงาม เช่นโอ่ง กระถาง เตา หม้อ ไห ถ้วยชาม และยังทำเป็นของเด็กเล่น

อารี ธนบุญสมบัติ (2544 : 10) กล่าวว่า เซรามิกส์เป็นวัสดุที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นของแข็งที่ไม่ใช่โลหะ พลาสติก หรือวัสดุที่ทำจากพืช และสัตว์นั่นเอง

สุภาคย์ อินทองคง (2549 : 9) กล่าวว่า ทั้งเครื่องปั้นดินเผาและเซรามิกส์มีความหมายไปในแนวทางเดียวกัน คือ เครื่องปั้นดินเผา หมายถึง ศิลปะในการประดิษฐ์วัตถุให้เป็นรูปภาชนะต่างๆ เซรามิกส์ (Ceramics) เป็นคำที่มาจากภาษาสันสกฤต แปลว่า สิ่งที่เผาแล้ว (Burnt Stuff) ตามความคิดขั้นมูลฐาน หมายถึง การนำดินหรือหินซึ่งเกิดขึ้นตามธรรมชาติมาทำปฏิกิริยากับไฟ โดยการเผาได้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปออกมา บางครั้งหมายถึงศิลปะของการปั้น (Art of Pottery)

สมชัย ว่องอรุณ (2544 : 1) กล่าวว่า การแบ่งประเภทอุตสาหกรรมเซรามิกส์ แบ่งกว้างๆ ได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. Treditional Ceramics ได้แก่ กระเบื้องปูพื้น ปิดผนัง และโมเสค เครื่องสุขภัณฑ์ ถ้วยชาม ทำด้วยเซรามิกส์ ของชำร่วย และเครื่องประดับ และลูกถ้วยไฟฟ้า เป็นต้น

2. New Ceramics เป็นเซรามิกส์ที่ต้องรับน้ำหนักที่อุณหภูมิสูง ได้แก่ Cutting Tools, Ceramic Fiber, Ceramic Engineer Parts, Coating Film รวมทั้งเซรามิกส์จำพวกชิ้นส่วนอิเลคทรอนิคส์ ฯลฯ

จึงสรุปได้ว่า เครื่องปั้นดินเผา หรือ เครื่องถ้วย ตรงกับภาษาอังกฤษคำว่า Ceramics มีรากศัพท์ว่า Karamos มาจากภาษากรีกและภาษาสันสกฤต หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากดินหรือหินหรือทำจากอนินทรีย์สาร และผ่านการเผาที่อุณหภูมิสูง ทำให้มีความแข็งแกร่ง คงทนถาวรและมีความหมายรวมไปถึงผลิตภัณฑ์ประเภทต่างๆ แบ่งอย่างกว้างๆ ได้ 2 ประเภท คือ 1. Treditional Ceramics ได้แก่ กระเบื้องปูพื้น และโมเสค เครื่องสุขภัณฑ์ ถ้วยชาม และลูกถ้วยไฟฟ้า เป็นต้น 2. New Ceramics ได้แก่ เซรามิกส์ที่ต้องรับน้ำหนักที่อุณหภูมิสูง ได้แก่ Cutting Tools, Ceramic Fiber, Ceramic Engine Parts, Coating Film รวมทั้งเซรามิกส์จำพวกชิ้นส่วน อีเลคทรอนิกส์ เป็นต้น

2.2.2 ประวัติความเป็นมาของเครื่องปั้นดินเผา

ดินเป็นวัตถุดิบชนิดแรกที่มนุษย์รู้จักนำมาใช้ประโยชน์ ตั้งแต่ยุค 4,000 ปี ก่อนคริสต์ศักราชหรือประมาณ 6,000 ปี มาแล้วเนื่องจากดินเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายมีอยู่ทั่วไป ทุกท้องถิ่นบนผิวโลกและมีคุณสมบัติพิเศษคือความเหนียว สามารถนำมาปั้นดินรูปทรงต่างๆ ได้ตามความต้องการ โดยมนุษย์นำทรัพยากรดินมาปั้นเป็นรูปทรงภาชนะ แล้วเผาจนแกร่ง ที่เรียกว่า เครื่องปั้นดินเผาชนิดไม่เคลือบ เพื่อใช้ในการหุงต้มอาหาร และเก็บเมล็ดพันธุ์พืช (ไพจิตร อังศิริวัฒน์.2541:1) ตั้งแต่สมัยอดีตจนถึงปัจจุบัน ดินยังคงเป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาหลายชนิด เช่น ภาชนะใส่อาหาร (Tableware) เครื่องสุขภัณฑ์ (Sanitary Wary) กระเบื้อง (Tiles) อิฐ (Bricks) อุปกรณ์ไฟฟ้า (Insulator) ล้วนเป็นของจำเป็นที่ต้องใช้ในชีวิตประจำวันของคนทั่วไปเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นชนชาติใด ดังเช่น การผลิตเครื่องปั้นดินเผาประเภทสโตนแวร์ จำเป็นต้องใช้วัตถุดิบหลายชนิดมาผสมกัน เพื่อใช้ในกระบวนการผลิต เช่น ดินเหนียว ดินขาว หินฟันม้าและหินเขี้ยวหนุมาน ซึ่งส่วนมากเนื้อดินปั้นจะเตรียมจากดินเหนียวธรรมดา โดยทั่วไปสามารถหาได้จากดินจอมปลวก ดินท้องนา ดินชายน้ำ-ท้องร่อง ดินดาน เพราะจะได้สีของเนื้อดินที่เกิดจากธรรมชาติของดิน เนื่องจากดินเหนียวมีคุณสมบัติเหมาะสม เมื่อนำมาทำเป็นภาชนะที่ค่อนข้างหนา เนื้อแน่นทึบแสง มีความทนไฟสูง และมีความแข็งแรงทนทานได้ดีมาก (ทวี พรหมพฤกษ์. 2531:1)

สำหรับประเทศไทยมีความเป็นมาอันยาวนาน ได้มีมนุษย์อาศัยอยู่บนแผ่นดินนี้ตั้งแต่ดึกดำบรรพ์ดังได้พบร่องรอยอดีตในถ้ำผี จังหวัดแม่ฮ่องสอน พบภาชนะดินเผาซึ่งได้มีการกำหนดอายุไว้ถึง 10,000 ปี วัฒนธรรมบ้านเชียงมีเครื่องปั้นดินเผาและสำริดเป็นประจักษ์พยานอายุไม่น้อยกว่า 5,600 ปี (เฉลียว ปิยะชน, 2544 : 10) และยังตรงกับคำกล่าวของ สมศักดิ์ โพธิสัตย์ (2543 : 1) ที่กล่าวว่า อุตสาหกรรมเซรามิกส์เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมพื้นฐานของไทย มีประวัติการผลิตและพัฒนามายาวนานตั้งแต่สมัยโบราณ โดยพบหลักฐานที่บ้านเชียง จังหวัดอุดรธานี จากรากฐานของอารยธรรมดังกล่าวทำให้ระยะเวลาต่อมาโดยเฉพาะในสมัยประวัติศาสตร์ได้ ปรากฏแหล่งผลิตเครื่องปั้นดินเผากระจายอยู่ในดินแดนประเทศไทยเป็นอันมาก มีส่วนหนึ่งของเครื่องปั้นดินเผาไทยในอดีตที่มีการผลิตเพื่อใช้สอยภายในท้องถิ่นและจำหน่ายเป็นสินค้าส่งออกอย่างแพร่หลายอยู่ในภูมิภาคเอเชียทั้งในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และไปในแถบประเทศตะวันออกไกล โดยมีแหล่งผลิตที่สำคัญๆ อยู่ในสามแหล่งใหญ่ คือ แหล่งเตาเผาในแคว้นล้านนา แหล่งเตาเผาในแคว้นสุโขทัย และแหล่งเตาเผาในอาณาจักรกรุงศรีอยุธยาและใกล้เคียง (มรดกไทย โครงการสืบสานมรดกวัฒนธรรมไทย, 2542 : 13)

สมัยสุโขทัย เริ่มมีการทำเครื่องปั้นดินเผาหรือเครื่องสังคโลก ในสมัยพระร่วงเจ้า (ประมาณรัชกาลที่ 3 ในสมัยของพ่อขุนรามคำแหง) โดยมีหลักฐานแสดงว่าได้ทรงเสด็จในประเทศจีน เมื่อปีมะแม จุลศักราช 656 (พ.ศ. 1873) (อุตสาหกรรมสาร, 2546 : 7) และพระองค์ได้เชิญช่างจีน เข้ามาเผยแพร่การทำถ้วยชามสังคโลกให้แก่ชาวไทย จนทำให้เครื่องปั้นดินเผานี้ได้สร้างชื่อเสียงให้แก่ประเทศไทยเป็นอย่างมากจนสามารถส่งไปขายยังต่างประเทศได้ (คมกฤช จำปาสุต, 2527 : 32) เครื่องถ้วยสังคโลก ชนิดเคลือบสีเขียว สีเขียวไข่กา ชนิดเคลือบสีขาวน้ำนม ผลิตจากแหล่งผลิตที่เมืองศรีสัชนาลัยทั้งกลุ่มเตาที่บ้านเกาะน้อยและกลุ่มเตาที่บ้านป่ายางเป็นสินค้าส่งออกคุณภาพดี และมีความสวยงามโดดเด่นมากกว่าเครื่องถ้วยไทยแหล่งอื่นๆ (เอิบเปรม วัชรางกูร, 2546 : 15) ซึ่ง ถาวร สารวิทย์ (2523 : 6) ได้กล่าวว่า การศึกษาทางช่าง เช่น ช่างปั้นถ้วยชาม ช่างก่อสร้างวัดอาราม ถือเป็นการศึกษาอุตสาหกรรมศิลป์ของไทยที่มีมาตั้งแต่สมัยสุโขทัย นอกจากนี้เรื่องราวเกี่ยวกับการผลิตเครื่องปั้นดินเผายังตรงกับคำกล่าวของ

ปริวรรต ธรรมปรีดากร และ กฤษฎา พิณศรี (2533 : 4) กล่าวว่า สุโขทัยเป็นแหล่งกำเนิดเครื่องปั้นดินเผาของไทย มีการขุดค้นพบแหล่งเตาที่สำคัญเป็นจำนวนมาก เช่น อุทยานแห่งชาติเมืองเก่าสุโขทัย อุทยานแหล่งชาติศรีสัชนาลัย และที่ตำบลเกาะน้อยบริเวณริมแม่น้ำยม นอกจากนี้ยังมีการค้นพบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาในสมัยสุโขทัยอีกเป็นจำนวนมาก ผลิตภัณฑ์ที่พบได้แก่ แจกัน ถ้วยชาม โถ ตุ๊กตา เครื่องประดับสิ่งก่อสร้างผลิตภัณฑ์ที่นิยมและมีชื่อเสียงมาก คือ ชามสังคโลก ลักษณะสำคัญของเครื่องปั้นในสมัยนี้ แยกได้ 3 ลักษณะ คือ ลักษณะแรกเนื้อด้านไม่เคลือบ ลักษณะที่สองเคลือบน้ำหยาบ ลักษณะที่สามเคลือบน้ำละเอียด (วนิดา ทองรวย, 2540 : 38)

สมัยอยุธยา ได้ค้นพบหลักฐานแหล่งอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาที่สำคัญ 2 แหล่ง คือ แหล่งแรก เครื่องปั้นดินเผาโบราณที่วัดตาปะขาวหาย บริเวณริมฝั่งแม่น้ำน่านด้านตะวันออกเป็นระยะทางยาว ตั้งแต่ได้วัดตาปะขาวหายลงมาทางด้านทิศใต้ประมาณ 100 เมตร พื้นที่ยาวตลอดขึ้นไปทางด้านทิศเหนือ ชิดริมแม่น้ำน่านประมาณ 800 เมตร ของหมู่บ้านตะปะขาวหาย เป็นพื้นที่ตั้งเตาเผาโบราณอายุไม่ต่ำกว่า 500 ปี คือราวสมัยของสมเด็จพระบรมไตรโลกนาถ การศึกษาอายุของเครื่องปั้นดินเผาที่พิษณุโลก ใช้การกำหนดอายุจากแนวแม่เหล็กโลก ซึ่งศึกษาโดย ไมค์ บาร์เมตต์ ซึ่งได้เสนอผลการศึกษาเมื่อวันที่ 14 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2529 ณ ห้องประชุมกองพิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติพระนคร อายุประมาณพุทธศตวรรษที่ 20-21 (พ.ศ. 1900-2000) คือ ประมาณ 500-600 ปี (ปราณี แจ่มขุนเทียน, 2545 : 24, 28) แหล่งที่ สอง เครื่องปั้นดินเผาเตาเผาแม่น้ำน้อย จากข้อมูลทางประวัติศาสตร์ โบราณคดี และการใช้วิธีการกำหนดอายุโดยวิธีการวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่าเครื่องปั้นดินเผาเตาเผาแม่น้ำน้อยอยู่ในสมัยอยุธยาอย่างแน่นอน เพราะการกำหนดอายุจะใกล้เคียงกัน อายุจะอยู่ในช่วงศตวรรษที่ 19, 20 และ 21 ผลการสงครามกับพม่า เสียกรุงครั้งที่ 1 (พ.ศ. 2091-2112) อาจจะเกิดผลกระทบจากสงครามทำให้หยุดการทำเตาเผาก็ได้ และมาเริ่มอีกสมัยพระเอกาทศรถได้เปิดทำการค้าขายทางเรือ (พ.ศ. 2135-2149) เรื่อยมาจนถึงสมัยพระเจ้าปราสาททอง (พ.ศ. 2172-2199) จนกระทั่งถึงสมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช (พ.ศ. 2199-2231) ได้มีการติดต่อกับตะวันตก เช่น ฮอลันดา อังกฤษ ฝรั่งเศส จีน ญี่ปุ่น ซึ่งดูจากระยะการเวลาและอายุแล้วจะสอดคล้องกับการกำหนดอายุจากซากเรือจม จากการสันนิษฐานการทำอุตสาหกรรมเตาเผาแม่น้ำน้อยเสื่อมลงสมัยพระเทพราชา จะจบสิ้นไปในเมื่อเสียกรุงให้พม่าครั้งที่ 2 (พ.ศ. 2310) (โกมล รักษ์วงศ์, 2538 : 21-22) นอกจากนี้ เครื่องปั้นดินเผาของจีน ญี่ปุ่น มีเข้ามาใช้สอยในกรุงศรีอยุธยา และเครื่องปั้นดินเผาของฝรั่งก็มีเข้ามาโดยเป็นเครื่องราชบรรณาการเป็นของกำนัล

สมัยธนบุรี เป็นสมัยที่พระเจ้าตากใช้กรุงธนบุรีเป็นเมืองนักรบในสมัยก่อน ก่อนที่พระเจ้าตากจะได้เมืองนี้ได้ตีเอามาจากนายทองอินทร์ ซึ่งพม่าตั้งให้เป็นนายทัพรักษาเมืองธนบุรี อยู่ต่อมาเห็นทำเลที่เข้ามาสมที่จะตั้งเมืองขึ้น จึงได้ย้ายลงมาก่อสร้างเมืองใหม่ขึ้นที่เมืองธนบุรี เมื่อพระเจ้าตากขึ้นครองราชย์ที่กรุงธนบุรีจึงได้เริ่มบำรุงการค้าขายกับเมืองจีน ในเวลานั้นไทยคงขัดสนเครื่องใช้สอยคงต้องสั่งเครื่องถ้วยชามของจีนเข้ามา แต่จะสั่งอะไรบ้างนั้นไม่ทราบชัด เข้าใจว่าคงจะส่งเครื่องถ้วยชามครั้งกรุงเก่าส่งออกไปเป็นตัวอย่างเพราะเหตุว่ามีชามเบญจรงค์ลายเทพนม นรสิงห์ นูนหลัง ข้างในเคลือบสีขาวไม่เคลือบเขียวเหมือนของกรุงศรีอยุธยา (ทรงพันธ์ วรรณมาศ, 2532 : 11-12)

ในสมัยรัตนโกสินทร์ ได้มีการรื้อฟื้นการทำภาชนะเครื่องปั้นดินเผาขึ้นมาใหม่ โดยเริ่มต้นมาจากการนำเข้าเครื่องปั้นดินเผาที่สั่งทำขึ้นในประเทศจีน หลังจากนั้นจึงมีการนำเอาช่างจากประเทศจีนเข้ามาสอนกระบวนการผลิตเครื่องปั้นดินเผาให้กับช่างหลวงของไทย และมีการถ่ายทอดออกมาข้างนอก ส่งผลให้มีการทำเครื่องปั้นดินเผากันเองในระดับชาวบ้าน โดยมีการพัฒนาในเรื่องลวดลายและรูปแบบที่พอจะแยกออกได้แต่ละสมัยๆ ดังนี้

สมัยรัชกาลที่ 1 เริ่มมีการฟื้นฟูการทำภาชนะเครื่องปั้นดินเผาขึ้นมาใหม่ โดยการสั่งทำจากประเทศจีนซึ่งสั่งทำลวดลายที่เป็นของไทย โดยให้ช่างหลวงเขียนตัวอย่างลายไทยและส่งช่างไทยไปควบคุมการเขียนลวดลายให้เหมือนด้วย ภาชนะเครื่องปั้นดินเผาที่สั่งทำขึ้นในสมัยนั้น ส่วนใหญ่เป็นประเภทจาน ชาม โถ กระโถน และถ้วย ที่ส่วนใหญ่จะมีลวดลายที่เขียนเป็นลายไทย โดยเขียนสีบนพื้นถ้วยขาวบ้าง เขียนสีเบญจรงค์บ้าง ปรากฏว่ามีฝีมือที่ดีกว่าภาชนะเครื่องปั้นดินเผาที่ทำขึ้นในสมัยกรุงศรีอยุธยา

สมัยรัชกาลที่ 2 ฝีมือช่างเขียนไทยมีการพัฒนามากขึ้น จนสามารถคิดดัดแปลงแก้ไขเครื่องถ้วยชามที่สั่งทำจากประเทศจีน โดยได้มีการคิดแก้ไขรูปทรงและลวดลายมีการประดิษฐ์ลวดลายใหม่ เช่น ลายดอกกุหลาบ ส่วนลวดลายแบบของจีนที่มีอยู่ เช่น ลายดอกไม้จีน ลายสิงโต ก็นำมาดัดแปลงปรับเขียนเสียใหม่ เพื่อให้เข้ากับรสนิยมของคนไทย นอกจากนี้ก็มีการนำเอาสีทองมาใช้ในการเขียนประกอบลวดลายเครื่องถ้วยชามที่ผลิตขึ้นในสมัยต้นรัตนโกสินทร์ที่ตกทอดมาถึงปัจจุบันและเป็นที่นิยมกันมาก คือ เครื่องถ้วยที่สั่งทำในสมัยรัชกาลที่ 2 โดยเฉพาะที่ทำถวายให้กับสมเด็จพระศรีสุริเยนทร์ (สมเด็จพระบรมราชินีนาถในรัชกาลที่ 2)

สมัยรัชกาลที่ 3 มีการสั่งของจากต่างประเทศเท่าที่จำเป็น แต่พระองค์ทรงทำนุบำรุงฟื้นฟูเครื่องปั้นดินเผาในประเทศ กล่าวคือ ทรงทำนุบำรุงการทำกระเบื้องเคลือบมุงหลังคา กระเบื้องเคลือบสีเป็นเครื่องประดับ โดยใช้เตาเผาแบบเตาทุเรียน ซึ่งสร้างขึ้นที่วัดสระเกศ

สมัยรัชกาลที่ 4 ไม่มีการส่งช่างไทยไปตรวจตราการทำเครื่องปั้นดินเผา เพราะในปี พ.ศ. 2395 ราชทูตไทยที่ไปประเทศจีน ถูกผู้ร้ายปล้น จึงไม่มีการส่งราชทูตไปประเทศจีนอีก การสั่งทำของจากประเทศจีนจึงเป็นเรื่องของพ่อค้าในกรุงเทพฯ ซึ่งเป็นผู้สั่งทำเครื่องลายคราม และเครื่องถ้วยชามที่สั่งจากประเทศจีน ในยุคนี้จึงเป็นเครื่องลายครามที่เขียนลายจากประเทศจีนเป็นส่วนใหญ่ บางครั้งก็มีการสั่งทำลายน้ำทอง ซึ่งสั่งทำโดยส่งแบบลายไทยไปทำในประเทศจีน แต่พบว่าจะมีรายละเอียดและฝีมือสู้ผลิตภัณฑ์ที่ทำขึ้นในสมัยรัชกาลที่ 2 ไม่ได้

สมัยรัชกาลที่ 5 เป็นระยะที่ประเทศไทยมีความเจริญรุ่งเรืองเป็นอย่างมาก ซึ่งเป็นระยะเดียวกันกับที่การศึกษาวิชาการมีการขยายตัวแพร่หลายไปทั่วโลก ทำให้เกิดการนำเข้าเครื่องถ้วยชามเซรามิกส์เข้ามาขายในประเทศไทยซึ่งก็มีทั้งของที่ทำจากประเทศจีน ญี่ปุ่น และประเทศในเขตยุโรป ในสมัยนั้นนิยมใช้ของที่ทำจากชาติตะวันตก และนิยมลวดลายของชาติตะวันตกกันเป็นอย่างมาก แต่ก็ยังมีการสั่งให้โรงงานเซรามิกส์ที่อยู่ในประเทศทางแถบตะวันตกทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่มีรูปทรงและลวดลายที่เป็นแบบของไทยเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ก็ยังมีของที่นำเข้ามาจากประเทศญี่ปุ่น ซึ่งโดยมากจะเป็นถ้วยชาม และเครื่องแต่งเรือนทั้งนี้เป็นเพราะญี่ปุ่นเริ่มทำเลียนแบบของจีนได้ดี

สมัยรัชกาลที่ 6 ประเทศไทยเริ่มมีโรงงานผลิตเครื่องปั้นดินเผาประเภทเนื้อหยาบ เช่น กระถาง โอ่ง อ่าง และไห ซึ่งมีทั้งชนิดเคลือบและไม่เคลือบ

สมัยรัชกาลที่ 7 ในปี พ.ศ. 2475 หลังจากเกิดการเปลี่ยนแปลงระบบการปกครองของไทย รัฐบาลพยายามที่จะฟื้นฟูเศรษฐกิจของชาติ โดยการส่งเสริมให้มีผู้ประกอบการอุตสาหกรรมมากขึ้น อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาก็เป็นอีกอุตสาหกรรมหนึ่งที่ได้รับการส่งเสริมอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้มีผู้สนใจทำเป็นอุตสาหกรรมในครอบครัว ทั้งในภาคเหนือ ภาคอีสาน และภาคกลาง ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ขณะนั้น คือ โอ่ง อ่าง และไห และมีการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกที่มีเนื้อดีบ้างโดยการใช้วัตถุดิบที่สั่งมาจากต่างประเทศ

สมัยรัชกาลที่ 8 และสมัยรัชกาลที่ 9 (สมัยปัจจุบันป มีการพัฒนารูปแบบของผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาหรืออุตสาหกรรมเซรามิกส์ โดยเน้นถึงการใช้หลักวิชาการ และเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในกระบวนการผลิตประกอบกับพัฒนาคุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้ให้ดีขึ้นกว่าที่เป็นอยู่ นอกจากนี้รัฐบาลยังได้ส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศในด้านวิชาการและเทคโนโลยี โดยการจัดตั้งกรมวิทยาศาสตร์บริการ ภายใต้กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงานในปี พ.ศ. 2478 ในเวลาต่อมากรมวิทยาศาสตร์บริการได้เริ่มดำเนินงานเกี่ยวกับเครื่องปั้นดินเผาในปี พ.ศ. 2479 และได้เริ่มพัฒนาบุคลากรเกี่ยวกับเครื่องปั้นดินเผา โดยการส่งเจ้าหน้าที่ไปรับการฝึกอบรมเพิ่มเติมในต่างประเทศ แล้วกลับมาพัฒนาบุคลากรของกรมด้านวิชาการและเทคโนโลยี และได้ทำการศึกษาวิจัยวัตถุดิบโดยการสำรวจ วิเคราะห์ และทดสอบวัตถุดิบภายในประเทศ เช่น ดินและหินต่างๆ ที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา ผลจากการสำรวจและการวิเคราะห์วิจัย พบว่าประเทศไทยมีวัตถุดิบชนิดดีปริมาณมาก สามารถใช้ทำเครื่องปั้นดินเผาชนิดีได้ ส่งผลให้เกิดการลงทุนสร้างโรงงานเครื่องปั้นดินเผาขึ้นอีกเป็นจำนวนมาก (อุตสาหกรรม, 2546 : 7-11)

จากประวัติความเป็นมาของเครื่องปั้นดินเผาตามที่นักวิชาการหลายท่านได้กล่าวไว้พอสรุปได้ว่า เครื่องปั้นดินเผา มีประวัติความเป็นมาที่ยาวนาน ดังเห็นได้จากการค้นพบหลักฐานเครื่องปั้นดินเผาตามสถานที่ต่างๆ ที่เป็นแหล่งวัฒนธรรมโบราณของโลก เช่น แถบลุ่มแม่น้ำไทกริสและยูเฟรติส แถบลุ่มแม่น้ำคงคา แถบลุ่มแม่น้ำแยงซีเกียง และแถบลุ่มแม่น้ำโขง สำหรับประเทศไทยได้พบร่องรอยอดีตในถ้ำผี จังหวัดแม่ฮ่องสอน พบภาชนะดินเผาซึ่งได้มีการกำหนดอายุไว้ถึง 10,000 ปี วัฒนธรรมบ้านเชียงมีเครื่องปั้นดินเผาและสำริดเป็นประจักษ์พยานอายุไม่น้อยกว่า 5,600 ปี จากรากฐานอารยธรรมดังกล่าวทำให้ระยะเวลาต่อมาโดยเฉพาะในสมัยประวัติศาสตร์ได้ปรากฏแหล่งผลิตเครื่องปั้นดินเผากระจายอยู่ในดินแดนประเทศไทยเป็นอันมาก ส่วนหนึ่งผลิตเพื่อใช้สอยภายในท้องถิ่นและจำหน่ายเป็นสินค้าส่งออกอย่างแพร่หลายอยู่ในภูมิภาคเอเชียทั้งในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และไปในแถบประเทศตะวันออกไกล โดยมีแหล่งผลิตที่สำคัญๆ อยู่ในสามแหล่งใหญ่ คือ แหล่งเตาเผาในแคว้นล้านนา แหล่งเตาเผาในแคว้นสุโขทัย และแหล่งเตาเผาในอาณาจักรกรุงศรีอยุธยาและใกล้เคียง โดยเฉพาะแหล่งผลิตในแคว้นสุโขทัยมีการทำเครื่องปั้นดินเผาหรือเครื่องสังคโลกในสมัยพระร่วงเจ้า (ในสมัยของพ่อขุนรามคำแหง) และได้เลิกทำการผลิตในเวลาต่อมา ดังปรากฏให้เห็นเป็นหลักฐานจากการค้นพบซากเตาที่เรียกว่า “เตาทุเรียง” เป็นจำนวนมากที่เมืองศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย

2.2.3 วัตถุดิบที่ใช้ผลิตเครื่องปั้นดินเผา

วัตถุดิบที่ใช้ในการเครื่องปั้นดินเผาที่จัดว่าเป็นปัจจัยสำคัญ ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ดิน หิน และแร่ธาตุต่างๆ แต่การที่จะคัดเลือกวัตถุดิบเหล่านั้น นับว่าเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งโดยเฉพาะผู้ผลิตต้องมีความเข้าใจและรู้คุณสมบัติ ส่วนประกอบต่างๆ ทางเคมี (Chemical Composition) ความเหนียวของดิน (Plasticity) การหดตัวของดิน (Shringkage) ตลอดจนสีของดินที่เผาแล้ว (Fire Color) ทั้งนี้เพื่อเป็นพื้นฐานอันสำคัญในการนำไปใช้ให้ตรงกับวัตถุประสงค์ของผู้ผลิต (ทวี พรหมพฤกษ์, 2523 : 56) วัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ หรือเครื่องปั้นดินเผาจะได้มาจากธรรมชาติ ได้แก่ ดิน (Clay) หิน (Stone) ทราย (Sand) และสินแร่ต่างๆ ที่อยู่ในรูปของออกไซด์ ซึ่งวัตถุดิบเหล่านี้ได้มาจากพื้นธรณี (โกมล รักษ์วงศ์, 2531 : 2) นอกจากนี้ ชาญ จรรยาวนิชย์ (2531 : 16) ยังกล่าวอีกว่า วัตถุดิบสำคัญทางเซรามิกส์ คือ ดินขาว ดินเหนียว หินฟันม้า หินเขี้ยวหนุมาน หรือทรายแก้ว แต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป แล้วแต่การเกิดทางธรณีวิทยา เพราะว่าแร่ดังกล่าวเกิดขึ้นในธรรมชาติย่อมมีสิ่งเจือปนเกิดขึ้นรวมอยู่ด้วย การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพต่างๆ ทางเซรามิกส์จะทำให้มั่นใจว่าได้เนื้อดินปั้นถูกต้องตามความต้องการ วัตถุดิบที่ใช้ทำเซรามิกส์สามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. วัตถุดิบที่มีความเหนียว (Plastic raw meterials) ได้แก่ ดินชนิดต่างๆ

2. วัตถุดิบที่ไม่มีความเหนียว (Non plastic raw materials) ได้แก่ หิน ทราย และแร่ธาตุต่างๆ ที่อยู่ในรูปของออกไซด์ (โกมล รักษ์วงศ์, 2531 : 2) สอดคล้องกับ Nagumo (1974, หน้า 19) ที่กล่าวว่า วัตถุดิบที่ใช้งานเซรามิกส์ สามารถแยกได้เป็น 2 ประเภทด้วยกันคือ

1. วัตถุดิบที่มีความเหนียว (Plastic Meterials) เช่น ดินขาว ดินเหนียว ดินทนไฟ

2. วัตถุดิบที่ไม่มีความเหนียว (Non-plastic Materials) เช่น ซิลิกา ดินเชื้อ (Grog) หินฟันม้า หินปูน

2.3.3.1 วัตถุดิบที่มีความเหนียว

วัตถุดิบชนิดนี้ได้แก่ ดิน ดินเป็นวัตถุดิบที่มีความเหนียวที่สำคัญมากที่นำมาใช้ทำส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ เซรามิกส์ สามารถนำมาใช้ทำภาชนะใส่อาหาร (Table Ware) เครื่องสุขภัณฑ์ (Sanitary Ware) กระเบื้อง (Tiles) อิฐ (Bricks) วัตถุทนไฟ (Refractories) อุปกรณ์ทางไฟฟ้า (Insulators) เป็นต้น เนื่องจากดินเป็นวัตถุดิบที่มีความเหนียว ดินเป็นสารประกอบของอลูมิเนียมซิลิเกต “Aluminium Sillicate” ($Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$) ในแร่ดินธรรมชาติมีสารประกอบอย่างอื่นๆ ปะปนอยู่มากที่เป็นสาเหตุทำให้ดินไม่บริสุทธิ์ สารเหล่านี้ได้แก่ Quartz, Mica, Iron, Hematite, Flourite เป็นต้น (โกมล รักษ์วงศ์, 2531 : 3) ดินที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ จำแนกตามลักษณะของดินที่นำมาใช้ประโยชน์ ได้แก่ ดินขาว บอลเคลย์ และดินเหนียวโดยนำดินเหล่านี้มาใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเซรามิกชนิดต่างๆ (สมศักดิ์ โพธิสัตย์, 2544 : 95)

(1) การกำเนิดดิน

ดินสามารถจำแนกตามลักษณะกระบวนการเกิดได้ดังนี้

1. ดินที่เกิดอยู่กับที่ (Residual Deposits) เป็นแหล่งแร่ดินที่ผุผังแปรสภาพของแร่และหินเดิมด้วยกระบวนการทางเคมี ที่เป็นผลมาจากน้ำผิวดิน น้ำฝน น้ำบาดาล ความชื้นในอากาศ หรือกระบวนการเปลี่ยนสภาพโดยสารละลายน้ำร้อน – ก๊าซร้อนภายในโลก ที่สำคัญคือหินเดิมต้องประกอบด้วยแร่ที่สามารถเปลี่ยนไปเป็นแร่ดิน แหล่งแร่ดินขาวที่สำคัญของไทยแบบนี้ ได้แก่

1.1 แหล่งดินขาวอำเภอเมือง และอำเภอละอุ่น จังหวัดระนอง

1.2 แหล่งดินขาวอำเภอแจ้ห่ม และอำเภอวังเหนือ จังหวัดลำปาง

1.3 แหล่งดินขาวอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์

1.4 แหล่งดินขาวอำเภอนายูง จังหวัดอุดรธานี

1.5 แหล่งดินขาวอำเภอเจาะไอร้อง จังหวัดนราธิวาส

2. ดินที่สะสมตัวแบบตะกอน (Sedimentary Deposits) เกิดการสลายตัวของแร่และหินกลายเป็นดิน และถูกกระบวนการพัดพาโดยตัวกลาง ได้แก่ น้ำ ลม น้ำแข็ง หรือคลื่น พัดพาไปสะสมตัวยังที่ใหม่ การพัดพามีการคัดขนาด ขัดถู ทำให้แร่มีขนาดสม่ำเสมอ ความคมน้อยชั้นดินอาจเกิดมาตั้งแต่สมัยโบราณ ทำให้เกิดการแข็งตัวเป็นชั้นหินดินดาน หรือหินโคลน หรือเกิดร่วมกับชั้นถ่านหินก็ได้แหล่งดินชนิดนี้ที่สำคัญ ได้แก่

2.1 แหล่งดินบอลเคลย์ (Ball Clay) บ้านแม่ทาน ตำบลบ้านบอม อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง

2.2 แหล่งดินบอลเคลย์บ้านแจ้คอน ตำบลทุ่งผึ้ง อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง

2.3 แหล่งดินขาว (White Clay) และบอลเคลย์บ้านโคกไม้ลาย ตำบลโคกไม้ลาย อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี

2.4 แหล่งดินขาวจังหวัดอุทัยธานี กาญจนบุรี ราชบุรี และเพชรบุรี

2.5 แหล่งดินขาวอำเภอแกลง จังหวัดระยอง

2.6 แหล่งดินขาว-บอลเคลย์ จังหวัดนาครศรีธรรมราช

2.7 แหล่งดินขาว จังหวัดสุราษฎร์ธานี

2.8 แหล่งดินเหนียว จังหวัดสระบุรี

2.9 แหล่งดินเหนียว จังหวัดอ่างทอง

2.10 แหล่งดินเหนียว จังหวัดราชบุรี

3. ดินที่เกิดแทนที่ในเนื้อหิน (Hydrothemal Replacement) คล้ายกับกระบวนการ Hydrothemal alteration แต่ต่างกันที่อนุมูลที่ปนอยู่ในน้ำร้อนจะไปแทนที่และทำปฏิกิริยากับอนุมูลที่มีอยู่ในเนื้อหินเกิดเป็นแร่ชนิดใหม่ เช่น การเกิดแร่ดิกไกต์ หรือกระบวนการเกิดแร่ดินในหินแปรต่างๆ แหล่งแร่ชนิดนี้พบที่แหล่งแร่ดิกไกต์เขาชะโงก เขาไม้นวล จังหวัดนครนายก

วัตถุดิบที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์นั้น จัดได้ว่าเป็นปัจจัยสำคัญ ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ ดิน หิน แร่ธาตุต่างๆ ซึ่งดินมีหลายชนิดแตกต่างกันออกไป อาจจะแตกต่างกันในเรื่องสีหรือแตกต่างกันในเรื่องโครงสร้าง รวมทั้งต่างกันในเรื่องคุณสมบัติทางภายภาพและเคมี ดินอาจจำแนกเป็น 2 ชนิด คือ ดินขาวกับดินเหนียว ดังต่อไปนี้ (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2539 : 42-53)

1) ดินขาว (Kaolin, China Clay)

ดินขาว หมายถึง หมายถึง ดินที่มีสีขาวหรือสีซีดจางทั้งในสภาพที่ยังไม่ได้เผาและเผาแล้ว ดินขาวมีสวนประกอบส่วนใหญ่เป็นแร่ดินกลุ่ม Kaolinite และมีความสัมพันธ์กับมัสโคไวต์ ไมกา อิลไลต์ ควอตซ์ และอาจมีมอนต์มอริลโลไนต์ ดินขาวมีส่วนประกอบทางเคมี เป็น $(OH)_4Al_2Si_2O_5$ หรือ $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$ ปกติแล้วในดินขาวควรจะมีปริมาณอัลคาไลน์ (Alkalies) น้อยกว่าร้อยละ 2 ปริมาณของเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) น้อยกว่าร้อยละ 1 แคลเซียมออกไซด์ (CaO) แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) และไทเทเนียมออกไซด์ (TiO_2) อยู่ในปริมาณเล็กน้อย แหล่งดินชนิดนี้มี 2 แบบ

1. แหล่งต้นกำเนิด (Residual Deposit) ดินขาวแหล่งนี้มักพบในลักษณะเป็นภูเขาหรือที่ราบซึ่งเดิมที่เป็นแหล่งแร่หินฟันม้า เมื่อหินฟันม้าผุพังโดยบรรยากาศ (Weathering) ผลสุดท้ายจะเหลือ เป็นดินขาวอยู่ ณ ที่นั้น กระบวนการเกิดดินขาว (Kaolinization) มีขั้นตอนของปฏิกิริยาต่างๆ ดังนี้

$KAlSi_3.O_8 + H_2O \rightarrow HAlSi_3O_8 + KOH$ ปฏิกิริยาไฮโดรไลสิส (Hydrolysis)

$KAlSi_3O_8 \rightarrow HalSiO_8 + 2SiO_2$ ปฏิกิริยาการสลายตัวให้ซิลิกา (Desilication)

$2KAlSiO_4 + H_2O \rightarrow (OH)_4Al_2Si_2O_5$ ปฏิกิริยาการรวมตัวกับน้ำ (Hydration)

$KAlSi_3O_8$ = หินฟันม้าชนิดโปแตช (Potash Feldspar)

$(OH)_4Al_2Si_2O_5$ = แร่ดินขาว (Kaolinite)

สิ่งสกปรกที่พบเสมอในดินแหล่งนี้ คือ ซิลิกา (Sillica) มีสูตรทางเคมีเป็น SiO_2 นอกจากนี้ก็มีหินฟันม้า และผลิตผลอื่นๆ ที่ยังไม่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากปฏิกิริยายังไม่สมบูรณ์ และอาจมีสิ่งสกปรกที่อื่นที่เข้าไปปน

2. แหล่งสะสมที่ลุ่ม (Sedimentary Deposit) หมายถึง แหล่งดินขาวที่เกิดจากดินขาวจากแหล่งแรก ถูกกระแสน้ำพัดพาไป และไปสะสมในบริเวณที่ราบลุ่ม

ในประเทศไทยมีแหล่งดินขาวหลายจังหวัด มีจังหวัดลำปาง อุตรดิตถ์ ปราจีนบุรี ระนอง สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช เป็นต้น

ส่วนประกอบทางเคมีของดินขาว

ผลึกที่บริสุทธิ์ของดินขาวมีส่วนประกอบทางเคมีเป็น $(OH)_4 Al_2Si_2.O_5$ หรือ $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$ หรือ ร้อยละ 39.8 Al_2O_3 , ร้อยละ 46.3 SiO_2 , ร้อยละ 13.9 H_2O ดินขาวที่พบตามแหล่งมีส่วนประกอบต่างกันไปด้วยเหตุผล 2 ประการ

1. เนื่องจากในโครงสร้างของดินขาวมีการแทนที่กันของโลหะธาตุที่มีประจุบวก

2. เนื่องจากมีสารประกอบอื่นปะปนอยู่ ได้แก่ Quartz, Feldspar, Rutile, Ryrite, Tourmaline, Zircon, Hematite, Fluorite, Muscovite เป็นต้น

โครงสร้างของแร่ดิน (Structure of the Clay Minerals)

แร่ดินขาวมีหลายอย่างแตกต่างกันไปตามโครงสร้างและสูตรทางเคมี สูตรเคมีพื้นฐานคือ $(OH)_4 Al_2\left(Si_2.O_5\right)$ การเรียกชื่อแร่ดินต่างๆ ในที่นี้เรียกตาม The Clay Minerals Sup-committee

Kaolinite เป็นแร่ดินที่พบมากที่สุด โครงสร้างของมันประกอบด้วยหนึ่ง layer ในหนึ่งเซลล์ซึ่งเกิดจากการจับกันของ Tetrahedral Sheet กับ Octahedral Sheet โครงสร้างของมันเป็น Triclinic

Disdkite เป็นแร่ดินที่พบบ้าง โครงสร้างของมันเป็นแบบสอง Layers ในหนึ่งเซลล์และมีโครงสร้างเป็น Monoclinic

Nacrite เป็นแร่ที่หาได้ยาก โครงสร้างของมันเป็นแบบ six layer ในหนึ่งเซลล์ และมีโครงสร้างเป็น Orthorhombic

Halloysite แร่ดินชนิดนี้นักเซรามิกส์สนใจเป็นพิเศษ เพราะว่ามันอาจช่วยทำให้เนื้อดินปั้นขาวมากขึ้น แร่ดินชนิดนี้ไม่เป็นแผ่นเหมือนแร่ดินที่กล่าวข้างต้น แต่มีลักษณะเป็นแผ่นม้วนเป็นหลอดเล็กๆ มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็น $(OH)_4 Al_2\left(Si_2.O_5\right)2H_2O$ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส $2H_2O$ จะเริ่มถูกขจัดออกไป ซึ่งจะกลายเป็น Meta-Halloysite เพราะฉะนั้นโครงสร้างของ Halloysite อาจเป็นแบบ TO : H_2O : TO ส่วน Meta-Halloysite มีโครงสร้างคล้าย Kaolinite มาก

Anauxite แร่ดินชนิดนี้มี X-ray Diffraction Patterns เหมือน Kaolinite มาก แต่ส่วนประกอบทางเคมีมีอัตราส่วนระหว่าง $Si.O_2 / Al_2.O_3$ มากกว่า 2 แสดงว่า Anauxite อาจเกิดจาก Silica Sheet แทรกเข้าไประหว่างชั้นของ Kaolinite หรืออาจจะเกิดจาก Si^{+4} เข้าแทนที่ Al^{+3} ใน Kaolinite ก็เป็นได้

Fire-clay Minerals แร่ดินชนิดนี้มักพบในดินทนไฟ เขาพบว่าแร่ดินชนิดนี้ชั้นในทางแกน C มีการเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ

คุณสมบัติทางกายภาพของแร่ดินขาว

การทราบคุณสมบัติทางกายภาพของแร่ดินขาว จะช่วยทำให้เราสามารถทำนายคุณสมบัติของเนื้อดินปั้น ซึ่งมีแร่ดินเหล่านั้นผสมอยู่ได้ดีพอสมควร คุณสมบัติที่เราควรจะได้ศึกา คือ

ขนาด (Particle Size) คุณสมบัตินี้มีความสำคัญมากอันหนึ่ง เพราะว่ามันเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติทางด้านความเหนียว (Plasticity) ความแข็งแรงเมื่อแห้ง (Dry Strength) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนอนุมูล และการหดตัวเมื่อแห้ง (Drying Shrinkage) กล่าวโดยทั่วไปดินเม็ดละเอียดจะให้ความเหนียวและการหดตัวเมื่อแห้งมากกว่าดินเม็ดหยาบ (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ, 2539 : 42-51) สอดคล้องกับคำกล่าวของ อายุวัฒน์ สว่างผล (2543 : 25) กล่าวว่าขนาดของเม็ดดิน (Particle Size of Clay) จะมีขนาดตั้งแต่ 0.05-10 ไมครอน ค่าของเส้นผ่าศูนย์กลางโดยเฉลี่ยประมาณ 0.5 ไมครอน (1 ไมครอน เท่ากับ 10^{-4} ซ.ม.) เม็ดดินมีความสำคัญต่อความเหนียวและการหดตัวของดินเมื่อแห้งคือดินที่มีขนาดเล็กจะมีความเหนียวมากและร้อยละการหดตัวเมื่อแห้งก็จะสูงมากด้วย

รูปร่าง (Particle Shape) แร่ Kaolinite อนุภาคของมันมีรูปร่างเป็นแผ่นหกเหลี่ยมมีขนาดจาก 0.05 ถึง 10 ไมครอน โดยเฉลี่ยขนาดอยู่ระหว่าง 0.5 ไมครอน

ความสามารถในการแลกเปลี่ยนอนุมูล (Base Exchange Capacity) คุณสมบัติข้อนี้สำหรับแร่ Kaolinite มีน้อยมาก เพราะว่าในแร่นี้มีการแทนที่กันของพวกอนุมูลบวกในโครงสร้างน้อยมากโดยเฉพาะผลึก Kaolinite ที่บริสุทธิ์จะไม่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนอนุมูลเลย มันจะแลกเปลี่ยนได้เมื่อมันเป็นผลึกที่ไม่สมบูรณ์ หรือมันดูดซับเอาผลึกขนาดเล็กของแร่พวก TOT หรือ Three Layer เข้าไว้ที่ผิวของมัน

คุณสมบัติเมื่อแห้ง (Drying properties) การหดตัวเมื่อแห้งของแร่ดินล้วนๆ เราไม่ค่อยสนใจเพราะว่าเนื้อดินปั้นมักประกอบด้วยแร่หลายอย่าง แต่อาจกล่าวได้กว้างๆ ว่าดินที่ละเอียดกว่ามีการหดตัวมากกว่าดินหยาบเมื่อปล่อยทิ้งไว้ให้แห้ง

ความแข็งแรงเมื่อแห้ง (Green strength) คุณสมบัตินี้สำคัญมากโดยเฉพาะเมื่อจะนำแร่ดินขาวไปใช้ในเนื้อดินปั้นซึ่งไม่มีดินเหนียวผสมอยู่เลย เพราะว่าดินขาวเท่านั้นที่จะเป็นตัวช่วยให้ผลิตภัณฑ์ดิบมีความแข็งแรงมากน้อยเพียงไร ดินละเอียดหรือดินที่มีมอนต์มอริลโลไนต์จะให้ความแข็งแรงมากที่สุด

คุณสมบัติหลังจากเผา (Firing Properties) แร่ดินขาวมีการหดตัวมากหลังการเผา ไม่ควรใช้แร่ดินขาวล้วนเป็นเนื้อดินปั้น แร่ดินขาวเมื่อเผาแล้วจะหดตัวประมาณ 20 ร้อยละ (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ, 2539 : 51-53)

2) ดินเหนียว (Ball clay)

ดินเหนียวขาว คือ ดินที่มีแร่เคโอลิไนต์เป็นส่วนประกอบที่สำคัญโดยเฉพาะพวกที่มีโครงสร้างภายในจัดอยู่อย่างไม่เป็นระเบียบ (Disordered Kaolinite) มีขนาดเม็ดละเอียดมาก และมักจะมีอิลไลต์ (Illite) และมอนต์มอริลโลไนต์ (Montmorillonite) รวมทั้งสารอินทรีย์พวกคาร์บอนปนอยู่ด้วยเสมอ สีของบอลล์เคลย์จะเป็นสีเทาอ่อนจนเกือบจะเป็นสีดำ มีความเหนียวสูง (High Plasticity) เมื่อเผาแล้วจะให้สีขาวหรือสีอ่อน จึงมักนำมาผสมกับดินขาวเพื่อใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความเหนียวสูง และยังให้ความแกร่งหลังเผาดี (ภาวดี อังค์วัฒนะ, ม.ป.ป : 23) ดินเหนียวเป็นวัตถุดิบที่ใช้มากในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ในธรรมชาติจะมีสีต่าง ๆ เช่น สีเทา สีดำ เนื่องจากมีสารอินทรีย์เจือปนอยู่เมื่อหลังจากการเผาแล้วจะมีสีขาว ดินชนิดนี้จะพบอยู่ในที่ราบลุ่ม มีเม็ดละเอียด มีความเหนียวดี เหมาะกับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ให้ความแข็งแรงต่อผลิตภัณฑ์เมื่อยังไม่เผา (โกมล รักษ์วงศ์, 2531 : 9) ดินเหนียวมีอนุภาคเป็นแผ่นซ้อนๆ กัน เวลาปั้นหรือบีบ จึงให้ความรู้สึกนุ่มและเปลี่ยนรูปได้ง่าย (บัญชา ธนบุญสมบัติ และศุภการญจน์ คำมณี, 2544 : 22) นอกจากนี้ ชลัย ศรีสุข (2539 : 33) กล่าวว่า ดินเหนียว (Ball Clay) เกิดจากการตกตะกอนทับถมกันของดินขาว ประกอบด้วยแร่ Kaolinite เป็นส่วนประกอบสำคัญ บางครั้งจะพบแร่ดินชนิดอื่นปะปนอยู่บ้าง เช่น Montmorillonite

ประโยชน์ของดินบอลล์เคลย์ในอุตสาหกรรมเซรามิก

1. ช่วยเพิ่มความสามารถในการขึ้นรูปของเนื้อดินปั้นให้ดีขึ้น

2. ผลิตภัณฑ์ก่อนเผามีความแข็งแรงมากขึ้น ลดการสูญเสียเนื่องจากการแตกหักของผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่เผาขณะเคลื่อนย้าย

3. ช่วยทำให้น้ำเทแบบมีการไหลตัวดีขึ้น

4. ช่วยให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างมวลสารในเนื้อดินปั้นขณะทำการเผา เป็นผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อแน่นเป็นเนื้อเดียวกันตลอด (เซรามิกส์, 2545 : 59)

ในการใช้ดินเหนียวมาผสมในเนื้อดินปั้นก็มีข้อเสียบางประการอยู่ด้วย กล่าวคือ

1. ดินเหนียวมีความบริสุทธิ์ต่ำ ย่อมมีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่มาก เช่น มีสารประกอบของพวกอินทรีย์สาร เหล็กออกไซด์ ทิตาเนียมออกไซด์ เป็นต้น โดยเฉพาะถ้ามีสารพวกเหล็กออกไซด์และทิตาเนียมออกไซด์เจือปนอยู่มาก จะทำให้เนื้อดินมีความขาวลดน้อยลง

2. การทำผลิตภัณฑ์โปร่งแสงทำได้ยาก ถ้าหากใช้ดินเหนียวผสมปริมาณมาก ๆ

3. ดินเหนียวมีความหดตัวมาก จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีโอกาสหดตัวสูงหลังจากเผาแล้วจะทำให้บิดเบี้ยวได้ง่าย (โกมล รักษ์วงศ์, 2531 : 10)

คุณสมบัติทางกายภาพของดินเหนียว

1. ขนาด ดินเหนียวมีขนาดละเอียดกว่าดินขาว ขนาดดินเหนียวจะมีขนาดละเอียดแค่ไหนและมากน้อยเพียงใดจะเปลี่ยนแปลงไปตามแหล่งที่พบ คือแหล่งดินที่ถูกพัดพาไปไกลจากแหล่งเดิมมากจะมีการเสียดสี และการบดกันตามธรรมชาติมาก ขนาดของเม็ดดินจะละเอียดมากขึ้นตามลำดับ

2. ความเหนียว กล่าวโดยทั่วไปแล้ว ดินเหนียวมีความเหนียวดีกว่าดินขาว การผสมดินเหนียวลงไปในเนื้อดินปั้นจะช่วยทำให้การขึ้นรูปได้ดีขึ้น

3. การหดตัวเมื่อแห้ง ดินเหนียวมีการหดตัวมากน้อยแตกต่างไปตามแหล่งหรือชนิดของดินเหนียวนั้น เช่น ดินเหนียวที่มี SiO_2 สูงแทบไม่มีการหดตัวเลย แต่ดินเหนียวที่มีอินทรีย์สารสูงจะมีการหดตัวมากประมาณร้อยละ 15 แต่อย่างไรก็ตามเราไม่ใช้ดินเหนียวอย่างเดียวในการผสมเนื้อดินปั้นเราสามารถที่จะทดลองผสมเนื้อดินปั้นขึ้นมาหาส่วนผสมเนื้อดินปั้นที่มีการหดตัววที่เหมาะสมได้

4. ความแข็งแรงก่อนเผา ปกติดินเหนียวจะมีความแข็งแรงกว่าดินขาว ดินเหนียวที่มีความแข็งแรงสูงเมื่อผสมในเนื้อดินปั้นจะช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงสูงตามด้วย

5. คุณสมบัติหลังจากเผา ถ้าเป็นดินเหนียวล้วนๆ คุณสมบัติหลังจากการเผา เป็นต้นว่ามีสีเป็นอย่างไร เนื้อดีหรือไม่อย่างไร ไม่ค่อยสำคัญนัก แต่คุณสมบัติเหล่านี้จะมีผลกระทบกระเทือนเมื่อผสมดินเหนียวลงไปในเนื้อดินปั้น ดินเหนียวบางอย่างมี Mica ประกอบอยู่ เมื่อผสมในเนื้อดินปั้นเมื่อเผา Mica จะทำหน้าที่เป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาในเนื้อดินปั้นทำให้เนื้อผลิตภัณฑ์แน่นและเนียนมากขึ้น (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ, 2539 : 55-56)

3) ดินชนิดอื่นๆ

ดินแดง เป็นดินลักษณะพิเศษ คือ มีปริมาณเหล็กสูง อาจจะมีมากถึงร้อยละ 10 โดยเหล็กจะเป็นตัวทำให้จุดสุกตัวของเนื้อดินลดลงอย่างมาก ใช้ผสมในเนื้อดินสโตนแวร์ สามารถเผาที่อุณหภูมิต่ำกว่าดินสโตนแวร์ดินแดงเป็นดินประเภทหนึ่งที่ไม่มีชั้นหินปกคลุมสามารถเห็นได้ชัดเจน แหล่งที่พบมากคือ สุโขทัย ลำพูน เป็นต้น

ดินมาร์ล เป็นส่วนผสมของดินกับชอล์กตามธรรมชาติ มีลักษณะร่วน เนื้อต่างจากดินอื่นๆ มีส่วนประกอบเป็นพวกแคลเซียมออกไซด์ ที่เป็นตัวลดจุดสุกตัวของดินได้ดี

ดินทนไฟ เป็นดินที่มีความแข็งคล้ายหิน มีความทนไฟสูง พบเกิดหลายแหล่งต่างๆ กันไป ไม่นิยมใช้ในการทำถ้วยเซรามิก แต่ใช้ในการทำวัสดุทนไฟ หรือเฟอร์นิเจอร์ภายในเตา เช่น แผ่นรองผลิตภัณฑ์ในเตาเป็นต้น (ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาภาคเหนือ, 2539 : 13)

ดินเบนโทไนต์ (Bentonite) เป็นดินที่มีคุณสมบัติพิเศษในตัวของมันเมื่อใช้ในปริมาณน้อยจะเพิ่มคุณภาพความเหนียวให้แก่เนื้อดินที่ถูกเติมเช่นเดียวกับการเติมดินบอลล์เคลย์เพื่อเพิ่มความเหนียวในเนื้อดิน ดินเบนโทไนต์นิยมผสมลงในเนื้อดินปอร์ซเลน เพื่อให้เนื้อดินมีความเหนียวขึ้น แต่ถ้าเติมดินเบนโทไนต์มากเกินไปก็จะทำให้เนื้อดินที่ถูกผสมมีสีคล้ำลง (ปุณณรัตน์ พิชญไพบูลย์, 2538 : 11-12)

2.3.3.2 วัตถุดิบที่ไม่มีความเหนียว (Non Plastic Materials)

วัตถุดิบที่ไม่มีความเหนียว ได้แก่ หิน ทราย และแร่ธาตุต่างๆ ที่อยู่ในรูปของออกไซด์ (โกมล รักษ์วงศ์, 2538 : 26) ซึ่งในการทำเซรามิกส์ ในบางครั้งจำเป็นต้องอาศัยวัตถุดิบที่ไม่มีความเหนียวเข้ามาผสมของเนื้อดินด้วยเนื่องจากว่า

1. ในการใช้ดินที่มีความเหนียวมากๆ มีแนวโน้มที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีการบิดเบี้ยวได้ง่ายระหว่างการแห้งและการเผาเนื่องจากความละเอียดของเนื้อดิน การเติมวัตถุดิบที่ไม่มีความเหนียว เช่น ทรายสามารถช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้

2. วัตถุดิบที่ไม่มีความเหนียวบางตัวช่วยทำให้จุดสุกตัวของเนื้อดินมีค่าลดลง

พอที่จะกล่าวได้ว่า ดินยิ่งมีความบริสุทธิ์สูงมากเท่าไร ก็ยิ่งจำเป็นต้องผสมวัตถุดิบที่ไม่มีความเหนียวช่วยมากขึ้นเท่านั้น (ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาภาคเหนือ, 2539 : 13-14)

1) ซิลิก้า (Silica)

ซิลิก้าเป็นสารประกอบระหว่าง Silican กับ Oxygen สารประกอบของซิลิก้าจะรวมตัวกับวัตถุดิบต่างๆ มากมาย เช่น ดิน หินฟันม้า หินเขี้ยวหนุมาน ทาลด์ (Talc) เป็นต้น ซิลิก้าเมื่อนำเอาไปใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรง ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างเปรียบประดุจโครงกระดูกป้องกันการบิดเบี้ยวของผลิตภัณฑ์ได้ดี

โครงสร้างของซิลิก้า ในอะตอมของซิลิก้าจะประกอบด้วย Silicon และ Oxygen มีไอออน (Ions) ของ S^{+4} และ O^{-2} การจับตัวจะมีซิลิก้า 1 ต่อออกซิเจน 4

การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของซิลิกาจะเปลี่ยนแปลงเป็นสองลักษณะคือ โครงสร้างไตรดายไมต์ (Tridymite) และคริสโตบาไลต์ (Cristobalite) ซิลิกา 2 ชนิดนี้เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับความร้อน จัดเรียงอะตอมจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปร่างหนึ่ง รูปร่างแต่ละแบบจะสามารถคงสภาพอยู่ได้ในช่วงอุณหภูมิหนึ่ง การเปลี่ยนแปลงเช่นนี้เรียกว่า ซิลิกาอินเวอร์ชัน (Silica Inversion) การเกิดอินเวอร์ชันมี 2 แบบด้วยกันคือ

1. เกิดการเปลี่ยนแปลงจัดเรียงอะตอมใหม่อย่างมากมาย หรืออาจเรียกว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงรุนแรง จะเกิดคืนสภาพเดิมได้ยาก

2. เกิดการเปลี่ยนแปลงแบบรวดเร็ว เพียงแต่มีการกระทบกระเทือนพันธะเพียงเล็กน้อยก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลง การเปลี่ยนแปลงแบบนี้สามารถทำให้กลับคืนสภาพเดิมได้ง่าย คือ พร้อมที่จะกลับสภาพเดิมได้เสมอ

การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างซิลิกาแบบคริสโตบาไลต์ เตรียมได้จากการนำเอาหินแก้วหรือทรายแก้วไปผสมกับสารประกอบที่เป็นตัวช่วยเร่งปฏิกิริยาและหลอมเป็นของเหลวที่อุณหภูมิไม่สูง สารพวกนี้มักใช้แคลเซียมออกไซด์ (CaO) ประมาณร้อยละ 2 ทำให้เกิดโครงสร้างคริสโตบาไลต์ที่หลวมกว่าหินแก้วหรือทรายแก้ว ในอุณหภูมิเพียง 200-280 องศาเซลเซียส ก็จะเกิดการขยายตัวได้

การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของซิลิกาแบบไตรดายไมต์ เป็นรูปร่างหนึ่งของหินแก้ว ซึ่งสามารถเตรียมได้จากหินแก้วที่ไม่บริสุทธิ์ และใช้สารเร่งปฏิกิริยาเข้าช่วยในการเผาวัตถุดิบชนิดนี้จะเปลี่ยนแปลงโครงสร้างในอุณหภูมิ 117-163 องศาเซลเซียส หรืออาจจะเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นที่อุณหภูมิ 400-500 องศาเซลเซียส

วัตถุดิบที่เป็นสารประกอบของซิลิกา และให้ซิลิกาสูง มีหลายชนิดด้วยกัน ได้แก่ ซิลิมาไนต์ ทราย กรวด หินเขี้ยวหนุมาน เป็นต้น

- หินเขี้ยวหนุมาน (Quartz) เป็นสารที่เกิดจากการตกผลึกของซิลิกา หินเขี้ยวหนุมานเป็นวัตถุดิบที่ให้ซิลิกาสูงมากเกิดร้อยละ 99 มีความถ่วงจำเพาะ 2.7 จุดหลอมละลายตัว 1,710 องศาเซลเซียส มีความแข็ง 7 โครงสร้างเป็นร่างแหสามมิติเป็นรูป 6 เหลี่ยม (โกมล รักษ์วงศ์, 2531 : 22-25) นอกจากนี้กรมวิทยาศาสตร์ (2531 : 140) ยังกล่าวว่า หินเขี้ยวหนุมาน (Quartz) และทรายแก้ว (Silica Sand) เป็นสารประกอบของซิลิกา ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ มีความแข็งแรง ลักษณะของหินเขี้ยวหนุมานที่พบในประเทศไทย มีทั้งชนิดใส ขาวขุ่นทึบ และสีชมพู ในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาจะใช้หินเขี้ยวหนุมานผสมทำเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ นอกจากนั้นยังใช้ในอุตสาหกรรมแก้ว และอุตสาหกรรมวัตถุทนไฟ

การนำเอาหินเขี้ยวหนุมานไปผสมทำเนื้อดินปั้น จะทำให้เนื้อดินปั้นมีความแข็งแรง เป็นโครงสร้างป้องกันการบิดเบี้ยวและการหดตัวของผลิตภัณฑ์ นอกจากนั้นยังเปลี่ยนสภาพเป็นแก้วทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็ง และทำให้เนื้อผลิตภัณฑ์โปร่งแสงได้ ใช้ผสมเคลือบทำให้เคลือบมีความแข็งแกร่ง มีความเป็นแก้ว มีความมันแวววาวดีขึ้น นอกจากหินเขี้ยวหนุมานเป็นวัตถุดิบที่ให้ซิลิกาบริสุทธิ์สูงแล้วยังมีวัตถุดิบอื่นๆ อีกที่ให้ซิลิกาสูงได้แก่ กรวด (Pebble) หินทราย (Sand Stone) ทราย (Sand) วัตถุดิบเหล่านี้นำเอามาใช้แทนหินเขี้ยวหนุมานได้ แต่ความบริสุทธิ์ไม่เท่าเทียม แหล่งวัตถุดิบเหล่านี้พบได้จากจังหวัดจันทบุรี ระยอง สงขลา (โกมล รักษ์วงศ์, 2531 : 25) ซึ่ง ดอกธูป พุทธมงคลและคณะ (2524 : 224) กล่าวว่า ทรายที่มีความบริสุทธิ์สูงหรือมีปริมาณของซิลิกาสูงจะใช้ในการผลิตแก้ว หรือผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ต้องการความขาว ส่วนทรายที่มีความบริสุทธิ์ต่ำกว่าจะใช้ในการผลิตเซรามิกส์ที่ไม่คำนึงถึงสีของผลิตภัณฑ์ เช่น กระถางต้นไม้ อิฐ

- วัตถุดิบกลุ่มซิลิมาไนต์ ไคยาไนท์ และแอนดาลูไซต์ (Silimanite, Kyanite, Andalusite) เป็นวัตถุดิบที่มีสารประกอบของอลูมินาและซิลิกา มีส่วนประกอบทางเคมีเหมือนกัน แต่โครงสร้างแตกต่างกัน

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติวัตถุดิบกลุ่มซิลิมาไนต์ ไคยาไนท์ และแอนดาลูไซต์

คุณสมบัติ	Sillimanite	Kyanite	Andulusite
สูตร	$Al_2O_3SiO_2$	$Al_2O_3SiO_2$	$Al_2O_3SiO_2$
ความถ่วงจำเพาะ	3.23	3.60	3.15-3.16
ความแข็ง	6-7	4-5	7-5
อุณหภูมิที่เผาถึงจุด Vitreous Sillica	1,545ºC	1,350-1,380ºC	1,380-1,400ºC
อุณหภูมิที่เผาถึงจุด Corundum และ Liquid Silica	1,810ºC	1,810ºC	1,810ºC

วัตถุดิบในกลุ่มนี้นิยมใช้เป็นส่วนผสมเนื้อดินปั้นประเภทฉนวนไฟฟ้า เช่น หัวเทียนรถยนต์ และอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงชนิดอื่นๆ และวัตถุทนไฟ เป็นต้น เนื่องมาจากวัตถุดิบในกลุ่มนี้มีสารประกอบของซิลิกา และอลูมินาสูงสามารถทนความร้อนได้ดี

2) อลูมินา (Alumina) เป็นวัตถุดิบที่ใช้มากในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ อลูมินาที่บริสุทธิ์สูงจะได้จากแร่คอรันดัม (Corundum) นอกจากนั้นจะเป็นแร่ที่มีความบริสุทธิ์รองลงมาจะได้จาก บอกไซต์ (Bouxite) ไดอสปอร์ (Diaspore) และกิปป์ไซต์ (Gibbsite) ปกติทั่วไปอลูมินาจะมีอยู่ 2 รูป คือ รูปของ $\propto$ ฟอร์ม และ γ ฟอร์ม (สำหรับอลูมินาที่อยู่ในรูป β ฟอร์มมีน้อยมาก) อลูมินาที่อยู่ในรูปของ β ฟอร์ม จะมีสารประกอบของโซดาอยู่ทำเป็นวัตถุทนไฟไม่ได้เพราะจุดหลอมละลายต่ำ ตัวอย่างเช่น $Na_2O.11Al_2O_3$ อุณหภูมิหลอมละลายประมาณ 500 องศาเซลเซียส (930 องศาฟาเรนไฮด์) อลูมินาจะอยู่ในรูปของ γ ฟอร์ม ในเมื่อเอาไปเผาให้อุณหภูมิถึง 1,150-1,200 องศาเซลเซียส (2,100-2,190 องศาฟาเรนไฮด์) จะเปลี่ยนเป็นรูปของ $\propto$ ฟอร์ม ได้

$$\gamma\, Alu\min a \xrightarrow{1,150-1,200^{\circ}C} \propto Alu\min a$$

อลูมินาที่อยู่ในรูปของ γ ฟอร์ม มีความถ่วงจำเพาะ 4.00

อลูมินาที่อยู่ในรูปของ $\propto$ ฟอร์ม มีความถ่วงจำเพาะ 3.5-3.9

อลูมินาจะมีจุดหลอมละลายในอุณหภูมิ 2,050 องศาเซลเซียส (3,722 องศาฟาเรนไฮด์) มีความแข็งถึง 8 (Mohes, scale) อลูมินาจะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมวัตถุทนไฟ อุตสาหกรรมเครื่องขัดถู (Abrasive) อุตสาหกรรมอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงเป็นต้น

ในธรรมชาติคอรันดัมมีความแข็งมาก อาจจะอยู่ในรูปของพลอย (Gem Stone และ Ruby) มีสารประกอบออกไซด์ของโลหะอื่นปะปนอยู่เล็กน้อย มีจุดหลอมละลาย 2,050-2,240 องศาเซลเซียส อลูมินามีความเฉื่อย (Inert) และทนปฏิกิริยาของกรดและด่างได้ดี แต่สามารถทำปฏิกิริยาได้ดีกับสารจำพวก Fused Caustic Alkalies สารพวกนี้สามารถทำปฏิกิริยากับอลูมินาได้อย่างช้าๆ สารที่สามารถทำปฏิกิริยากับอลูมินา คือ บอแรกซ์ (Borax) และ Sodium Peroxide อลูมินาชนิด γ ฟอร์ม จะทำปฏิกิริยาได้ไวกว่าอลูมินาชนิด $\propto$ ฟอร์ม

ตัวอย่างอลูมินาทำปฏิกิริยากับ Sodium Hydroxide ที่อุณหภูมิ 160-170 องศาเซลเซียส

$$Al_2O_3 + NaOH \rightarrow 2NaAl_2O \rightarrow H_2O$$ (Sodium Aluminiate)

โซเดียมอลูมิเนตเป็นสารที่ไม่คงตัว (Unstable) จะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์ที่อยู่ในแก๊สได้ง่าย (ดังตัวอย่างสมการ)

$$2NaAl_2O + CO_2 + 3H_2O \rightarrow Na_2\left(O_3 2Al(OH)_3\right)$$ (Sodium Aluminiate)

อลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ สามารถเตรียมเป็นอลูมินาได้โดยการนำไปเผาอุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียสขึ้นไป

$$2Al(OH)_3 \xrightarrow{1,000^\circ C} Al_2O_3 + 3H_2O$$

อลูมินาที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาส่วนมากจะอยู่ในรูปของบอกไซด์ จะมีออกไซด์ของสารประกอบอื่นๆ ปะปนอยู่บ้างเล็กน้อย สารประกอบเหล่านี้ได้แก่ โซดา (Na_2O) แคลเซียมออกไซด์ (CaO) เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) ไตตาเนียมออกไซด์ (TiO) และโครมออกไซด์ (Cr_2O_3) จะมีผสมอยู่ไม่เกินร้อยละ 2

นอกจากแร่บอกไซด์แล้วยังมีหินไพโรฟิลไลท์ (Pyrophyllite) เป็นสารประกอบของอลูมิเนียมซิลิเกตที่มีสารประกอบของอลูมินาสูง ส่วนมากจะนำไปทำส่วนผสมของวัตถุทนไฟ กระเบื้อง เป็นต้น (โกมล รักษ์วงศ์, 2538 : 25-33)

3) แร่กลุ่มหินฟันม้า (Feldspthic Group)

หินฟันม้าเป็นวัตถุดิบที่สำคัญ ใช้ทำหน้าที่เป็นตัวหลอมละลาย (Flux) ในอุณหภูมิสูง ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบได้ทั้งสองอย่าง (ทวี พรหมพฤกษ์, 2523 : 62) นอกจากนี้ยังเป็นตัวช่วยเสริมให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นเนื้อแก้วขึ้นระหว่างที่เผาผลิตภัณฑ์และทำให้ผลิตภัณฑ์มีความโปร่งแสงดีขึ้น

- หินฟันม้า (Feldspar)

หินฟันม้า หมายถึง กลุ่มแร่ที่มีส่วนประกอบเป็นพวก อลูมิโนซิลิเกต ของ โปตัสเซียม, โซเดียม และ แคลเซียม (ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาภาคเหนือ, 2539 : 16) สอดคล้องกับ อุบลศรี ชัยสาม และเยาวลักษณ์ นิสสภา (2557 : 15) ที่กล่าวว่า หินฟันม้าหรือแร่เฟลด์สปาร์ หมายถึง กลุ่มแร่ประกอบหินที่มีส่วนประกอบของธาตุโพแทสเซียม โซเดียม หรือแคลเซียม อลูมิโนซิลิเกต เกิดจากการแปรสภาพของหินแกรนิตมาเป็นหินฟันม้า คุณสมบัติทางกายภาพทั่วไป มีแนวแตก 2 ทิศทางตั้งฉากกันโดยประมาณ มีความวาวแบบแก้ว ความแข็ง 6-6.5 ความถ่วงจำเพาะ 2.55-2.76 อาจจะมีสีต่างๆ เช่น สีขาว, สีเทา, สีเหลือง หรือสีชมพู ขึ้นอยู่กับมลทินที่ปะปนอยู่ และมีจุดหลอมตัวประมาณ 1000-1522 องศาเซลเซียส ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามส่วนประกอบของแร่ สามารถจำแนกออกมาเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

1. อัคคาไล เฟลสปาร์ (Alkali Fesdspar) มีส่วนประกอบแปรผันระหว่าง $K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$ และ $Na_2O.Al_2O_3.6SiO_2$

2. พลาจิโอคลาส เฟลสปาร์ (Plagioclass Feldspar) มีส่วนประกอบระหว่าง $\mathrm{CaO}.Al_2O_3.6SiO_2$ และ $Na_2O.Al_2O_3.6SiO_2$

ในทางเซรามิกส์ที่ใช้ทั่วไปนั้นจะเป็นแร่ที่เรียกว่า หินฟันม้าโปแตส (Potash Feldspar) หรือ ออร์โทเคลส (Orthoclase) กับหินฟันม้าโซดา (Soda Feldspar) หรืออัลไบต์ (Albite) สำหรับหินฟันม้าโซดา จะมีจุดหลอมเหลวต่ำและมีความหนืดน้อยกว่าหินฟันม้าโปแตส โดยมากจะใช้ในเคลือบและผสมในเนื้อดินเพื่อให้ความโปร่งแสงดีขึ้น (ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาภาคเหนือ, 2539 : 16) ซึ่งตรงกับ กรมทรัพยากรธรณี (2526 : 326) ที่กล่าวว่า หินฟันม้าชนิด โซเดียมเฟลด์สปาร์ (Sodium Feldspar) นิยมใช้เป็นวัตถุดิบผสมในเคลือบหรือแก้วเท่านั้น สำหรับ อะนอร์ไทต์ (Anorthite) หรือหินฟันม้าแคลเซียม (Calcium Feldspar) จะมีโครงสร้างที่คล้ายกับหินฟันม้าโปแตสและหินฟันม้าโซดา แต่ไม่ค่อยพบมากนักส่วนมากจะเกิดบริเวณที่หินแปรสัมผัสกับหินปูน หรือไม่ก็เป็นผลผลิตจากการเผาเนื้อผลิตภัณฑ์เซรามิกส์เองมากกว่า เรามักไม่พบแร่บริสุทธิ์จะมีทั้ง โซดา, โปแตส และแคลเซียม ปะปนกันซึ่งจะมีอัตราส่วนที่แตกต่างกันออกไป เนื่องจากสารประกอบทั้งสามนี้มีการละลายซึ่งกันและกันในขณะที่เป็นของแข็ง

หินฟันม้าเป็นกลุ่มแร่ที่พบอยู่เป็นจำนวนมากบนเปลือกโลก เกิดในขณะที่มีการตกผลึกของหินอัคนี ในประเทศไทย พบอยู่ในหินแกรนิต เพกมาไทต์ และแหล่งใหญ่ของแพกมาไทต์ อยู่ที่จังหวัดราชบุรี เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน กาญจนบุรี และตาก

หินประเภทที่มีหินฟันม้า (Feldspar-bearing Rocks)

หมายถึง หินที่มีหินฟันม้าเป็นส่วนประกอบ ได้แก่ กลุ่มของเนฟฟิลีนไซไนต์ (Nepheline Syenite) ซึ่งเป็นหินที่ประกอบด้วย หินฟันม้าโปแตส และโซดา ปกติเนฟฟิ

ลีนไซไนต์ เป็นแร่ที่หายาก สูตรทางเคมีคือ $NaAlSiO_4$ หลอมตัวได้ง่ายและแปรสภาพไปเป็นแร่อื่นได้ง่าย สามารถใช้แทนหินฟันม้าได้

เพกมาไทต์ เป็นหินที่ให้หินฟันม้าและควอตซ์ ส่วนประกอบเป็นพวกหินฟันม้า โปแตส และควอตซ์ มักจะทำการแยกออกจากกันและนำมาใช้งานเป็นตัวๆ ไป

คอร์นิชสโตน (Cornish Stone) เป็นเพกมาไทต์ที่พบในประเทศอังกฤษ ส่วนประกอบจะมีทั้งหินฟันม้า ไมกา ควอตซ์ และมีแร่ของฟลูออรีนเป็นส่วนประกอบจึงอาจพบ ฟลูโอสปาร์ (Fluospar) โทแปซ (Topaz) ปะปนอยู่ด้วยและจากเหตุนี้เองที่เป็นตัวจำกัดขอบเขตการใช้งานของคอร์นิชสโตน เนื่องจากการสลายตัวของฟลูออรีน เป็นอันตรายไม่เพียงแต่ต่อผลิตภัณฑ์เท่านั้นยังครอบคลุมไปถึงวัตถุทนไปของเตาอีกด้วย

อะนอร์โทโซต์ (Anorthosite) เป็นหินที่ประกอบด้วยแร่อัลไบต์ (Albite) หรือหินฟันม้าโซดา (Soda Feldspar) และอะนอร์ไทต์ (Anorthite) หรือหินฟันม้าแคลเซียม (Calcium Feldspar) เหมาะสมที่จะเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์เนื้อปอร์ซเลนประเภทเผาเร็ว (Fast Firing)

ไมกา (Mica) เป็นแร่ที่มีลักษณะเป็นแผ่น เกิดร่วมกับควอตซ์ และหินฟันม้า ในหินอัคนีทั่วไป เช่น แกรนิต (Granite) และเพกมาไทต์ (Pegmatite) ที่มักจะพูดถึงมี 2 ชนิด คือ มัสโคไวท์ (Muscovite หรือ White Mica) และไบโอไทต์ (Biotite หรือ Black Mica) เป็นส่วนที่จะถูกคัดทิ้งออกเนื่องจากมีสิ่งเจือปนของเหล็ก ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของงานเซรามิกส์โดยทั่วไป แต่ก็ได้มีการทดสอบนำมาใช้แทนหินฟันม้า ในอัตราส่วนประมาณร้อยละ 5-25 ในการทำผลิตภัณฑ์ประเภทไฟต่ำ เอิร์ทเทนแวร์ (Earthenware) พบว่าช่วยในการลดจุดสุกตัวของเนื้อผลิตภัณฑ์ได้

สปอดูมีน (Spodumene) เป็นแร่ที่มีลิเทียมเป็นองค์ประกอบอยู่สูตรเคมีคือ $Li_2O.Al_2O_3.4SiO_2$ มี ลิเทียมออกไซด์ (LiO) ร้อยละ 8.0 อลูมินา (Al_2O_3) ร้อยละ 27.4 และซิลิกา (SiO_2) ร้อยละ 64.6 โดยอาจจะมีโซเดียม (Na) จำนวนเล็กน้อยเข้าไปแทนที่ลิเทียม แร่นี้เป็นแร่ที่ใช้ในการผสมทำเนื้อผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ เนื่องจาก ลิเทียม (Li) มีลักษณะพิเศษ 2 ประการคือ หลอมตัวได้ดีมาก จึงใช้ในการลดจุดหลอมตัวของเนื้อผลิตภัณฑ์ และให้ค่าการขยายตัวต่ำมาก จึงใช้ทำเนื้อผลิตภัณฑ์ในครัวโดยสามารถสัมผัสความร้อนได้โดยตรง แร่นี้จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกับหยก

การนำแร่ในกลุ่มหินฟันม้ามาใช้งานเซรามิก

วิธีการที่จะนำแร่หินฟันม้ามาใช้นั้น เดิมทีจะเป็นเหมืองที่มีหินฟันม้าคุณภาพสูง มีสิ่งเจือปน หรือแร่อื่นๆ ต่ำ สามารถคัดหรือแยกแร่ด้วยมือได้ ต่อมาเหมืองแบบนี้ค่อยๆ หมดไป ทำให้ต้องหาหินฟันม้าจากแหล่งใหม่ซึ่งส่วนใหญ่ก็จะเป็นการแยกหินฟันม้าจากเพกมาไทต์ หรือ แกรนิต ซึ่งจะควอตซ์ และไมกา ปะปนอยู่ด้วย จำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนขบวนการแยกแร่ด้วยมือ มาเป็นการลอยแร่ (Floatation) ขบวนการลอยแร่สามารถที่จะแยกแร่

หินฟันม้า ออกจากควอตซ์ ไมกา ได้ดี ทำให้ได้หินฟันม้าที่บริสุทธิ์และคงที่ นอกจากนี้ยังมีการแยกหินฟันม้าโปแตสออกจากหินฟันม้าโซดาอีกครั้งหนึ่งโดยวิธีลอยแร่ (Froth Floatation) (ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาภาคเหนือ, 2539 : 17-18)

4) สารประกอบของแคลเซียมและแมกนีเซียม

สารประกอบของแคลเซียมและแมกนีเซียม เป็นวัตถุดิบที่มีความสำคัญอย่างหนึ่งที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ สารประกอบของแคลเซียมและแมกนีเซียมอยู่ในแร่ต่างๆ มากมาย หลายชนิด แต่ละชนิดก็มีคุณสมบัติแตกต่างกันไป โครงสร้างแตกต่างกัน วัตถุดิบเหล่านี้ ได้แก่ หินปูน (Lime Stone) โดโลไมท์ (Dolomite) วูลลาสโตไนท์ (Wollastonite) ขี้เถ้ากระดูก (Bone Ash) แมกนีไซต์ (Magnesite) คอร์เดียไรต์ (Cordierite) เป็นต้น

หินปูน (Lime Stone) เป็นวัตถุดิบที่ใช้ผสมน้ำเคลือบเพื่อให้เป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิและทำให้เคลือบมีความแข็ง หินปูนเป็นสารประกอบของ Calcium Carbonate ($CaCO_3$) ซึ่งส่วนประกอบทางเคมีดังนี้

CaO ร้อยละ 56.03

CO_2 ร้อยละ 43.79

แคลเซียมคาร์บอเนตมีน้ำหนักโมเลกุล 100.09 สามารถเผาไล่คาร์บอนไดออกไซด์ ได้ในอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส (1,652 องศาฟาเรนไฮด์) ให้เปลี่ยนสภาพเป็น CaO

$$CaCO_3 \xrightarrow{900^\circ C} CaO + CO_2$$

หินปูนมีความถ่วงจำเพาะประมาณ 2.7 มีความแข็งระหว่าง 2.3 การนำหินปูนไปใช้ผสมในน้ำเคลือบจะทำให้เคลือบเพิ่มความแข็งสูงขึ้นและหินปูนยังเป็นวัตถุดิบที่เป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิในน้ำเคลือบไฟสูง

โดโลไมต์ (Dolomite) เป็นสารประกอบของแมกนีเซียมคาร์บอเนตกับแคลเซียมคาร์บอเนตมีสูตรทางเคมีคือ $MgCa\left(CO_3\right)_2$ มีความถ่วงจำเพาะ 2.8-2.9 มีความแข็ง 3.5-4 นำความร้อนได้ถึง 1,700 องศาเซลเซียส (3,092 องศาฟาเรนไฮด์) ใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้น น้ำเคลือบและวัตถุทนไฟ ซึ่งมีส่วนประกอบทางเคมีดังนี้

$CaCO_3$ ร้อยละ 56

$MgCO_3$ ร้อยละ 44

$$MgCa\left(CO_3\right) \rightarrow CaO + MgO + H_2O \rightarrow Ca\left(OH\right)_2 + Mg\left(OH\right)$$

(Dolomite) (Slaked dolomite)

จากสมการจะเห็นได้ว่าโดโลไมต์จะเริ่มแตกตัวตั้งแต่อุณหภูมิ 500-1,000 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส แมกนีเซียมคาร์บอเนตเริ่มแตกตัวเป็นแคลเซียมออกไซด์เริ่มในอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส

ทาล์ค (Talc) เป็นสารประกอบของไฮเดรท แมกนีเซียม ซิลิเกต มีสูตรทางเคมี คือ $3MgO.4SiO_2$ เป็นวัตถุดิบที่มีความแข็ง 1 มีความถ่วงจำเพาะระหว่าง 2.6-2.8 เป็นวัตถุดิบที่หดตัวน้อยมากประมาณ 4.5 x 10^{-6} มีจุดหลอมละลายตัว 1,490 องศาเซลเซียส (2,714 องศาฟาเรนไฮต์)

$3MgO$	ร้อยละ 31.8
$4SiO_2$	ร้อยละ 63.5
H_2O	ร้อยละ 4.7

ทาล์คอาจจะมีสารอื่นๆ ปะปนอยู่ได้แก่ อลูมินา เหล็กออกไซด์ หินปูน อัลคาไล เป็นต้น เมื่อเผาในอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส น้ำในโมเลกุลก็จะสลายตัวจนกระทั่งถึงอุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส สามารถเขียนปฏิกิริยาการแตกตัวเมื่อได้รับความร้อนดังนี้

$$Mg_3Si_4O_{10}\left(OH\right)_2 \xrightarrow{900^\circ C} 3MgSiO_3 + SiO_2 + H_2O$$

(โกมล รักษ์วงศ์, 2538 : 38-40)

5) เถ้ากระดูก (Bone Ash)

เถ้ากระดูกหรือโบนแอชเป็นวัตถุดิบที่ใช้เตรียมเนื้อดินปั้นโบนไชนาโดยเฉพาะ ทำมาจากเถ้ากระดูกของวัวหรือควายบดละเอียด มีจุดหลอมละลายประมาณ 1,300 องศาเซลเซียส

สูตร $Ca_3\left(PO_4\right)_2$ หรือ $3CaO.P_2O_5$

เถ้ากระดูกเตรียมจากกระดูกวัวหรือควายชิ้นใหญ่ๆ นำมาต้มจนเปื่อย ล้างเอาไขกระดูกเอ็นและอินทรีย์สารออก ผลผลิตจากไขกระดูกนำไปผลิตกาวหนังได้ ต่อจากนั้นกระดูกถูกนำมาเผาในอุณหภูมิประมาณ 900 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศสันดาปสมบูรณ์ เพื่อเผาไหม้อินทรีย์สารในกระดูกให้กลายเป็นเถ้ากระดูก ปริมาณของอินทรีย์สารที่เหลือค้างในเถ้ากระดูก มีความสำคัญมาก ถ้ามีอยู่มากเกินไปจะทำให้เกิดฟองมากเมื่อนำมาเตรียมน้ำดินหล่อซึ่งต้องนำมาผสมกับวัตถุดิบอื่นที่มีด่างเจือปน ดังนั้นปริมาณอินทรย์สารที่ตกค้างอยู่ในเถ้ากระดูกหลังการเผาต้องควบคุมให้อยู่ในปริมาณที่พอดี เพราะอินทรีย์สารช่วยเพิ่มความเหนียวในเนื้อดินได้ การควบคุมการเผาต้องให้ เถ้ากระดูกมีความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.8-2.0 ซึ่งเป็นเกณฑ์มาตรฐานของโรงงานที่ผลิตเถ้ากระดูกขาย ในประเทศอังกฤษ

เนื้อดินโบนไชน่าจะต้องเลือกกระดูกสัตว์ชนิดที่มีแร่เหล็กปนอยู่ในปริมาณน้อย เช่น กระดูกวัว และกระดูกควาย ส่วนกระดูกม้าและกระดูกหมูมีแร่เหล็กปนอยู่มากทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเหลืองหมองคล้ำไม่ขาวบริสุทธิ์เหมือนกระดูกวัวและควาย

กระดูกที่เผาแล้วถูกบดให้ละเอียดในหม้อบดบอลมิลชนิดบดเปียกโดยมีความละเอียดเล็กกว่า 0.1 ไมครอนร้อยละ 75-80 นำมาดูดเอาแร่เหล็กออกแล้วนำไปหมักไว้ 3-4 สัปดาห์ เพื่อให้เถ้ากระดูกเกิดความเหนียวเพิ่มขึ้นต่อจากนั้นสูบน้ำใสๆ ตอนบนทิ้ง แล้วนำเถ้ากระดูกมาอบให้แห้งโดยควบคุมความชื้นให้เหลืออยู่ร้อยละ 12 ในเถ้ากระดูกประกอบด้วยแคลเซียมฟอสเฟต (Calcium Phosphate) ร้อยละ 67-85 แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate) ร้อยละ 3-10 แมกนีเซียมฟอสเฟต (Magnesium Phosphate) 2-3 และมีด่างที่ละลายน้ำได้พวกแคลเซียมฟลูออกไรด์และคอสติดไลม์อีกเล็กน้อย หลังจากเผา ถ้ากระดูกจะทำปฏิกิริยากับเนื้อดิน กลายเป็นแคลเซียมเฟลด์สปาร์ หรือ อะนอร์ไทท์ ซึ่งทำให้เนื้อดินเกิดความโปร่งแสง

แคลเซียมฟอสเฟตนอกจากจะได้จากการเผา กระดูกสัตว์แล้วยังได้จากแหล่งแร่ธรรมชาติอีกคือแร่อะปาไทท์ (Apatite) และยังมีที่มาของแคลเซียมฟอสเฟตอีกอย่างหนึ่งซึ่งได้มาโดยวิธีการสังเคราะห์วัตถุดิบโซเดียมฟอสเฟต และแคลเซียมคอลไรด์เข้าด้วยกัน วัตถุสังเคราะห์นี้มีชื่อเรียกทางเคมีว่า ไตรแคลเซียมฟอสเฟต (Tricalcium phosphate)

ประโยชน์

1. ใช้ผสมในเนื้อดินโบนไชน่า (Bone China) เพื่อเพิ่มความขาวและความโปร่งแสงให้กับเนื้อดิน

2. ใช้ผสมในน้ำเคลือบอุณหภูมิสูงเพื่อเป็นตัวเร่งสีเคลือบบางสี และเป็นตัวทำให้เคลือบเกิดสีขาวขุ่นในเคลือบใส (ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์, 2541 : 70-71)

ฟลูออสปาร์ (Fluorspar (Fluorite)) เป็นสารประกอบของแคลเซียมกับฟลูออไรด์ (CaF_2) มีน้ำหนักโมเลกุล 78.08 มี CaO ร้อยละ 71.82, F_2 ร้อยละ 48.67 มีความถ่วงจำเพาะ 3.2 มีจุดหลอมละลายตัว 1,360 องศาเซลเซียส (2,480 องศาฟาเรนไฮด์) มีความแข็ง 4 สามารถละลายน้ำได้ที่ 18 องศาเซลเซียส 0.0016 g/100 ml และที่ 25 องศาเซลเซียส 0.0017 g/100 ml ใช้สำหรับผสมในเนื้อดินปั้นและเคลือบจะทำหน้าที่เป็นตัวช่วยหลอมละลาย (Flux) แต่ถ้าหากใช้ผสมในเคลือบมากๆ อาจจะทำให้เกิดรูเข็ม (Pinholes) ได้หรืออาจจะทำให้เกิดตำหนิบนผิวเคลือบได้เนื่องจากในขณะเผาจะมีแก๊สออกมาอย่างรวดเร็ว

แมกนีไซด์ Magnesite ($MgCO_3$) เป็นสารประกอบของ Magnesium carbonate มี MgO ร้อยละ 47.80, CO_2 ร้อยละ 52.20 เป็นวัตถุดิบที่ทนความร้อนได้สูงถึง 1,600-1,800 องศาเซลเซียส (2,912-3,272 องศาฟาเรนไฮด์) สามารถนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมวัตถุทนไฟได้ดี ถ้าหากใช้เป็นส่วนผสมของเคลือบจะเป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิ ลด

สัมประสิทธิ์ของการขยายตัวของเคลือบ ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นจะมีผลเช่นเดียวกับเคลือบ ปกติแมกนีไซด์จะเกิดในแหล่งที่มีหินฟันม้าและหินปูน แมกนีเซียมคาร์บอเนตจะเริ่มแตกตัวเป็นแมกนีเซียมออกไซด์ในอุณหภูมิ 1,500 องศาเซลเซียส

$$MgCO_3 \xrightarrow{1,500^\circ C-1,600^\circ C} MgO + CO_2$$

แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) มีความถ่วงจำเพาะ 3.65 จุดหลอมละลายตัว 2,800 องศาเซลเซียส แมกนีเซียมออกไซด์นอกจากได้มาจากสินแร่แล้วยังเตรียมได้จากน้ำทะเล (โกมล รักษ์วงศ์, 2531 : 56-59)

สารประกอบของโซเดียมโปตัสเซียมและลิเทียม

1. สารประกอบของโซเดียม เป็นตัวช่วยหลอมละลายสารพวกซิลิก้าได้ดี สามารถลดจุดหลอมละลายของซิลิก้าให้เป็นแก้วได้อย่างดี สารประกอบพวกนี้แบ่งออกได้ดังนี้

1.1 เกลือแกง (Sodium Choride) เป็นสารประกอบระหว่างโซเดียมกับคลอรีน (NaCl) สามารถใช้ทำน้ำเคลือบได้เรียกกันว่า “Salt Glaze” โดยที่นำเอาเกลือแกงไปซัดเข้าในช่องเผาไหม้ของเตาเผา (Fire Box) ในขณะที่อุณหภูมิประมาณ 1,050-1,100 องศาเซลเซียส จะทำให้เกลือแกงเกิดการแตกตัวสลายกลายเป็นไอโซเดียมจะแยกตัวออกจากคลอรีน โซเดียมจะไปเกาะติดกับผลิตภัณฑ์ ส่วนคลอรีนก็จะระเหยกลายเป็นไอไป ในเมื่อโซเดียมเป็นด่างทำหน้าที่เป็น Flux จะไปทำปฏิกิริยากับผิวผลิตภัณฑ์ก็จะเกิดเป็นเคลือบขึ้นได้ เนื่องมาจากเนื้อผลิตภัณฑ์เป็นดินซึ่งเป็นสารประกอบของ Aluminium และ Silica ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นกลางและเป็นกรด ดังนั้นเมื่อมีส่วนผสมของโซเดียมซึ่งเป็นด่าง สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาเป็นเคลือบได้ เนื่องจากเคลือบจะต้องมีสารประกอบของ ด่าง กลาง กรด ผสมกันก็จะทำให้เกิดเคลือบขึ้นได้ เคลือบที่เกิดขึ้นจะเป็นสีของเนื้อดินปั้นที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์ชนิดนั้นๆ

1.2 Sodium Carbonate (Na_2CO_3) ซึ่งเรียกว่า Soda Ash เป็นสารที่มีความบริสุทธิ์สูงเป็นด่างอย่างแรง สามารถเตรียมได้จากน้ำทะเล หรือเตรียมจาก Ammonia-carbodi Oxide Process เป็นวัตถุดิบที่ราคาไม่แพง ละลายน้ำได้ดี ใช้เป็นส่วนผสมของเคลือบได้ ทำหน้าที่เป็น Flux นอกจากนั้นสามารถนำไปใช้เป็นตัวทำหน้าที่เป็นตัวทำให้กระจาย (Deflucalant) ในน้ำสลิปได้ด้วย การนำเอาโซเดียมคาร์บอเนตไปใช้ผสมน้ำเคลือบให้ได้ผลดี ควรจะเปลี่ยนสภาพให้ไปอยู่ในรูปของ Frit เพราะสารชนิดนี้ละลายน้ำได้ดี

1.3 Sodium Nitrate ($NaNO_3$) หรือเรียกกันว่า “Soda Niter” เป็นวัตถุดิบที่ราคาแพงกว่าโซเดียมคาร์บอเนต เป็นวัตถุดิบที่เป็น Flux อย่างดีควรจะนำไปทำให้อยู่ในรูปของ Frits เนื่องจากเป็นสารละลายน้ำได้

1.4 บอแรกซ์ Borax ($Na_2O.B_2O.10H_2O$ หรือ $Na_2B_4O_7.10H_2O$ มีชื่อทางเคมีว่า “Sodium Tetraborate” มีลักษณะเป็นผลึกคล้ายๆ กับผงชู

รส เป็นตัวช่วยหลอมละลายเอย่างแรงและเป็นสารละลายน้ำได้ เป็นตัวทำปฏิกิริยาช่วยให้เกิดสีได้ เป็นตัวช่วยทำให้เคลือบไหลตัวได้ดี ถ้าหากนำไปผสมกับน้ำเคลือบไฟสูงประมาณไม่เกินร้อยละ 10 จะทำให้ผิวเคลือบมีความเรียบมันและมีโอกาสเกิดรอยรูเข็มได้น้อยลง

ส่วนประกอบของ Borax มีดังนี้

Sodium Oxide	ร้อยละ 16.3
Boric Oxide	ร้อยละ 36.5
Water of Crystallization	ร้อยละ 47.2

การนำเอา Borax ไปใช้ผสมน้ำเคลือบให้ได้ผลดีควรจะเปลี่ยนสภาพให้เป็น Frites เนื่องจาก Borax ละลายน้ำได้ ถ้าหากจะนำเอา Borax มาผสมทำเคลือบดิบ ก็สามารถทำได้โดยที่ทำน้ำเคลือบในอุณหภูมิต่ำๆ การทำน้ำเคลือบดิบใช้ Borax เป็นส่วนผสมจะต้องทำให้น้ำเคลือบมีความเข้มข้นสูงๆ จึงจะได้ผลดี

1.5 Cullet (Approximate Composition 0.5 $Na_2O.0.5CaO.SiO_2$) เป็นเศษแก้วธรรมดา ซึ่งได้มาจากขวดกระจก หรืออาจจะใช้เศษแก้วแตกประเภทอื่นๆ ก็ได้ แต่ส่วนประกอบจะแตกต่างกัน เนื่องจากการนำแก้วประเภทใดย่อมจะมีส่วนผสมที่แตกต่างกัน การทำแก้วส่วนมากจะใช้ส่วนผสมของ Soda Lime กับ Silica เป็นหลัก เศษแก้วสามารถนำเอาไปบดผสมทำน้ำเคลือบได้ จะทำหน้าที่เป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิ ถ้าหากเป็นแก้วสีก็สามารถทำให้เคลือบเกิดเป็นสีนั้นๆ ได้ โดยที่ไม่ต้องเติมออกไซด์ที่ทำให้เกิดเป็นสีลงในเคลือบ เศษแก้วใช้ผสมในเคลือบจะทำให้เคลือบไหลตัวได้ดีด้วย

1.6 Cryolite (Na_3AlF_6) เป็นวัตถุดิบที่เป็น Flux และทำหน้าที่เป็นตัวทำให้เกิดทึบ (Opacifier) สามารถนำมาผสมทำน้ำเคลือบได้ แต่นิยมใช้กันมากในวงการอุตสาหกรรมโลหะเคลือบ (Enamels) วัตถุดิบชนิดนี้ราคาแพงเนื่องจากต้องซื้อจากต่างประเทศ จะพบมากในกรีนแลนด์

2. สารประกอบของ Potassium เป็นวัตถุดิบที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งที่นำมาใช้ผสมน้ำเคลือบ มีทั้งสารประกอบที่ละลายน้ำได้ และไม่ละลายน้ำ เป็นวัตถุดิบที่ทำหน้าที่เป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิ และอาจนำไปใช้เป็นตัวช่วยขับสี ทำให้เกิดสีบางสีได้

2.1 Potassium carbonate (K_2CO_3) หรือเรียกกันว่า “Pearl Ash” เป็นสารที่ละลายน้ำได้ง่าย สารชนิดนี้อาจจะมีสารประกอบตัวอื่นผสมอยู่บ้างเล็กน้อย เช่น Potassium Chloride และ Potassium Sulphate การที่จะนำไปใช้งานให้ได้นั้นควรจะทำเป็น Frites

2.2 Potassium Nitrate (KNO_3) หรือเรียกว่า Saltperter and Niter ถ้าหากเอาไปใช้งานผสมเคลือบในรูปของเคลือบดินจะเป็นตัว Oxidizing Agent เป็นสารละลายได้

2.3 Potassium di Chromate ($K_2Cr_2O_7$) ปกติวัตถุดิบชนิดนี้จะมีสีและเป็นสารละลายน้ำได้ จะนำไปใช้ทำสีสำเร็จรูปได้ โดยเฉพาะสีชมพู ม่วง สีเลือดหมู

3. สารประกอบของ Lithium เป็นวัตถุดิบชนิดหนึ่งที่นิยมใช้เป็นส่วนผสมของน้ำเคลือบ แต่สารประกอบของ Lithium จะมีราคาสูงกว่าสารประกอบของ Sodium และ Potassium ลิเทียมเป็นสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อย หนัก 6.94 เท่านั้น การใช้ Lithium ผสมในเคลือบจะลดการขยายตัวและเพิ่มความคงทนให้แก่เคลือบ และยังเป็นวัตถุดิบที่ทำหน้าที่เป็น Flux เช่นเดียวกับสารประกอบของโซเดียมและโปตัสเซียม สารประกอบของ Lithium มีดังนี้

3.1 Lepidolite ($LiF.KF.Al_2O_3.3SiO_2$) หรือเรียกว่า Lithium Mica จะมีลิเทียมอยู่ร้อยละ 6 แต่ในทางการค้า (Commercial Grades) มีลิเทียมแค่ร้อยละ 3 เท่านั้น จะนิยมใช้มากในอุตสาหกรรมแก้ว

3.2 Spodumene ($Li_2O.Al_2O_3.4SiO_2$) หรือ Lithium Feldspar จะมีลิเทียมอยู่ประมาณร้อยละ 6 และสารประกอบของโซเดียมและโปเตสเซียมอยู่ด้วย Spodumene เป็นสารทนไฟเนื่องจากมีสารประกอบของอลูมิน่าเปอร์เซ็นต์สูง และใช้เป็น Flux ผสมในเคลือบอุณหภูมิสูงเท่านั้น

3.3 Amblygonite ($Li.ALF.PO_4$) เป็นวัตถุดิบที่สารประกอบของลิเทียมอยู่ประมาณร้อยละ 8 ถ้าหากใช้ผสมในน้ำเคลือบจะเป็น Flux อย่างดี ทำให้เคลือบมีความเป็นมันแวววาวสูงเพราะว่ามีสารประกอบของ Fluorine และ Phosphoric Oxide อยู่ด้วย และเป็นตัวช่วยให้เคลือบเกิดทึบด้วย เหมาะสำหรับผสมในน้ำเคลือบทึบ (Opaque Glazes)

3.4 Lithium Carbonate (Li_2CO_3) เป็นวัตถุดิบที่ละลายน้ำได้ มีลักษณะเป็นผลึกสีขาวมีน้ำหนักเบา ถ้าหากใช้ผสมในน้ำเคลือบจะช่วยให้น้ำเคลือบมีความแวววาวขึ้น เพิ่มความแข็ง ลดการดูดซึมของของเหลว เช่น ใช้ผสมในน้ำเคลือบผลิตภัณฑ์ ประเภทชุดอาหาร สุขภัณฑ์ Electric Porcelain เป็นต้น การใช้ลิเทียมคาร์บอเนตสามารถใช้ได้ตั้งแต่ร้อยละ 0.5 ก็สามารถทำให้เคลือบเรียบเป็นมันได้ ลดการเกิดรูเข็ม ให้น้อยลงได้ (โกมล รักษ์วงศ์, 2531 : 63-83)

4. สารที่ให้สีทางเซรามิกส์ (Ceramic Colorants)

สีต่าง ๆ ในน้ำเคลือบเกิดได้จากการผสมออกไซด์ของโลหะที่มีคุณสมบัติในการให้สีลงในส่วนผสม หรือได้จากการผสมพวกผงสีสำเร็จรูป (Pigments หรือ Stains)

- ออกไซด์ที่ให้สี

พลวงออกไซด์ (Antimony Oxide) ใช้ในรูปของแอนทิโมนีออกไซด์ (Sb_2O_3) จะให้สีเหลืองและสีส้มแก่เคลือบเมื่อใช้ร่วมกับเหล็กออกไซด์หรือตะกั่วออกไซด์ ถ้าใช้เดี่ยว ๆ จะไม่ให้สีหรือสีไม่แจ่มชัด ใช้กันประมาณร้อยละ 3-5

โครมิกออกไซด์ (Chromic Oxide) เป็นตัวให้สีที่รุนแรงตัวหนึ่ง (Strong Colorant) ถ้าใช้ในเคลือบไฟต่ำกว่า Cone 010 จะให้สีแดงสดใส แต่ถ้าใช้ในเคลือบไฟสูงจะให้สีเขียว และจะให้สีน้ำตาลถ้ามีเปอร์เซ็นต์ของสังกะสีออกไซด์ปนอยู่ด้วย ใช้กันประมาณร้อยละ 2-5 ที่ใช้อยู่ในรูปของโครเมียมคาร์บอเนต ($Cr_2(CO_3)_3$) โพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) และเหล็กโครเมต ($FeCrO_4$) ถ้าใช้ในเคลือบตะกั่วที่มีอะลูมินาและซิลิกาน้อยๆ เผาที่อุณหภูมิ Cone 012-010 จะได้สีแดงเข้ม (Vermilion Red) ถ้าเผาที่อุณหภูมิ Cone 06 จะได้สีน้ำตาล และจะได้สีเขียวเมื่อเผาที่อุณหภูมิ Cone 12 แต่ถ้าใช้เป็นส่วนผสมในการทำสีใต้เคลือบโดยให้มีส่วนผสมของดีบุกออกไซด์ผสมอยู่ด้วย และเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส จะได้สีชมพูจนถึงแดง และถ้ามีสังกะสีออกไซด์ปนอยู่ด้วยจะได้สีน้ำตาล

โคบอลต์ออกไซด์ (Cobalt Oxide) เป็นสารที่ให้สีรุนแรงที่สุด ใช้ในเคลือบประมาณร้อยละ 0.5 จะให้สีน้ำเงินและไม่ควรใช้เกินร้อยละ 3 เพราะถ้าใช้มากจะทำหน้าที่เป็นตัวทนไปและราคาแพงมาก ถ้าใช้ร่วมกับ Rutile และเผาที่อุณหภูมิสูงจะให้สีเขียว และเมื่อใช้ร่วมกับแมงกานีสออกไซด์กับเหล็กออกไซด์จะให้สีดำ ที่ใช้กันมักอยู่ในรูปของโคบอลต์คาร์บอเนต ($CoCO_3$) และโคบอลต์ออกไซด์ (Co_3O_4)

ทองแดงออกไซด์ (Copper Oxide) ที่ใช้กันมักเป็นทองแดงออกไซด์สีดำ (Black Copper Oxide or Cupric Oxide) สูตรทางเคมี คือ CuO ทองแดงออกไซด์สีแดง (Red Copper Oxide or Cuprous Oxide) สูตรทางเคมี คือ Cu_2O และในรูปทองแดงคาร์บอเนต (Copper Carbonate) สูตรทางเคมี คือ $CuCO_3$ ทองแดงออกไซด์เป็นสารสำคัญตัวหนึ่งที่ให้สีเขียวในเคลือบถ้าเผาในภาวะมีอากาศมากเกินพอ (Oxidizing) และใช้ในเคลือบตะกั่วร้อยละ 1-6 จะได้สีเขียวแอปเปิลหรือสีเขียวใบหญ้า ถ้าใช้ในน้ำเคลือบแอลคาไลน์ (Alkaline Glazes) ที่มีโซเดียมออกไซด์สูงๆ มีอะลูมินาน้อยๆ และไม่มีตะกั่วหรือสังกะสีออกไซด์ปนอยู่ เผาในสภาวะที่มีควันหรือมีอากาศน้อยๆ (Reducing) จะได้สีแดง (Copper Red) ซึ่งใช้กันไม่เกินร้อยละ 3 จึงจะได้ผลดี และถ้ามีดีบุกออกไซด์อยู่ด้วยจะดียิ่งขึ้น ทองแดงออกไซด์นี้ถ้าใช้เกินร้อยละ 6 จะทำหน้าที่เป็นตัวช่วยหลอมละลายเล็กน้อย

เหล็กออกไซด์ (Iron Oxide) เป็นสารให้สีที่ดี ถ้าใช้ในเนื้อดินจะได้สีในโทนแดงเรื่อๆ ถ้าใช้ในเคลือบที่มีแคลเซียมออกไซด์อยู่ด้วยจะให้สีเหลืองจนถึงสีเนื้อ ที่ใช้กัน คือ ออกไซด์เหล็กสีแดง (Red iron oxide) สูตรทางเคมี คือ Fe_2O_3 และออกไซด์เหล็กสีดำ (Black iron oxide) สูตรทางเคมี คือ Fe_3O_4 ซึ่งถ้าใช้ในเคลือบทั่วๆ ไปจะให้สีน้ำตาลแดงเลือดนกจนถึงสีแดงน้ำตาล โดยใช้กันประมาณร้อยละ 5-10 ถ้าใช้ในเคลือบตะกั่วร้อยละ 8 จะได้สีแดงดำ (Dark Red) แต่ถ้าใช้มากเกินไปอาจจะได้เคลือบที่มีลักษณะเป็นผลึกเล็กๆ เป็นจุดใต้เคลือบเป็นสีทอง และได้สีม่วง (Purple Red) กับสีเกล็ดทองเล็กๆ (Gold Fleck) แต่ถ้าเผาในสภาวะอากาศน้อย (Reduction) เหล็กออกไซด์จะให้สีเขียวแบบเซลาดอน (Pale Green of Celadon) หรือสีเขียวปนเทา (Grey Green)

แมงกานีสออกไซด์ (Manganese Dioxide) ใช้กันในรูปของแมงกานีสไดออกไซด์ (Manganese Dioxide) สูตรทางเคมี คือ MnO_2 หรือแมงกานีสคาร์บอเนต (Manganese Carbonate) สูตรทางเคมี คือ $MnCO_3$ ใช้ประมาณร้อยละ 5-10 จะให้สีม่วงถึงสีน้ำตาล แต่ถ้าใช้ปริมาณมากเกินไปจะมีผลทำให้ผิวเคลือบเกิดตำหนิเป็นฟองอากาศ ถ้าใช้ในเคลือบแอลคาไลน์ (Alkaline Glazes) จะได้สีม่วง ถ้าใช้ร่วมกับทองแดงออกไซด์หรือโคบอลต์ออกไซด์จะได้สีดำ แต่ถ้าใช้ในเคลือบที่มีออกไซด์ของเหล็กสูงจะได้เคลือบที่มันวาว (Luster)

นิกเกิลออกไซด์ (Nickel Oxide) ที่ใช้กันมักอยู่ในรูปของออกไซด์ที่มีสีเขียว (Green Nickel Oxide) คือ NiO และออกไซด์ที่มีสีดำ (Black Nickel Oxide) สูตรทางเคมี คือ Ni_2O_3 และอีกตัวหนึ่ง คือ นิกเกิลคาร์บอเนต (Nickel Carbonate) สูตรทางเคมี คือ $NiCO_3$ ซึ่งนิยมใช้น้อยกว่า 2 ตัวแรก ถ้าใช้ประมาณร้อยละ 2-5 ในเคลือบที่มีแมกนีเซีย (Magnesia) จะให้สีเขียว เคลือบที่มีแบเรียม (Barium) จะให้สีน้ำตาล เคลือบที่มีหินปูนอยู่ด้วย (Lime) จะให้สีน้ำตาลแดง และถ้าใช้กับสังกะสีออกไซด์ (Zinc Oxide) จะให้สีน้ำเงิน สีเหล่านี้จะไม่ค่อยสดใส โดยทั่วไปใช้นิกเกิลออกไซด์เป็นตัวช่วยให้สีของออกไซด์ตัวอื่นมีสีจางหรืออ่อนลงหรือเปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้ยังใช้นิกเกิลออกไซด์ร้อยละ 5-10 ในเคลือบบางอย่างเพื่อให้เกิดการตกผลึก นิกเกิลออกไซด์นี้ไม่นิยมใช้ในเคลือบไฟต่ำ

ไทเทเนียมไดออกไซด์ (Titanium Dioxide) อยู่ในรูปของไทเทเนียมไดออกไซด์ (Titanium dioxide) สูตรทางเคมี คือ TiO_2 ใช้ร้อยละ 3-5 จะให้สีน้ำตาลแดง (Red Brown) ในเคลือบ และจะให้สีพิเศษถ้าใช้ร่วมกับออกไซด์ของทองแดงหรือออกไซด์ของโคบอลต์

ยูเรเนียมออกไซด์ (Uranium Oxide) ไม่ค่อยนิยมใช้กันเพราะราคาแพงมาก ใช้ประมาณร้อยละ 5-8 จะได้สีส้มแกมแดง (Orang Red) จนถึงเหลืองมะนาว (Lemon Yellow) ถ้าใช้กับเคลือบตะกั่วจะได้สีแดง ใช้กับเคลือบแอลคาไลน์จะได้สีเหลืองถ้าใช้กับดีบุกและเซอร์โคเนียมออกไซด์ จะได้สีจากเหลืองอร่ามไปจนถึงสีส้มและสีแดงสด ที่ใช้กันอยู่ในรูปของ Black Uranium Oxide (UO_2) และ Sodium Uranate ($Na_2O.UO_3$) ซึ่งมักจะใช้ได้ดีในอุณหภูมิสูงๆ แต่สีจะไม่คงที่ในการเผาที่มีอากาศน้อย (Reduction)

- สารที่ทำให้ทึบในเคลือบ (Opacifiers)

ดีบุกออกไซด์ (Tin Oxide) สูตรทางเคมี คือ SnO_2 เป็นสารที่ทำให้เคลือบทึบ ตัวแรกที่นำมาใช้และใช้กันแพร่หลาย ราคาค่อนข้างแพง แต่นิยมใช้เพราะได้ผลดี คือ มีคุณสมบัติทำให้เคลือบทึบขาว (Pure White) ทั้งในเคลือบไฟสูงและไฟต่ำ ทำให้เคลือบทึบนั้นมีความมันวาว และจับผิวเนื้อดินปั้น ได้แน่นและสม่ำเสมอดี ปกติใช้กันประมาณร้อยละ 4-5 และไม่เกินร้อยละ 10

เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (Zirconium Dioxide) สูตรทางเคมี คือ ZrO_2 หรือเซอร์โคเนียมซิลิเกต (Zirconium Silicate) สูตรทางเคมี คือ $ZrSiO_4$ ใช้แทนบางส่วน

ของซิลิกา ที่มีดีบุกออกไซด์อยู่จะช่วยให้เคลือบมีความทึบดีกว่าการใช้ดีบุกออกไซด์อย่างเดียว นอกจากนี้ยังพบว่าถ้าใช้ร่วมกับฟลูออกสปาร์ หรือเถ้ากระดูก จะทำให้เคลือบมีความทึบดียิ่งขึ้น แต่ปัจจุบันนี้นิยมใช้เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ในการทำให้ทึบในเคลือบมากกว่าใช้ออกไซด์ของดีบุก เนื่องจากมีราคาถูกกว่ามาก แต่ถ้าใช้เดี่ยวๆ จะให้ผลด้อยกว่าใช้ดีบุกออกไซด์ ทั้งในเคลือบไฟต่ำและไฟสูงใช้กันประมาณร้อยละ 8-12

ไทเทเนียมออกไซด์ (Titanium Oxide) สูตรทางเคมี คือ TiO_2 เป็นสารที่ทำให้เคลือบทึบทั้งในเคลือบไฟต่ำและเคลือบไฟสูง โดยปกติจะได้ผลดีในเคลือบไฟต่ำ ให้สีน้ำเงินขาวอ่อนๆ (Weak Blue White) ใช้กันประมาณร้อยละ 8-12 เนื่องจากไทเทเนียมออกไซด์สามารถละลายได้ในสารประกอบพวกแอลคาไลน์ ที่มีอยู่ในเคลือบ จึงมักจะไม่ได้ผลตามที่คาดหมายเอาไว้ แต่ถ้าใช้ร่วมกับ SnO_2, ZrO_2 และ ZrO ก็จะได้ผลดี

อาร์เซนิกออกไซด์ (Arsenic Oxide) สูตรทางเคมี คือ AS_2O_3 เป็นสารที่ทำให้เคลือบทึบ ที่อุณหภูมิต่ำ แต่ไม่ค่อยนิยมใช้ เพราะเป็นสารมีพิษ มักใช้กันในรูปของฟริต ถ้าหากใช้ด้วยความระมัดระวังจะเป็นสารที่ทำให้เคลือบทึบที่ดี ส่วนใหญ่นิยมใช้ในงานโลหะเคลือบ (Enameling) ใช้กันประมาณร้อยละ 10

พลวงออกไซด์ (Antimony Oxide) สูตรทางเคมี คือ Sb_2O_3 เป็นสารที่ทำให้เคลือบทึบที่อุณหภูมิต่ำ แต่สูงกว่าอาร์เซนิกออกไซด์ คือ ที่อุณหภูมิประมาณ 1,160 องศาเซลเซียส มักจะทำให้เคลือบออกสีเหลืองๆ (Weak Yellow White) แต่ถ้าใช้ในเคลือบที่มีส่วนผสมของตะกั่วจะให้สีเหลือง (Naples Yellow) ใช้ประมาณร้อยละ 1-20

สังกะสีออกไซด์ (Zinc Oxide) สูตรทางเคมี คือ ZnO เป็นสารที่ทำให้เคลือบทึบที่อุณหภูมิต่ำ แต่ถ้าใช้ร่วมกับอะลูมิเนียม จะให้ความทึบแสงที่ช่วง 1,200-1,300 องศาเซลเซียส หรืออาจสูงกว่า นอกจากนั้นยังเป็นตัวช่วยเพิ่มผลของ ความทึบตัวอื่นๆ ด้วย ถ้าใช้ประมาณร้อยละ 5 ในเคลือบจะให้สีขาวนวล (Weak White) (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์, 2534 : 16-26) นอกจากนี้ ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์ (2537 : 17) ยังกล่าวว่า ถ้าใช้ด่างเฉพาะสังกะสีเพียงตัวเดียวในเคลือบ เคลือบจะไม่ยอมหลอดละลาย เคลือบใสที่มีสังกะสี ถ้านำมาเขียนสีใต้เคลือบ สีเขียว สีเหลือง สีน้ำตาล จะซีดลงและสีเขียวจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลด้วย แต่เคลือบสังกะสีจะทำให้สีน้ำเงินมีสีสดมากขึ้น

ซีเรียมออกไซด์ (Cerium Oxide) สูตรทางเคมี คือ CeO เป็นสารที่ทำให้เคลือบทึบที่อุณหภูมิไม่เกิน 1,050 องศาเซลเซียส และให้ผลดีเยี่ยม แต่เป็นแร่ที่หายากและราคาแพง (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์, 2534 : 26)

ตามที่นักวิชาการหลายท่านได้กล่าวถึงวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาพอสรุปได้ว่าวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

คอรันดัม (Corundum) อลูมินาจะมีจุดหลอมละลายในอุณหภูมิ 2,050 องศาเซลเซียส มีความแข็งถึง 8 (Mohes, Scale) อลูมินาจะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมวัตถุทนไฟ อุตสาหกรรมเครื่องขัดถู (Abrasive) อุตสาหกรรมอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง เป็นต้น หินฟันม้า เป็นวัตถุดับที่สำคัญ ใช้ทำหน้าที่เป็นตัวหลอมละลาย (Flux) ในอุณหภูมิสูง ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบได้ทั้งสองอย่าง นอกจากนี้ยังเป็นตัวช่วยเสริมให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นเนื้อแก้วขึ้นระหว่างที่เผาผลิตภัณฑ์ และทำให้ผลิตภัณฑ์มีความโปร่งแสงดีขึ้น และนอกจากนี้ยังมีวัตถุดิบตัวอื่นๆ อีกเช่นวัตถุดิบที่ทำให้เกิดทึบในเคลือบ ยกตัวอย่างเช่น ดีบุกออกไซด์ เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ ไทเทเนียมออกไซด์ สังกะสีออกไซด์ เป็นต้น และวัตถุดิบที่เป็นตัวให้สีในทางเซรามิกส์ ยกตัวอย่างเช่น โคบอลต์ออกไซด์ ทองแดงออกไซด์ เหล็กออกไซด์ แมงกานีสไดออกไซด์ เป็นต้น

2.2.4 เนื้อดินปั้น (Bodies)

เนื้อดินปั้นที่ใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผา อาจได้จากดินตามธรรมชาติ หรือได้จากการเตรียมเนื้อดิน โดยการผสมวัตถุดิบชนิดต่างๆ เพื่อให้มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ นักวิชาการหลายท่านได้กล่าวถึงเนื้อดินปั้นดังต่อไปนี้

ทวี พรหมพฤกษ์ (2523 : 16) กล่าวว่า การเตรียมเนื้อดินในสมัยก่อนส่วนมากเตรียมได้จากดินเหนียวธรรมดาโดยทั่วไป นิยมใช้ดินในท้องถิ่น ดินเมื่อยังไม่เผามักมีสีน้ำตาลเข้มสีเทาแก่ ลักษณะที่สำคัญส่วนมากเนื้อดินละเอียด แห้งช้า แต่มีความเหนียวดี (Plasticity) เมื่อนำไปเผาแล้วจะให้สีน้ำตาลอ่อน เหมาะแก่การขึ้นรูปในลักษณะต่างๆ เช่น การขึ้นรูปแบบอิสระ แบบขด แบบแผ่น ขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน แบบวิธีกดพิมพ์ เป็นต้น ดินประเภทนี้มีเปอร์เซ็นต์ของเหล็ก (Iron) สูง ไม่นิยมทำผลิตภัณฑ์ชนิดสีขาว

สมหวัง นรพัลลภ (2524 : 1) กล่าวว่า การผลิตงานเซรามิกส์หรือเครื่องปั้นดินเผาในประเทศไทยเรานั้น นับตั้งแต่สมัยโบราณเป็นต้นมา เนื้อดินที่ใช้ในการผลิตเป็นเนื้อดินปั้นที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติแทบทั้งสิ้น ใช้เนื้อดินปั้นตามแหล่งต่างๆ ที่สามารถจะนำมาปั้นได้ ส่วนใหญ่เป็นดินคุณภาพต่ำ ไม่สามารถผลิตชิ้นงานที่มีคุณภาพสูงได้ เนื้อดินปั้นมีความสำคัญเป็นอันดับแรกของงานอุตสาหกรรมชนิดนี้ ถ้าเราได้ส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ดี จะไม่มีปัญหาในการผลิต ตลอดไปจนถึงกระบวนการอื่นๆ ในขั้นต่อไปด้วย แต่ถ้าเนื้อดินปั้นไม่มีคุณภาพ การผลิตงานเซรามิกส์จะล้มเหลวทันทีและปัญหาต่างๆ จะเกิดขึ้นมากมาย

บรรษัทเงินทุนอุตสาหกรรม แห่งประเทศไทย (2528 : 140) กล่าวว่า โดยทั่วไปแล้วดินธรรมชาติเกือบทุกแห่ง แม้จะเป็นดินชนิดดีเพียงใด ก็ยังไม่ละเอียดหรือสะอาดเพียงพอที่จะนำไปใช้ปั้นได้ทันที ฉะนั้นเมื่อได้ดินมาแล้วจึงจำเป็นต้องผ่านกระบวนการเตรียมดินให้สะอาดและละเอียดเสียก่อน ไม่เช่นนั้นจะได้เครื่องปั้นดินเผาที่มีคุณภาพไม่ดี

กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน (2529 : 83) กล่าวว่า ความเหนียวของเนื้อดินปั้นขึ้นอยู่กับการผสมเนื้อดินปั้นกับน้ำ ซึ่งมีส่วนต่างๆ กันและจำแนกออกเป็น 4 ชนิด คือ

1. น้ำดิน (Slip) สำหรับใช้หล่อกับปูนพลาสเตอร์ เนื้อดินปั้นชนิดนี้ผสมกับน้ำประมาณร้อยละ 24-30 เมื่อผสมแล้ว จะมีเนื้อเหลวเป็นน้ำข้นๆ เวลาปั้นต้องใช้ปูนพลาสเตอร์เป็นแบบเหมาะสำหรับทำเครื่องปั้นดินเผาชนิดที่มีเนื้อบาง ทำการปั้นด้วยวิธีอื่นๆ ไม่ได้ เช่น เครื่องสุขภัณฑ์

2. ดินเหลว (Soft-mud) เป็นเนื้อดินปั้นที่ผสมกับน้ำประมาณร้อยละ 18-24 เนื้อดินปั้นชนิดนี้เมื่อผสมกับน้ำแล้ว จะมีเนื้ออ่อนเหลวไม่เหนียวมากนัก เวลาปั้นจะต้องมีแบบทำด้วยไม้โลหะ หรือปูนพลาสเตอร์ เพื่อให้เนื้อดินปั้นอยู่ในที่อัดตัวจะได้เกาะติดกัน เหมาะสำหรับเครื่องปั้นดินเผาจำพวกอิฐธรรมดา กระเบื้องมุงหลังคา เป็นต้น

3. ดินเหนียว (Stiff-mud) เป็นเนื้อดินปั้นที่ผสมกับน้ำประมาณร้อยละ 14-20 เนื้อดินปั้นชนิดนี้เมื่อผสมกับน้ำแล้ว จะมีเนื้อเหนียวมาก ใช้ปั้นด้วยมือหรือด้วยแบบก็ได้ เหมาะสำหรับทำเครื่องปั้นดินเผาจำพวกอิฐทนไฟ หม้อไห เป็นต้น

4. ดินชื้น (Dry-press) เป็นเนื้อดินปั้นที่ผสมกับน้ำประมาณร้อยละ 6-14 เนื้อดินปั้นชนิดนี้เมื่อผสมกับน้ำแล้ว จะมีเนื้อร่วนชิ้นเล็กน้อย เวลาปั้นต้องมีแบบทำด้วยโลหะและอัดให้เป็นรูปด้วยเครื่องจักร เหมาะสำหรับทำเครื่องปั้นดินเผาจำพวกกระเบื้องปูพื้น กระเบื้องปูฝา อิฐทนไฟ เป็นต้น

โกมล รักษ์วงศ์ (2531 : 126) กล่าวว่า เนื้อดินปั้นจึงเป็นการนำดินชนิดต่างๆ มาผสมเข้าด้วยกันหรือ การผสมดินกับวัตถุดิบชนิดอื่นๆ ในสมัยก่อน การทำเนื้อดินปั้นจะทำมาจากดินธรรมชาติ ที่มีความเหนียวพอมาขึ้นรูปได้ เป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ตามความต้องการ เริ่มทำจากการทำเครื่องปั้นดินชนิดไม่มีการเคลือบ นับเป็นเวลาพันๆ ปี จนกระทั่งศตวรรษที่ 10 จีนได้มีความก้าวหน้าในการทำเครื่องปั้นดินเผามาก สามารถทำเนื้อดินปั้นชนิดพิเศษขึ้นได้ เรียกว่า เนื้อดินปั้นปอร์สเลน (Porcelain)

สุรเกียรติ ยอดวิเศษ และอัมพรธิดา ยอดวิเศษ (2538 : 17-18) กล่าวว่า เนื้อดินปั้นทำเครื่องปั้นดินเผาไม่จำเป็นต้องผสมกับสารเคมีหรือหินเสมอไป ในบางครั้งอาจใช้ดินที่ขุดจากแหล่งดินตามธรรมชาติมาใช้ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ แต่คุณภาพของผลิตภัณฑ์อาจจะไม่ดีเท่าที่ควร

กรมศิลปากร (2539 : 77) กล่าวว่า เนื้อดินปั้นเป็นวัตถุดิบที่ปั้นให้เป็นรูปร่างผลิตภัณฑ์ตามที่ต้องการ เนื้อดินปั้นโดยทั่วไปจะต้องประกอบด้วยวัตถุดิบ 4 ชนิดด้วยกันคือ วัตถุดิบเพื่อเป็นโครงสร้างของเนื้อดิน (Raw Material for Structural Forming) วัตถุดิบเพื่อความเหนียว (Plastin Clay) สารลดอุณหภูมิในการเผา (Fluxing Material และตัวเติม (Additive) หรือตัวเสริม (Promoter) ซึ่งส่วนผสมของเนื้อดินปั้นจะแตกต่างกันไปตามคุณภาพของเครื่องปั้นดินเผาที่ต้องการ

ปรีดา พิมพ์ขาวขำ (2539 : 125) กล่าวว่า เนื้อดินปั้นผลิตภัณฑ์เซรามิกส์อาจแยกประเภทคร่าวๆ เป็นสองประเภท คือ เนื้อดินปั้นที่มีดินเป็นส่วนประกอบกับเนื้อดินปั้นที่ไม่มีดินเป็นส่วนประกอบ เนื้อดินปั้นที่มีดินเป็นส่วนประกอบ อาจมีดินล้วนๆ หรือ ดินร้อยละ 100 แต่ส่วนมากแล้วจะมีวัสดุอื่นผสมอยู่ด้วย เช่นเดียวกับเนื้อดินปั้นที่ไม่มีดินเป็นส่วนประกอบ อาจมีเนื้อวัสดุชนิดเดียวหรือวัสดุหลายชนิดผสมกัน

Singer (1963. p 396) กล่าวว่า เนื้อดินปั้นอาจใช้ดินล้วนๆ ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติซึ่งมีอยู่ทั่วไป หรืออาจจะเตรียมขึ้นจากการนำเอาดิน หินฟันม้า หินเขี้ยวหนุมานมาผสมกัน แล้วหาสัดส่วนที่เห็นว่าเหมาะสมที่สุดสำหรับการทำผลิตภัณฑ์

Rhodes (1974. P 24) กล่าวว่า เนื้อดินปั้นหมายถึง ดินตามธรรมชาติ หรือการนำเอาดินในธรรมชาติไปผสมกับวัตถุดิบชนิดอื่นๆ เพื่อให้ได้เนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติตามต้องการ เช่น การเพิ่มความเหนียว การเพิ่มความโปร่งแสงภายหลังการเผา

จากความหมายของเนื้อดินปั้นตามที่นักวิชาการหลายท่านได้กล่าวไว้พอสรุปได้ว่า เนื้อดินปั้น หมายถึง วัตถุดิบที่ใช้ปั้นให้เป็นรูปร่างผลิตภัณฑ์ตามที่ต้องการ ซึ่งประกอบด้วยวัตถุดิบ 4 ชนิดเดียวกันคือ วัตถุดิบที่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของเนื้อดิน (Raw Material for Structural Forming) วัตถุดิบที่ทำหน้าที่ให้เกิดความเหนียว (Plastic Clay) วัตถุดิบที่เป็นสารลดอุณหภูมิในการเผา (Fluxing Material) และวัตถุดิบที่เป็นตัวเติม (Additive) หรือตัวเสริม (Promoter) เนื้อดินปั้นอาจได้มาจากดินตามธรรมชาติ ที่มีความเหนียวสามารถนำมาขึ้นรูปได้ หรือเนื้อดินปั้นอาจได้มาจากการนำดินไปผสมกับวัตถุดิบตัวอื่นเพื่อให้มีคุณสมบัติตามต้องการ เช่น เพื่อให้มีความเหนียวเพิ่มขึ้นหรือลดลง เพื่อให้มีความขาว เพื่อให้มีความโปร่งแสง หรืออีกอย่างหนึ่งเนื้อดินปั้นอาจไม่มีดินเป็นส่วนประกอบเลยก็ได้ เช่น เนื้อดินปั้นที่เป็นออกไซด์บริสุทธิ์ เช่น Al_2O_3 ความเหนียวของเนื้อดินปั้นขึ้นอยู่กับการผสมเนื้อดินปั้นกับน้ำ จำแนกชนิดของเนื้อดินปั้นออกเป็น 4 ชนิด คือ ชนิดแรก คือ น้ำดิน (Slip) สำหรับใช้หล่อกับปูนพลาสเตอร์ เนื้อดินปั้นชนิดนี้ผสมกับน้ำประมาณร้อยละ 24-30 ชนิดที่สอง คือ ดินเหลว (Soft-mud) เป็นเนื้อดินปั้นที่ผสมกับน้ำประมาณร้อยละ 18-24 ชนิดที่สาม คือ ดินเหนียว (Stiff-mud) เป็นเนื้อดินปั้นที่ผสมกับน้ำประมาณร้อยละ 14-20 ชนิดที่สี่ คือ ดินชื้น (Dry-press) เป็นเนื้อดินปั้นที่ผสมกับน้ำประมาณร้อยละ 6-14

เนื้อดินปั้นสำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทภาชนะเครื่องปั้นดินเผาที่ทำกันแบ่งออกได้ 3 ประเภทด้วยกันคือ

1. เนื้อดินปั้นเอิร์ทเทนแวร์ (Earthen Ware Bodies) สมัยก่อนทำมาจากดินที่ขุดได้ตามธรรมชาติ แต่ปัจจุบันมีความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีมากขึ้น การทำเครื่องปั้นดินเผาเอิร์ทเทนแวร์มีการเตรียมเนื้อดินปั้นขึ้นมาใหม่ เป็นผลิตภัณฑ์ที่เนื้อละเอียดขึ้น มีความทึบแสง เนื้อดินปั้นมีความพรุนตัว มีการเคลือบผิวผลิตภัณฑ์ด้วยน้ำเคลือบ เป็นเครื่องปั้นดินเผาที่เผาในอุณหภูมิต่ำไม่เกิน 1,150 องศาเซลเซียส สามารถดูดซึมน้ำได้ ถ้าหาก

เคาะเสียงจะทึบ ความแข็งแกร่งจะไม่สูง (โกมล รักษ์วงศ์, 2538 : 45) ซึ่ง สมศักดิ์ ธรรมาปรีชากร (2530 : 11) กล่าวว่า ผลิตภัณฑ์เอิร์ทเทนแวร์ จะเผาด้วยไฟในอุณหภูมิระหว่าง 850-1050 องศาเซลเซียส เนื้อดินแบบนี้สามารถดูดซึมน้ำได้มาก ประมาณร้อยละ 12-22 มักเป็นเครื่องปั้นดินเผาทั่วไปที่ไม่มีการเคลือบและเครื่องถ้วยมอญ นอกจากนี้ ทวี พรหมพฤกษ์ (2523 : 16) ยังกล่าวว่า เนื้อดินปั้นเอิร์ทเทนแวร์ที่ใช้ปั้นผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ๆ นิยมใช้ผสมทราย หรือดินเชื้อ (Grog) ช่วยทำให้การขึ้นรูปทรงตัวได้ดี เมื่อนำไปเผาเนื้อดินมีความแข็งแกร่งดี และช่วยควบคุมการหดตัวของดินได้ดีพอควร มีประโยชน์ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ไม่แตก และบิดเบี้ยงได้ง่าย สำหรับสีของเนื้อดินเอิร์ทเทนแวร์ ปุณณรัตน์ พิชญไพบูลย์ (2538 : 14) ได้กล่าวไว้ว่า เนื้อดินเอิร์ทเทนแวร์โดยทั่วไปจะมีสีออกแดงน้ำตาล เนื่อจากเนื้อดินมีส่วนผสมของสารประกอบเหล็กปนอยู่ เนื้อดินชนิดนี้ นิยมนำมาใช้ปั้นงานประเภทประติมากรรม และนอกจากนี้ (ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาภาคเหนือ, 2539 : 27) กล่าวว่า เอิร์ทเทนแวร์ ได้แก่ผลิตภัณฑ์ที่มีทั้งชนิดเคลือบและไม่เคลือบ มีความดูดซึมน้ำปานกลางถึงสูงสุด คำนี้มีความหมายเช่นเดียวกับคำว่า Fine Ceramics ในภาษาฝรั่งเศส ก็คือ “faience” และคำภาษาเยอรมันก็คือ “Steingut” นอกจากนี้แล้ว Earthenware ยังแบ่งออกเป็นพวกย่อยๆ ได้ดังนี้คือ

1.1 เอิร์ทเทนแวร์จากดินธรรมชาติอย่างเดียว (Natural Earthenware) โดยปกติแล้วทำจากดินชนิดเดียวไม่ต้องล้าง ทำเป็นผลิตภัณฑ์พวกถ้วยชาม (Tableware) งานศิลปะ (Artware) กระเบื้อง (Tile) มีความดูดซึมน้ำ ตั้งแต่ร้อยละ 15 ขึ้นไป ได้แก่ พวกหม้อดิน น้ำต้น กระถางปลูกดอกไม้ กระเบื้องมุงหลังคาวัด กระเบื้องเคลือบไฟต่ำ เป็นต้น

1.2 เอิร์ทเทนแวร์เนื้อละเอียด (Fine Earthenware) มาจากดินที่ล้างแล้วและพวกที่ไม่มีความเหนียว ทำการผสมโดยใช้ ตารางสามเหลี่ยม ผลิตภัณฑ์พวกถ้วยชาม ของใช้ในครัว กระเบื้อง มีความดูดซึมน้ำร้อยละ 10-15

2. เนื้อดินปั้นสโตนแวร์ (Stone Ware Bodies) เป็นเนื้อดินปั้นที่เผาในอุณหภูมิสูงในช่วง 1,190-1,350 องศาเซลเซียส เผาถึงจุดสุกตัว เนื้อแข็งแกร่ง ไม่ดูดซึมน้ำ ไม่มีความพรุนตัว เนื้อทึบแสงเช่นเดียวกับ Earthen Ware เนื้อดินสโตนแวร์ได้จากดินธรรมชาติในบางแหล่ง หรืออาจเตรียมขึ้นมาใหม่ (โกมล รักษ์วงศ์, 2538 : 45) สอดคล้องกับคำกล่าวของ Singer (1963. P 76, 431) ที่กล่าวว่า สโตนแวร์ เป็นผลิตภัณฑ์เผาถึงจุดสุกตัว (Vitreous Ware) จะต้องเผาในอุณหภูมิ 1,200-1,250 องศาเซลเซียส เนื้อดินทึบแสง (Opaque Budies) อาจจะมีสีต่างๆ ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสม เนื้อดินมีความเหนียวสูง ขณะที่เป็นดินยังไม่ได้เผา เนื้อดินจะมีความแข็งแรงไม่แตกหักง่าย โดยต้องมีค่าความแข็งแรงก่อนเผา ตั้งแต่ 20-150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือ 1.4-105 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สมศักดิ์ วังศิริกุล (2534 : 19) ได้กล่าวว่า เนื้อดินปั้นสโตนแวร์เป็นเนื้อดินปั้นที่ทนความร้อนได้ 1,240 องศาเซลเซียส มีการหดตัวก่อนเผา อยู่ระหว่าง ร้อยละ 1 ถึง 5 เนื้อผลิตภัณฑ์เมื่อผ่านการเผาถึงจุดสุกตัว มีเนื้อ

แน่นแข็งแกร่าง ทึบแสง น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้ เมื่อเคาะเสียงจะดังกังวาน และสีของเนื้อผลิตภัณฑ์ จะมีสีเนื้อแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับแร่ธาตุที่ผสมอยู่ในเนื้อดินปั้นสโตนแวร์และบรรยากาศในการเผาไหม้ Rhodes (1959. P 43) กล่าวว่า เนื้อดินปั้นสโตนแวร์ เป็นเนื้อดินที่มีการหดตัวก่อนการเผาไม่เกินร้อยละ 10 ไม่บิดเบี้ยวขณะผลิตภัณฑ์แห้งหรือกำลังเผา และมีการหดตัวหลังการเผา ไม่เกินร้อยละ 15 มีการดูดซึมน้ำ (Water Absorption) ไม่เกินร้อยละ 1 ถึง 5 สีของเนื้อดินเกิดจากสีธรรมชาติของดิน เช่น สีเทา สีน้ำตาล (ทวี พรหมพฤกษ์, 2523 : 17) ซึ่งศุภกา ดอกไม้ (2535 : 11) ได้กล่าวว่า ผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ ที่เตรียมได้จากดินธรรมชาติ เช่น โอ่งมังกรราชบุรี ผลิตภัณฑ์ด่านเกวียน และผลิตภัณฑ์ศิลาดล (Celadon) ของเชียงใหม่ อีกลักษณะหนึ่งก็คือ เตรียมในห้องปฏิบัติการ โดยทั่วไปประกอบด้วย เนื้อดินระหว่างร้อยละ 30-70 เพื่อให้เนื้อดินปั้นมีความเหนียวสามารถปั้นขึ้นรูปได้ง่าย ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ดินเหนียว หินเขี้ยวหนุมานระหว่างร้อยละ 25-60 เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและป้องกันการบิดเบี้ยวและใช้หินฟันม้าระหว่างร้อยละ 5-25 เพื่อช่วยในการหลอมละลาย ทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อแน่น เนื้อดินสโตนแวร์มีความเหนียวมาก เหมาะอย่างยิ่งในการนำไปใช้ขึ้นรูปด้วยแป้นหมุนและการขึ้นรูปอิสระ (ปุณณรัตน์ พิชญไพบูลย์, 2538 : 15) ผลิตภัณฑ์สโตนแวร์สามารถทนความร้อนและความเย็นอย่างเฉียบพลันได้ดี นิยมทำภาชนะในเตาอบ ทำถ้วยชามและชุดกาแฟ (ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์, 2541 : 146) เนื้อดินสโตนแวร์นี้ยังแบ่งออกได้ ดังนี้คือ

2.1 สโตนแวร์จากดินธรรมชาติชนิดเดียว (Natural Stoneware) มาจากดินชนิดเดียวและไม่ต้องล้าง พวกท่อระบายน้ำ (Drain Pipe) ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในครัว (Kitchenware) งานศิลป์ ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ที่พอจะจัดหาได้ในบ้านเราก็คือ โอ่งราชบุรี ผลิตภัณฑ์ประเภทไหปลาร้า ทางภาคอีสาน เป็นต้น มีความดูดซึมน้ำ ตั้งแต่ร้อยละ 0-5 ขึ้นไป

2.2 สโตนแวร์เนื้อละเอียด (Fine Stonewere) มาจากส่วนผสมของดินที่ล้างแล้วและส่วนผสมที่ไม่มีความเหนียวใช้ทำผลิตภัณฑ์ประเภทหุงต้ม (Cookwere) งานศิลปะ (Artware) ถ้วยชาม เป็นต้น มีความดูดซึมน้ำร้อยละ 0-5

2.3 สโตนแวร์เนื้อวิเทรียส (Technically Vitreous Stoneware) เนื้อดินปั้นที่ใช้ผสมอย่างดีและเผาจนกระทั่งมีความดูดซึมน้ำน้อยมากใช้ในอุตสาหกรรมเคมี ภาชนะบรรจุน้ำกรด อิฐทนกรด เป็นต้น มีความดูดซึมน้ำร้อยละ 0-0.2

2.4 จัสเปอร์สโตนแวร์ (Jasper Stoneware) มาจากส่วนผสมส่วนใหญ่ของบาเรียมและดิน ทำเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทงานศิลป์ (Artware) มีความดูดซึมน้ำร้อยละ 0-1

2.5 บาซัลท์สโตนแวร์ (Basalt Stoneware) มาจากดินที่มีเหล็กออกไซด์สูง เช่น ผลิตภัณฑ์ด่านเกวียน ใช้ทำผลิตภัณฑ์พวกงานศิลป์ (Artware) มีความดูดซึมน้ำร้อยละ0-1

3. เนื้อดินปั้นปอร์สเลนส์ (Porcelains) เป็นเนื้อดินปั้นที่เผาในอุณหภูมิสูง เนื้อผลิตภัณฑ์โปร่งแสง เนื้อแข็งแกร่ง ไม่มีความพรุนตัว ไม่ดูดซึมน้ำ เนื้อดินปั้นจะ

มีส่วนผสมของดิน หินฟันม้า และหินเขี้ยวหนุมาน (โกมล รักษ์วงศ์, 2538 : 46) จีน เป็นชาติแรกที่สามารถทำเครื่องปั้นดินเผาด้วยดินสีขาวเนื้อโปร่งแสงคล้ายแก้ว ได้ตั้งแต่สมัยราชวงศ์ซ้อง (ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์, 2541 : 174) ผลิตภัณฑ์ประเภทปอร์สเลนส์ เป็นผลิตภัณฑ์เตรียมขึ้นเป็นพิเศษ เนื้อดินมีสีขาวเผาถึงจุดสุกตัว (Vitreous Ware) ที่สำคัญคือ โปร่งแสง (Translucent) (ทวี พรหมพฤกษ์, 2523 : 17) เนื้อดินปอร์สเลนส์เป็นส่วนผสมที่เกิดจากตารางสามเหลี่ยมเผาดินที่อุณหภูมิต่ำหรือเผาเคลือบที่อุณหภูมิสูงหรืออาจจะเผาครั้งเดียวจนเนื้อแกร่ง เช่น ลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้า เป็นต้น (ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาภาคเหนือ, 2539 : 30) การทำให้เนื้อดินปอร์สเลนส์เหนียวสามารถทำได้ด้วยการหมักเนื้อดินด้วยน้ำส้มสายชู ซึ่งเป็นกรรมวิธีที่นิยมทำกันมาตั้งแต่สมัยโบราณ การหมักจะต้องหมักเนื้อดินในที่เย็นและปราศจากแสงแดด การหมักดินตั้งแต่สองสัปดาห์ขึ้นไปถือว่าเป็นการเพียงพอที่จะนำไปใช้ขึ้นรูปบนแป้นหมุนได้ (ปุณณรัตน์ พิชญไพบูลย์, 2538 : 18) ผลิตภัณฑ์ปอร์สเลนส์แบ่งออกได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

3.1 ผลิตภัณฑ์ปอร์สเลนส์อุณหภูมิต่ำ (Soft Porcelains) จะป็นเนื้อดินปอร์สเลนส์ที่เผาในอุณหภูมิต่ำ จะเผาในอุณหภูมิ 1,280 องศาเซลเซียสลงมา เนื้อขาวโปร่งแสงไม่ดูดซึมน้ำ ผลิตภัณฑ์จำพวกนี้ได้แก่ ฟันปลอม (Dental) โบนไชน่า (Bone China) แพเรียนแวร์ (Parian Ware) เป็นต้น

3.2 ผลิตภัณฑ์ปอร์สเลนส์อุณหภูมิสูง (Hard Porcelains) อุณหภูมิที่ใช้เผาจะอยู่ในช่วง 1,280 องศาเซลเซียสขึ้นไป เนื้อแข็งแกร่งมากกว่าปอร์สเลนส์อุณหภูมิต่ำ โปร่งแสง สีขาว ไม่ดูดซึมน้ำ (โกมล รักษ์วงศ์, 2538 : 46-47)

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า เนื้อดินปั้นสำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทภาชนะเครื่องปั้นดินเผาแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. เนื้อดินปั้นเอิร์ทเทนแวร์ (Earthen Ware Bodies) คือ เนื้อดินที่ได้มาจากดินที่ขุดได้ตามธรรมชาติ เรียกว่า เอิร์ทเทนแวร์จากดินธรรมชาติ (Natural Earthenware) หรือเนื้อดินที่ได้จากการเตรียมเนื้อดินปั้นขึ้นมาใหม่ เรียกว่า เอิร์ทเทนแวร์เนื้อละเอียด (Fine Earthenware) เป็นเครื่องปั้นดินเผาที่เผาในอุณหภูมิต่ำไม่เกิน 1,150 องศาเซลเซียส สามารถดูดซึมน้ำได้ประมาณร้อยละ 12-22 ถ้าหากเคาะเสียงจะทึบ ความแข็งแกร่งจะไม่สูง มีสีออกแดงน้ำตาล เนื่องจากเนื้อดินมีส่วนผสมของสารประกอบเหล็กปนอยู่ ผลิตภัณฑ์ที่มีทั้งชนิดเคลือบและไม่เคลือบ เช่น ถ้วยชาม น้ำต้น กระถางปลูกดอกไม้ กระเบื้องมุงหลังคาวัด กระเบื้องเคลือบไฟต่ำ เป็นต้น

2. เนื้อดินปั้นสโตนแวร์ (Stone Ware Bodies) เป็นเนื้อดินปั้นที่เผาในอุณหภูมิสูงในช่วง 1,190-1,350 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์มีการดูดซึมน้ำ (Water Absorption) ไม่เกินร้อยละ 1 ถึง 5 ผลิตภัณฑ์เมื่อผ่านการเผาถึงจุดสุกตัว จะมีเนื้อแน่นแข็งแกร่ง ทึบแสง น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้ เมื่อเคาะเสียงจะดังกังวาน และสีของเนื้อผลิตภัณฑ์จะมีสีแตกต่างกันออกไป เช่น สีเทา สีน้ำตาล ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแร่ธาตุที่ผสมอยู่ในเนื้อดินปั้นสโตน

แวร์และบรรยากาศในการเผาไหม้ เนื้อดินสโตนแวร์อาจได้จากดินธรรมชาติในบางแหล่ง หรืออาจเตรียมขึ้นมาใหม่ ผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ ที่เตรียมได้จากดินธรรมชาติ เช่น โอ่งมังกรราชบุรี ผลิตภัณฑ์ด่านเกวียน และผลิตภัณฑ์ศิลาดล (Celadon) ของเชียงใหม่

3. เนื้อดินปั้นปอร์สเลนส์ (Porcelains) เป็นเนื้อดินปั้นที่เผาในอุณหภูมิสูง เนื้อผลิตภัณฑ์จะมีจุดเด่นคือโปร่งแสง เนื้อแข็งแกร่ง ไม่มีความพรุนตัว ไม่ดูดซึมน้ำ เนื้อดินปั้นได้มาจากการเตียมขึ้นมาใหม่ โดยจะมีส่วนผสมของดิน หินฟันม้า และหินเขี้ยวหนุมาน ซึ่งจีน เป็นชาติแรกที่สามารถทำเครื่องปั้นดินเผาปอร์สเลนส์ได้ตั้งแต่สมัยราชวงศ์ซ้อง ผลิตภัณฑ์ปอร์สเลนส์แบ่งออกได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้คือ

3.1 ผลิตภัณฑ์ปอร์สเลนส์อุณหภูมิต่ำ (Soft Porcelains) จะเผาในอุณหภูมิ 1,280 องศาเซลเซียสลงมา เนื้อขาวโปร่งแสงไม่ดูดซึมน้ำ เช่น ฟันปลอม (Dental) โบนไชน่า (Bone China) แพเรียนแวร์ (Parian Ware) เป็นต้น

3.2 ผลิตภัณฑ์ปอร์สเลนส์อุณหภูมิสูง (Hard Porcelains) อุณหภูมิที่ใช้เผาจะอยู่ในช่วง 1,280 องศาเซลเซียสขึ้นไป เนื้อแข็งแกร่งมาก โปร่งแสง สีขาว ไม่ดูดซึมน้ำ เช่น ลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้า

2.2.5 เคลือบ

ในกระบวนการผลิตเครื่องปั้นดินเผาเคลือบหรือการเคลือบ ถือเป็นกระบวนการที่สำคัญอย่างหนึ่งที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสวยงามน่าใช้งาน ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาทำความเข้าใจในเรื่องของเคลือบ ดังนักวิชาการหลายท่านได้กล่าวไว้ในเอกสารตำราต่างๆ ดังนี้

ความหมายของเคลือบ

ทวี พรหมพฤกษ์ (2523 : 94) กล่าวว่า เคลือบคือ สารประกอบของซิลิเกต (Silicate) ที่ถูกความร้อนหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ฉาบบนผิวของผลิตภัณฑ์ มีลักษณะโปร่งใส แข็งแรง (Hard) สามารถทนต่อกรดและด่าง (Strong Acid or Bases) ได้เป็นอย่างดี

กาญจนะ แก้วกำเนิด (2530 : 81) กล่าวว่า เคลือบ คือ แก้วชนิดพิเศษที่ผิวบาง ใช้ปกคลุมผิวของผลิตภัณฑ์กันการรั่วซึม ตัวเคลือบประกอบด้วยออกไซด์ต่างๆ หลอมแล้วให้สารประกอบเชิงซ้อนของซิลิเกต ที่มีคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์คล้ายกับแก้วทั่วๆ ไป

ปรีดา พิมพ์ขาวขำ (2530 : 1) กล่าวว่า เคลือบ คือ หมายถึง วัสดุที่มีลักษณะเหมือนแก้วฉาบบางๆ บนผิวผลิตภัณฑ์เซรามิกส์อย่างต่อเนื่อง เกิดขึ้นโดยการที่มีส่วนผสมของสารประกอบซิลิเกต หลอมเหลว และยึดติดแน่นอยู่บนผิวผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

ทรงพันธ์ วรรณมาศ (2532 : 92) กล่าวว่า เคลือบ คือ สารประกอบของอลูมินา (Alumina) ซิลิก้า (Silica) และสารที่ช่วยในการหลอมละลายในกระบวนการความร้อน มีลักษณะใสคล้ายแก้ว หรืออีกนัยหนึ่ง คือ สารประกอบของซิลิเกต (Silicate) ที่ถูกความร้อนแล้ว

จะหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกันทำหน้าที่ฉาบบนผิวผลิตภัณฑ์ มีลักษณะโปร่งใส เปราะ (ไฟต่ำ) และสามารถทนต่อการละลายของกรดและด่างได้เป็นอย่างดี

สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ (2534 : 1) กล่าวว่า เคลือบ คือ สารประกอบของซิลิเกต (Silicate) ผสมกับสารประกอบอย่างอื่น ที่เป็นตัวช่วยหลอมละลายซึ่งเราเรียกว่า ฟลักซ์ (Flux) อาจจะมีออกไซด์ของโลหะผสมลงไปด้วย เพื่อทำให้เกิดสีและทึบในเคลือบ เมื่อเผาส่วนผสมของน้ำเคลือบถึงอุณหภูมิที่ทำให้หลอดละลายแล้ว เคลือบจะรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน และเมื่อทิ้งไว้ให้เย็น จะมีลักษณะเหมือนแก้วบางๆ ฉาบติดอยู่กับผิวผลิตภัณฑ์

นิวัตร พัฒนะ (2534 : 48-49) กล่าวว่า เคลือบเป็นวัสดุที่มีลักษณะคล้ายแก้วฉาบอยู่บนผิวผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ซึ่งมีหลายชนิด และการผลิตเคลือบแต่ละครั้งจำเป็นจะต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการเลือกใช้วัตถุดิบ การคำนวณเคลือบ การเตรียมเคลือบ การเผาเคลือบ และการกำหนดสูตรเคลือบเพื่อให้ได้เคลือบที่มีลักษณะตรงตามความต้องการโดยเฉพาะสูตร เคลือบที่ตรงตามความต้องการนั้นสามารถกำหนดได้จากการทดลอง โดยการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของอลูมินาต่อซิลิกา ตามขอบเขตที่เหมาะสมกับอุณหภูมิในการเผาเคลือบ

จีรพันธ์ สมประสงค์ (2535 : 103) กล่าวว่า เคลือบ คือ สารละลายที่จะละลายก็ต่อเมื่อได้รับความร้อน และจะฉาบอยู่บนผิวภาชนะ มีทั้งชนิดที่ละลายฉาบแล้วมีความมัน และฉาบแล้วไม่มัน เคลือบก็เปรียบได้กับเทียน เมื่อถูกความร้อนถึงจุดหลอมละลาย ก็จะเปลี่ยนสภาพเป็นของเหลวเมื่อเย็นลงก็จะแข็งเกาะแน่นอยู่บนผิวภาชนะนั้น

ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์ (2537 : 1) กล่าวว่า เคลือบ คือชั้นของแก้วบางๆ ที่หลอมละลายติดอยู่กับผิวดินซึ่งขึ้นรูปเป็นภาชนะทรงต่างๆ วัตถุดิบที่เป็นน้ำยาเคลือบถูกบดจนละเอียดมากกว่าดินหลายเท่า ก่อนนำมาเคลือบบนผิวดินเผาเป็นชั้นหนา 1-1.5 มม. ผลิตภัณฑ์ที่เคลือบแล้วโดนเผาผ่านความร้อนในอุณหภูมิสูง วัตถุดิบที่เป็นแก้ว ในเคลือบเมื่อถึงจุดหลอมละลายจะกลายเป็นแก้วมันวาวติดอยู่กับผิวดิน

โกมล รักษ์วงศ์ (2538 : 7) กล่าวว่า เคลือบ หมายถึง แก้วชนิดหนึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ ฉาบอยู่บนผิวผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา ซึ่งแก้วชนิดนี้มีส่วนผสมที่เป็นสารประกอบที่ได้จากวัตถุดิบธรรมชาติ และออกไซด์ของสารต่างๆ มาบดผสมให้เข้ากันในอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อจากนั้นนำเอามาเคลือบผิวผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา และเผาให้เคลือบนั้นหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกัน

ปุณณรัตน์ พิชญไพบูลย์ (2538 : 133) กล่าวว่า เคลือบ มีองค์ประกอบของสารอลูมินา ซิลิกา และฟลักซ์ ที่ผสมรวมกันในสัดส่วนที่พอเหมาะ ได้รับความร้อนที่เพียงพอจนละลายและรวมตัวกันมีลักษณะใส สามารถเกาะติดกับผิวหน้าของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา มีความคงทนต่อแรงกระแทก มีความแกร่ง ทนต่อกรดและด่างได้ดี

ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาภาคเหนือ (2538 : 66) กล่าวว่า การเคลือบ คือ กระบวนการปิดหรือปกคลุมเนื้อผลิตภัณฑ์ไว้ด้วยชั้นแก้วบางๆ ด้วยส่วนผสม

ของเคลือบที่ถูกบดอย่างละเอียดแล้วทำเป็นของเหลวแล้วเอามาเคลือบเนื้อผลิตภัณฑ์แล้วทำให้แห้งและเผาสภาวะของแก้วจะเกิดขึ้นในระหว่างเผา

สุรเกียรติ ยอดวิเศษ และอัมพรธิดา ยอดวิเศษ (2538 : 22) กล่าวว่า การเคลือบ เป็นชั้นบางของแก้วผลึกรวมกันอยู่บนผิวของเนื้อผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาการทำให้เกิดเคลือบชั้นนั้นต้องมีการเลือกใช้วัตถุดิบบางชนิดมาผสมกันแล้วเคลือบบนผลิตภัณฑ์ จึงนำผลิตภัณฑ์นั้นให้ความร้อนอุณหภูมิพอดีกับน้ำเคลือบแต่ละชนิด จะเกิดการหลอมคล้ายแก้วบางๆ

ลดา พันธ์สุขุมธนา และ ชัยวัฒน์ ธานีรัตน์ (2542 : 66) กล่าวว่า เคลือบ คือ วัสดุที่หลอดตัวแล้วมีลักษณะเป็นแก้วบางๆ ปกคลุมอยู่บนเนื้อเซรามิกส์

วรรณา ต.แสงจันทร์ (2546 : 66) กล่าวว่า เคลือบ คือ ชั้นบางๆ ของแก้วที่ฉาบอยู่บนผิวผลิตภัณฑ์เซรามิกส์อย่างต่อเนื่อง

จากความหมายของเคลือบตามที่นักวิชาการหลายท่านได้กล่าวไว้พอสรุปได้ว่า น้ำเคลือบ หมายถึง สารประกอบของซิลิเกต (Silicate) ที่เคลือบอยู่บนผิวผลิตภัณฑ์ซึ่งเมื่อผ่านการเผาถึงจุดหลอมละลายจะมีลักษณะเหมือนแก้วบางๆ เคลือบอยู่บนผิวผลิตภัณฑ์

วัตถุประสงค์ของการเคลือบผิวผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาอาจจะเคลือบผิวหรือไม่เคลือบก็ได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานและความต้องการของผู้ใช้ นักวิชาการทางด้านเซรามิกส์หลายท่านกล่าวถึงวัตถุประสงค์ของการเคลือบผิวผลิตภัณฑ์ไว้ดังนี้

ทวี พรหมพฤกษ์ (2523 : 95) กล่าวว่า การเคลือบมีวัตถุประสงค์ คือ

1. เพื่อป้องกันผลิตภัณฑ์ไม่ให้ของเหลวและแก๊สไหลผ่านได้
2. เพื่อป้องกันผลิตภัณฑ์ให้มีความแข็งแกร่ง ทนต่อการกัดกร่อนต่างๆ
3. เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เกลี้ยงเกลา สะอาด และง่ายต่อการทำความสะอาดและรักษา
4. เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความสวยงาม น่าใช้ และปิดบังผิวดินได้ดี
5. การเคลือบช่วยให้เพิ่มความต้านทานต่อการกระแทนเสียดสีได้ดี

กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน (2529 : 51) กล่าวถึงความมุ่งหมายของการเคลือบภาชนะ คือ

1. ป้องกันการซึมของก๊าซและน้ำที่จะทำให้เกิดเป็นราและตะไคร่น้ำขึ้นภายนอกภาชนะ
2. ป้องกันการกัดกร่อนของเกลือหรือกรด เพราะนำไปใส่ของเค็มของดอง เช่น ไหกระเทียม ไหน้ำส้ม หรือใส่กรดโดยตรงจากต่างประเทศ
3. ผิวราบเรียบเกลี้ยงเกลากว่าของไม่เคลือบ
4. ภาชนะที่ไม่เคลือบสกปรกง่ายจากฝุ่นหรือมือจับเมื่อทิ้งไว้นาน ไม่สามารถเช็ดหรือล้างออกได้ แต่ถ้าเคลือบแล้วของสกปรกไม่ติด เช็ดออกได้ง่าย

5. ภาชนะเคลือบสามารถทำเป็นสีสันได้งดงาม คงทนถาวร แต่ภาชนะไม่เคลือบสีจะไม่คงทนถาวร

ปรีดา พิมพ์ขาวขำ (2530 : 1-2) กล่าวว่า การเคลือบบนผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ก็เพื่อวัตถุประสงค์ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายๆ อย่างดังนี้

1. เพื่อไม่ให้ของเหลวและแก๊สซึมผ่านผลิตภัณฑ์

2. เพื่อความสวยงามสะดุดตา

3. เพื่อทำความสะอาดผิวผลิตภัณฑ์ได้ง่ายขึ้น

4. ทำหน้าที่ป้องกันผิวผลิตภัณฑ์ในหลายกรณี

5. ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น

6. ทำให้เกิดคุณสมบัติเฉพาะอย่าง เช่น คุณสมบัติทางด้านไฟฟ้า แสง และทางเคมี เป็นต้น

สมถวิล อุรัสยะนันท์ (2530 : 750) กล่าวถึง วัตถุประสงค์ของการเคลือบผิวผลิตภัณฑ์ว่า เพื่อป้องกันผิวดินเป็นรูพรุน รั่ว และเป็นการเพิ่มความงามแก่ชิ้นงาน ให้มีสีสันลวดลายและความเป็นมันวาว ตลอดจนมีความคงทนถาวรเกิดขึ้น

สุมาลี ลิขิตวนิชกุล (2531 : 1) กล่าวถึง วัตถุประสงค์ของการเคลือบ ดังนี้คือ

1. เพื่อไม่ให้ของเหลวและแก๊สซึมผ่านเนื้อผลิตภัณฑ์

2. ทำให้มีคุณสมบัติเฉพาะอย่าง เช่น คุณสมบัติทางไฟฟ้าและทางเคมี

3. เพื่อให้สามารถทำความสะอาดผิวผลิตภัณฑ์ได้ง่าย

4. เพื่อความสวยงาม

สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ (2534 : 1) กล่าวว่า ประโยชน์ของการเคลือบผิวผลิตภัณฑ์มีดังนี้

1. เพื่อป้องกันการซึมผ่านของแก๊สและน้ำ

2. เพื่อให้มีความแข็งแกร่งทนต่อการกัดกร่อนต่างๆ

3. เพื่อให้มีความสวยงามน่าใช้

4. เพื่อป้องกันไม่ให้สกปรกง่ายและสะดวกในการทำความสะอาด

5. เพื่อให้มีความทนทานต่อการกระแทกเสียดสีได้ดี

ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาภาคเหนือ (2539 : 66) กล่าวว่า จุดประสงค์ของการเคลือบ คือ ทำให้ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาน่าดูและทำให้ไม่ซึมน้ำในกรณีเนื้อผลิตภัณฑ์มีความพรุนตัว ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์สะอาดต้านทานต่อสารเคมี และในหลายกรณีมีความแข็งแกร่งเชิงกลสูงกว่า

ดังนั้นจึงพอสรุปได้ว่า วัตถุประสงค์ของการเคลือบคือ

1. เพื่อความสวยงาม

2. เพื่อเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์

3. เพื่อป้องกันการซึมผ่านของของเหลว แก๊ส

4. เพื่อให้ทนต่อการกัดกร่อนของกรด ด่างต่างๆ
5. เพื่อให้เกิดความแข็งแรงของชิ้นงาน
6. เพื่อให้ทำความสะอาดได้ง่าย
7. เพื่อป้องกันการกระแทกเสียดสี
8. เพื่อทำให้เกิดคุณสมบัติทางด้านไฟฟ้า แสง และทางเคมี

การจำแนกชนิดของเคลือบ

น้ำเคลือบที่ใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ดินเผามีหลายชนิดด้วยกัน ซึ่งเกณฑ์ที่ตั้งขึ้นมาเพื่อแบ่งหรือจำแนกชนิดของน้ำเคลือบนั้นมีหลายเกณฑ์ เช่น

1. แบ่งตามวัตถุดิบที่ใช้ ได้แก่
   1.1 เคลือบตะกั่ว (Lead Glazes)
   1.2 เคลือบเกลือ (Salt Glazes)
   1.3 เคลือบบอแรกซ์ (Borosilicate Glazes)
   1.4 เคลือบขี้เถา (Ash Glazes)
   1.5 เคลือบเฟลด์สปาร์ (Feldspar Glazes)
2. แบ่งตามลักษณะที่มองเห็น หรือตามลักษณะของผิวเคลือบ ได้แก่
   2.1 เคลือบใส (Clear Glazes)
   2.2 เคลือบทึบ (Opague Glazes)
   2.3 เคลือบผลึก (Crystalline Glazes)
   2.4 เคลือบด้าน (Mat Glazes)
   2.5 เคลือบราน (Crackle Glazes)
   2.6 เคลือบมันหรือเคลือบมุก (Luster Glazes)
3. แบ่งตามชนิดของผลิตภัณฑ์ที่นำไปเคลือบ ได้แก่
   3.1 เคลือบพอร์สเลน (Porcelain Glazes)
   3.2 เคลือบโบนไชนา (Bonechina Glazes)
   3.3 เคลือบเอิร์ทเทนแวร์ (Earthenware Glazes)
   3.4 เคลือบสโตนแวร์ (Stoneware Glazes)
4. แบ่งตามกรรมวิธีการผลิต ได้แก่
   4.1 เคลือบดิบ (Raw Glazes)
   4.2 เคลือบฟริต (Frit Glazes)
5. แบ่งตามความทนไฟ
   5.1 เคลือบไฟสูง (High temperature Glazes)
   5.2 เคลือบไฟปานกลาง (Intermediate Temperature Glazes)
   5.3 เคลือบไฟต่ำ (Low temperature Glazes)
6. แบ่งตามสถานที่มาของน้ำเคลือบ หรือผู้ทำน้ำเคลือบนั้นๆ ได้แก่

6.1 Albany Slip Glazes

6.2 Seper Gorcelain Glazes

7. แบ่งตามแนวคิดของนักเซรามิกส์ 2 ท่าน คือ Kerl กับ Brogniart ได้แก่

7.1 เคลือบตะกั่ว (Lead Glazes)

7.2 เคลือบไม่มีตะกั่ว (Lead Less Glazes or Earth Glazes)

7.3 เคลือบเกลือ (Salt Glazes)

8. แบ่งตามหลักวิชาการที่ตั้งขึ้นโดยนักวิชาการทางเซรามิกส์ ซึ่งแบ่งไว้ดังนี้

8.1 เคลือบที่ไม่มีตะกั่ว (Lead Less Glazes)

8.2 เคลือบตะกั่ว (Lead Glazes)

8.3 เคลือบฟริต (Frit Glazes)

ตามที่กล่าวมาข้างต้นนี้ เป็นการจำแนกชนิดของน้ำเคลือบโดยอาศัยหลักเกณฑ์หลายอย่างต่างๆ กัน

เคลือบตะกั่ว (Lead Glazes) เป็นเคลือบที่มีตะกั่วออกไซด์ (Lead Oxide) เป็นส่วนประกอบหลัก ทำหน้าที่เป็นฟลักซ์ (Flux) เป็นเคลือบที่เผาอุณหภูมิต่ำ ลักษณะเคลือบจะมีความแวววาวสะท้อนแสงได้ดี มีความคงทนต่อการขัดสีน้อย กรดอ่อนๆ สามารถกัดกร่อนได้ ไม่นิยมนำมาใช้มากนักเนื่องจากตะกั่วมีพิษ การนำไปใช้ต้องทำให้เป็นฟริต (Frit) เสียก่อนจึงนำไปผสมในเคลือบ

เคลือบเกลือ (Salt Glazes) เคลือบเกลือเป็นเคลือบที่หาวัตถุดิบได้ง่าย ไม่ต้องมีการเตรียมเคลือบ คือนำเกลือแกงมาใช้ทำเคลือบได้เลย หลักการทำเคลือบเกลือคือ จะโยนเกลือเข้าไปในช่องเตาเผา (Fire Boxes) ในระยะอุณหภูมิที่ดินสุกตัวหรืออุณหภูมิจุดหนึ่งที่เราต้องการ เมื่อเม็ดเกลือสัมผัสกับความร้อนภายในเตา จะเกิดปฏิกิริยาเป็นควันโซเดียมไปเกาะที่ผิวผลิตภัณฑ์และทำปฏิกิริยากับซิลิกา (Silica) ที่ผิวผลิตภัณฑ์ จนกลายเป็นแก้วมัน (Glossy Silicates) จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีผิวเป็นมันวาว

เคลือบขี้เถ้า (Ash Glazes) เคลือบขี้เถ้าเป็นเคลือบที่มีราคาถูก คือ ใช้สิ่งของที่ไม่มีประโยชน์นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ เช่น ขี้เถ้า แกลบจากโรงสี ขี้เถ้าจากการเผาขี้เลื่อยหรือจากการเผาฟางข้าว เป็นต้น (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์, 2534 : 27-32) เสริมศักดิ์ นาคบัว (2532 : 110, 115) ได้กล่าวว่า เคลือบขี้เถ้า (Ash Glazes) ช่างชาวจีนรู้จักใช้น้ำเคลือบขี้เถ้าพืชนานกว่า 2000 ปีมาแล้ว ในประเทศไทยก็รู้จักใช้กันมานาน คือ การทำเครื่องสังคโลก สมัยสุโขทัยเป็นราชธานี ปัจจุบันนี้เราก็ยังใช้กันอยู่ เช่น ที่จังหวัดเชียงใหม่ สุโขทัยและราชบุรี ซึ่ง ปรีดา ปัญญาจันทร์ (2529 : 5) ได้กล่าวว่า การเคลือบโอ่งมังกรจะใช้เคลือบขี้เถ้า โดยใช้ขี้เถ้าไม้เบญจพรรณ 3 ส่วนต่อดินเลนร่องผัก 7 ส่วน เผาเคลือบที่อุณหภูมิประมาณ 1,280 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ Nagoya International Training Center (1978. P 35) ได้กล่าวว่า ขี้เถ้าพืชแต่ละชนิดมีผลทำให้ได้เคลือบที่แตกต่างกัน ในขี้เถ้าพืชจะมีส่วนประกอบทางเคมี ส่วนใหญ่คือ ซิลิกา

อลูมินา แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม โพแทสเซียม และเฟอร์ริกออกไซด์ สิ่งเหล่านี้จะแตกต่างกันแล้วแต่ชนิดและอายุของพืช

เคลือบเฟลด์ปาร์หรือเคลือบหินฟันม้า (Feldspar Glazes) เป็นเคลือบที่แร่หินฟันม้าเป็นวัตถุดิบหลักในส่วนผสมของเคลือบ ใช้สำหรับเคลือบผลิตภัณฑ์ประเภทสโตนแวร์ (Robert, 1977. P 81)

เคลือบสลิป (Slip Glazes) เป็นเคลือบที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เกิดในรูปลักษณะเป็นน้ำดิน (Slip) ซึ่งในส่วนผสมนั้นเต็มไปด้วยตัวช่วยหลอมละลาย (Flux) เคลือบสลิปเป็นเคลือบที่ต้องเผาในอุณหภูมิค่อนข้างสูง คือ ประมาณ Cone 6-Cone 10 โดยทั่วไปแล้วส่วนผสมของเคลือบสลิปเป็นพวกสารประกอบชนิดละลายน้ำได้ และมีเหล็กออกไซด์ผสมอยู่ในจำนวนที่แตกต่างกัน ทำให้มีสีไปทางสีน้ำตาลอ่อนจนถึงสีน้ำตาลแก่

เคลือบราน (Crackle Glazes) เป็นลักษณะของเคลือบอย่างหนึ่งที่มีรอยราบบนผิวเคลือบ หรือที่เรียกว่าแตกลายงา อาจเกิดขึ้นโดยเหตุบังเอิญในขั้นต้น อันเนื่องมาจากการขยายตัวและหดตัวของผิวเคลือบกับเนื้อดินที่แตกต่างกัน ซึ่งเกิดขึ้นได้ทั้งเคลือบผิวด้านและผิวมัน เราสามารถที่จะควบคุมได้เกิดรายรานขึ้นได้โดยการดัดแปลงที่ส่วนผสมของน้ำเคลือบหรือเนื้อดินปั้นให้มีเปอร์เซ็นต์การขยายตัวและหดตัวต่างกัน ก็จะเกิดเป็นเคลือบรานได้ (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์, 2534 : 35) ซึ่ง กษมา ขันทราช (2531 : 3) ได้กล่าวว่า ลักษณะการรานมี 2 อย่าง คือ การรานเป็นเส้นถี่ เนื่องจากการหดตัวขยายตัวของเนื้อดินปั้นและเคลือบต่างกันมากและการรานเป็นเส้นห่าง เนื่องจากการหดตัวขยายตัวของเคลือบเกือบจะเท่ากัน เคลือบรานไม่เหมาะสำหรับภาชนะใส่อาหาร แต่เหมาะสำหรับงานประเภทศิลปะ

เคลือบด้าน (Matt Glazes) ลักษณะของเคลือบ คือ ผิวด้านเรียบบางครั้งผิวจะหยาบเล็กน้อย ไม่เป็นเงามัน มีลักษณะผิวเหมือนเปลือกไข่ เคลือบด้านสามารถทำให้เป็นไปตามความต้องการได้ โดยการเติมสารเคมีบางชนิดลงในเคลือบแล้วทำให้ผิวของเคลือบด้าน เช่น วิธีแรกโดยการเพิ่มอลูมินา (Alumina) เรียกว่า อะลูมินาแมต (Alumina Matt) วิธีที่สองแทนฟลักซ์ (Flux) ด้วยแบเรียมคาร์บอเนต (Barium Carbonate) เคลือบที่ได้เรียกว่า แบเรียมแมต (Barium Matt) ได้กล่าวว่า เคลือบด้านสามารถเตรียมได้ด้วยการเพิ่มสารอะลูมินา ซิลิกา แคลเซียม ออกไซด์ แมกนีเซียม หรือแบเรียม เคลือบด้านสามารถแบ่งออกได้ 3 ประเภท คือ

1. เคลือบด้านชนิดมีผิวเรียบ (Smooth Matt Glazes)
2. เคลือบกึ่งด้านผิวเรียบ (Semi Matt Glazes)
3.เคลือบด้านชนิดที่มีผิวหยาบ (Rough Matt Glazes)

เคลือบด้านที่มีผิวเรียบส่วนใหญ่เกิดจากการตกผลึกของ ซิงค์ออกไซด์ ไทเทเนียมไดออกไซด์ ขณะที่เคลือบเย็นตัวลงช้าๆ ผลึกละเอียดเหล่านี้เรียกว่า “คริปโต คริสเติลไลน์” (Crypto Crystalline) ซึ่งเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก บังผิวเคลือบทั้งหมดจนทิบแสงทำให้ผิวเคลือบด้าน (ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์, 2537 : 187-188)

เคลือบผลึก (Crystallline Glazes) เป็นเคลือบที่มีลักษณะพิเศษ คือมีผลึกเกิดขึ้นในเคลือบหรือบนผิว ซึ่งเกิดจากการตกผลึกของสารบางตัวที่แยกออกมาให้เห็นได้ ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับช่วงเวลาในการเย็นตัวของเคลือบด้วย ซึ่งอาจจะมีทั้งผลึกขนาดใหญ่และผลึกขนาดเล็กแตกต่างกันไป บางผลึกเป็นรูปเข็ม บางผลึกเป็นเส้นๆ คล้ายขนแมว บางผลึกเป็นรูปพัดหรือเป็นจุดดวงเล็กๆ ลักษณะรูปร่างของผลึกที่เกิดขึ้นเป็นสิ่งดึงดูดความสนใจได้อย่างดี (มนัส ขำอ่อน, 2527 : 15) การตกผลึกของเคลือบขึ้นอยู่กับส่วนประกอบดังต่อไปนี้ คุณสมบัติทางเคมีและทางฟิสิกส์ของน้ำเคลือบ อุณหภูมิช่วงการเผายืนไฟ (Soaking) และช่วงเวลาในการเย็นตัวของเคลือบ ขึ้นอยู่กับสารจำพวกด่าง (Basic Oxides) ที่ใช้

เคลือบทึบ (Opaque Glazes) เคลือบทึบเป็นเคลือบที่ใช้เคลือบลงบนผิวผลิตภัณฑ์ แล้วสามารถบังเนื้อดินปั้นไว้ได้หมด คือ จะไม่เห็นสีของเนื้อดินปั้นเลย ส่วนมากใช้เคลือบพวกผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ (Stoneware) เพื่อบังผิวเนื้อดิน เนื่องจากเนื้อดินที่ใช้ทำสโตนแวร์มักจะมีสีไม่ค่อยขาว ความทึบของเคลือบเกิดจากองค์ประกอบตัวที่เป็นส่วนผสมของเคลือบมีความสามารถในการดูดซับแสงไว้ (Absorp) หรือกั้นบังมิให้แสงทะลุผ่านได้ สารพวกนี้ได้แก่ ออกไซด์ของดีบุก (Tin Oxide) ออกไซด์ของพลวง (Antimony Oxide) หรือส่วนผสมของสารให้สี (Colorants Oxide) เป็นต้น

เคลือบใส (Clear Glazes or Transperent Glazes) เป็นเคลือบที่ใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ แล้วทำหน้าที่คล้ายเป็นเพียงกระจกหรือแก้วใสฉาบติดที่ผิวผลิตภัณฑ์ มีลักษณะโปร่งใสจนมองเห็นสีของเนื้อดินปั้น ส่วนมากใช้สำหรับเคลือบผลิตภัณฑ์ที่ตกแต่งใต้เคลือบ (Underglaze Decoration) หรือผลิตภัณฑ์ที่ตกแต่งด้วยน้ำดิน เพื่อที่จะให้มองเห็นส่วนที่ตกแต่งไว้ ความใสของเคลือบเกิดจากสูตรเคลือบที่ไม่มีตัวทำให้ทึบแสง เช่น ดีบุกออกไซด์ พลวงออกไซด์ สังกะสีออกไซด์ เป็นต้น

เคลือบประกายมุก (Luster Glazes) เคลือบประกายมุกนี้เป็นเคลือบที่มีผิวเป็นมันแวววาว มีประกายคล้ายหอยมุก เมื่อใส่สารที่ให้สี (Colorants) เช่น นิกเกิลออกไซด์ (NiO) เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) จะได้เคลือบสีที่มีลักษณะเฉพาะที่สวยงามมาก เหมาะสำหรับตกแต่งเพื่อเพิ่มความงามให้กับผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องประดับ เช่น กระเบื้องประดับ แจกันเครื่องประดับกาย เป็นต้น (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์, 2534 : 43-45)

เคลือบฟริต (Frit Glazes) เคลือบฟริตนี้จะทำต่อเมื่อส่วนผสมของสูตรเคลือบมีสารที่สามารถละลายน้ำได้ เช่น บอแรกซ์ (Borax) โซเดียมคาร์บอเนต (Soda Ash) โพแทสเซียมคาร์บอเนต (Potassium Carbonate) หรือสารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ เช่น ตะกั่ว (Lead) เราทำฟลิตเพื่อทำให้สารที่ละลายน้ำได้เป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ และทำให้สารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพไม่ให้เป็นอันตรายหรือมีน้อยที่สุด ฟริตทำได้จากการใช้วัตถุดิบต่างๆ บดผสมกันแล้วนำไปหลอมละลายจนเป็นของเหลว แล้วปล่อยให้ลงสู่น้ำเย็นทันที สิ่งหลอมเหลวจะ

จับตัวเป็นผลึกเหมือนแก้วแตก จากนั้นจึงบดให้ละเอียดแล้วนำไปผสมเป็นเคลือบ (สัมฤทธิ์ โม้พวง, 2530 : 1)

เคลือบดิน (Raw Glazes) คือ เคลือบที่ทำจากวัตถุดิบที่ไม่ต้องทำฟริตและละลายน้ำได้เพียงเล็กน้อย หรือไม่ละลายเลย (ชลัย ศรีสุข, 2546 : 5) หรือ เป็นเคลือบที่ใช้วัตถุดิบที่เตรียมได้จากสารที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น หินฟันม้า (Feldspar) หินเขี้ยวหนุมาน (Quartz) หินปูน (Limestone) เป็นต้น มาผสมกัน แล้วนำไปบดเป็นเคลือบได้เลย โดยไม่ต้องนำวัตถุดิบตัวใดไปทำเป็นฟริต (Frit) ก่อน

เคลือบไฟสูง (High Fire Glazes) เป็นเคลือบที่ต้องใช้อุณหภูมิสูงในการเผา คือ ประมาณ 1,230-1,460 องศาเซลเซียส วัตถุดิบที่ใช้เป็นตัวช่วยหลอมละลาย (Flux) คือ หินฟันม้าและหินปูน เป็นต้น เป็นเคลือบที่ไม่ละลายในตัวทำละลายอื่นๆ ทนต่อกรด ทนต่อด่างแก่ๆ ทนต่อการขีดข่วน มีความแข็งแกร่งดี ถ้าใช้เคลือบลงบนผลิตภัณฑ์ใดก็จะเพิ่มความแข็งแกร่งในผลิตภัณฑ์นั้นๆ นิยมใช้เคลือบผลิตภัณฑ์พอร์สเลนและสโตนแวร์ มีทั้งชนิดด้านและมันวาว

เคลือบไฟปานกลาง (Intermediate Fire Glazes) เป็นเคลือบที่ใช้อุณหภูมิในการเผาปานกลางประมาณ 1,000-1,200 องศาเซลเซียส ส่วนมากใช้เคลือบผลิตภัณฑ์พวกเอิร์ทเทนแวร์โบนไชนา ซึ่งผลิตภัณฑ์พวกนี้จะมีความแข็งแกร่งน้อยกว่าพวกเคลือบไฟสูง

เคลือบไฟต่ำ (Low Fire Glazes) เป็นเคลือบที่ต้องใช้อุณหภูมิในการเผาต่ำกว่า 1,000 องศาเซลเซียส เนื่องจากเผาที่อุณหภูมิต่ำ จึงทำให้เนื้อดินปั้นไม่สุกตัว ทำให้เนื้อเคลือบกับเนื้อดินปั้นเกาะกันไม่ค่อยแนบแน่นนัก จึงมักจะมีการรานที่ผิวเคลือบ เนื้อเคลือบมีความแข็งน้อย ไม่ทนต่อการกัดกร่อนของกรดและด่าง (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์, 2534 : 47-49) ตัวที่ช่วยทำให้เคลือบหลอมตัวต่ำส่วนใหญ่จะเป็นสารตะกั่วและบอแรกซ์หรือทั้งสองผสมกัน (ชลัย ศรีสุข, 2546 : 4)

จากคำกล่าวของนักวิชาการทางด้านเซรามิกส์ข้างต้นพอสรุปการจำแนกชนิดของน้ำเคลือบ ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ดังต่อไปนี้

1. แบ่งตามวัตถุดิบที่ใช้ ได้แก่ เคลือบตะกั่ว (Lead Glazes), เคลือบเกลือ (Salt Glazes), เคลือบบอแรกซ์ (Borosilicate Glazes), เคลือบขี้เถา (Ash Glazes), เคลือบเฟลด์สปาร์ (Feldspar Glazes)

2. แบ่งตามลักษณะที่มองเห็น หรือตามลักษณะของผิวเคลือบ ได้แก่ เคลือบใส (Clear Glazes), เคลือบทึบ (Opague Glazes), เคลือบผลึก (Crystalline Glazes), เคลือบด้าน (Mat Glazes), เคลือบราน (Crackle Glazes), เคลือบมันหรือเคลือบมุก (Luster Glazes)

3. แบ่งตามชนิดของผลิตภัณฑ์ที่นำไปเคลือบ ได้แก่ เคลือบพอร์สเลน (Porcelain Glazes), เคลือบโบนไชนา (Bonechina Glazes), เคลือบเอิร์ทเทนแวร์ (Earthenware Glazes), เคลือบสโตนแวร์ (Stoneware Glazes)

4. แบ่งตามกรรมวิธีการผลิต ได้แก่ เคลือบดิบ (Raw Glazes), เคลือบฟริต (Frit Glazes)

5. แบ่งตามความทนไฟ ได้แก่ เคลือบไฟสูง (High temperature Glazes), เคลือบไฟปานกลาง (Intermediate Temperature Glazes), เคลือบไฟต่ำ (Low temperature Glazes)

6. แบ่งตามสถานที่มาของน้ำเคลือบ หรือผู้ทำน้ำเคลือบนั้นๆ ได้แก่ Albany Slip Glazes, Seper Gorcelain Glazes

7. แบ่งตามแนวคิดของนักเซรามิกส์ 2 ท่าน คือ Kerl กับ Brogniart ได้แก่ เคลือบตะกั่ว (Lead Glazes), เคลือบไม่มีตะกั่ว (Lead Less Glazes or Earth Glazes), เคลือบเกลือ (Salt Glazes)

8. แบ่งตามหลักวิชาการที่ตั้งขึ้นโดยนักวิชาการทางเซรามิกส์ ซึ่งแบ่งไว้ดังนี้ เคลือบที่ไม่มีตะกั่ว (Lead Less Glazes), เคลือบตะกั่ว (Lead Glazes), เคลือบฟริต (Frit Glazes)

วัตถุดิบที่ใช้ในการทำน้ำเคลือบ

ตามกฎของเซเกอร์ นักเคมีชาวเยอรมันผู้ซึ่งจำแนกวัตถุดิบในการเตรียมน้ำยาเคลือบออกเป็น 3 กลุ่ม (ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์, 2537 : 7)

1. วัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง (Bases Group) เป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิในการหลอมละลาย (Fluxing Agents) ในทางเซรามิกส์ใช้สัญลักษณ์ RO และ R_2O เขียนแทนวัตถุดิบกลุ่มนี้ ซึ่งได้แก่ พวกตะกั่วออกไซด์ (PbO) สังกะสีออกไซด์ (ZnO) แบเรียมออกไซด์ (BaO) โซเดียมออกไซด์ (Na_2O) โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O) แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) แคลเซียมออกไซด์ (CaO) ลิเทียมออกไซด์ (Li_2O) สตรอนเซียมออกไซด์ (SrO) เป็นต้น

2. วัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นกลาง (Intermediates or Neutrals Group) ทำหน้าที่เป็นตัวทนไฟ (Refractory) และตัวให้สี (Colorants) ในทางเซรามิกส์ใช้สัญลักษณ์ R_2O_2 เขียนแทนวัตถุดิบกลุ่มนี้ ซึ่งได้แก่ พวกอะลูมินาออกไซด์ (Al_2O_3) เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) โครเมียมออกไซด์ (Cr_2O_3) พลวงออกไซด์ (Sb_2O_3) โบรอนออกไซด์ (B_2O_3) เป็นต้น

3. วัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นกรด (Acids Group) ทำหน้าที่เป็นตัวทำให้เกิดแก้ว (Glass Forming) และทำให้ทึบในเคลือบ (Opacifier) ในทางเซรามิกส์ใช้สัญลักษณ์ RO_2 เขียนแทนวัตถุดิบกลุ่มนี้ ซึ่งได้แก่ พวกซิลิกาออกไซด์ (SiO_2) ดีบุกออกไซด์ (SnO_2) ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) เป็นต้น (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์, 2534 : 3)

จากเนื้อหาที่กล่าวมาข้างต้นพอสรุปได้ว่า วัสดุที่ใช้ทำน้ำเคลือบมีมากมายหลายชนิด แต่สามารถจัดกลุ่มได้ 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ กลุ่มแรกได้แก่ วัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง ทำหน้าที่เป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิในการหลอมละลาย ตัวอย่างเช่น โซเดียมออกไซด์

(Na_2O) โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O) เป็นต้น กลุ่มที่สองได้แก่ วัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นกลาง ทำหน้าที่เป็นตัวทนไฟ และตัวให้สี ได้แก่ พวกอะลูมินาออกไซด์ (Al_2O_3) เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) โครเมียมออกไซด์ (Cr_2O_3) เป็นต้น กลุ่มที่สามได้แก่ วัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นกรด ทำหน้าที่เป็นตัวทำให้เกิดแก้ว และทำให้ทึบในเคลือบ ซึ่งได้แก่ พวกซิลิกาออกไซด์ (SiO_2) ดีบุกออกไซด์ (SnO_2) เป็นต้น

การเตรียมน้ำเคลือบ

ขั้นตอนการผลิตเคลือบที่มีความสำคัญมากที่สุดคือ การทำส่วนผสมของน้ำเคลือบให้เป็นเนื้อเดียวกันพร้อมที่จะใช้ชุบเคลือบผลิตภัณฑ์ วิธีการที่ใช้กันทั่วไปคือ การผสมวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมของเคลือบดินกับน้ำเพื่อให้อยู่ในรูปน้ำเคลือบ (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ, 2530 : 56) วัตถุดิบในการเตรียมเคลือบส่วนใหญ่อยู่ในรูปผงละเอียดสีขาว (ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์, 2537 : 25) ในการผสมน้ำเคลือบต้องปฏิบัติด้วยความระมัดระวังตามข้อแนะนำของการใช้สารเคมี แต่ละชนิดและกรรมวิธีในการผสมสารเคมีที่ใช้ทำเคลือบชนิดต่าง ๆ นั้นควรกระทำโดยรอบคอบสารเหล่านั้นอาจมีผลต่อสุขภาพควรสวมหน้ากากที่สามารถกรองฝุ่นเหล่านั้นได้ในขณะทำการผสมเคลือบหรือขนถ่ายสารเคลือบ (ปุณณรัตน์ พิชญไพบูลย์, 2538 : 174) ขั้นตอนการเตรียมน้ำเคลือบดังนี้

1. การชั่งส่วนผสม จะต้องให้ถูกต้องแน่นอนตรงตามสูตร

2. การบดผสม ส่วนมากการบดก็เป็นการผสมไปในตัว ถ้าเตรียมเคลือบจำนวนน้อย ๆ เพื่อทำการทดลองใช้โกรงบดผสมก็เพียงพอ แต่ถ้าต้องการเตรียมจำนวนมากและให้ได้สีสม่ำเสมอ ควรจะบดด้วยหม้อบด การบดน้ำเคลือบควรใส่น้ำไม่เกิน 55 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักส่วนผสม โดยทั่วไปจะใช้น้ำประมาณ 30-40 เปอร์เซ็นต์เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการบดสูงสุด น้ำที่ใช้ในการผสมเคลือบจะต้องสะอาดปราศจากตะกอนและมีสภาพเป็นกลาง

3. การกรอง น้ำเคลือบเมื่อผ่านการบดผสมเรียบร้อยแล้วจะต้องผ่านการกรองด้วยตระแกรง (Sive) เพื่อให้ได้ความละเอียดตามต้องการ (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์, 2534 : 69)

จึงสรุปได้ว่าในขั้นของการเตรียมน้ำเคลือบ เพื่อที่จะให้ได้น้ำเคลือบที่มีคุณภาพควรคำนึงถึงสิ่งต่าง ๆ ดังนี้ เริ่มตั้งแต่การชั่งส่วนผสม จะต้องให้ถูกต้องแน่นอนตรงตามสูตร การบดผสม จะต้องใช้น้ำที่สะอาดและไม่ควรใส่น้ำมากเกินไปเพราะจะทำให้ประสิทธิภาพในการบดลดลง เมื่อบดน้ำเคลือบเรียบร้อยแล้วควรกรองน้ำเคลือบด้วยตระแกรงเพื่อให้ได้ความละเอียดตามต้องการ นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงเรื่องความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับเคลือบทุกครั้งควรสวมหน้ากากป้องกันฝุ่นจากน้ำเคลือบ

การชุบเคลือบ

การชุบเคลือบในสภาพเป็นน้ำเคลือบนิยมใช้กันมาก เพราะสามารถทำให้เคลือบดิบที่เคลือบผิวผลิตภัณฑ์มีความหนาและความสม่ำเสมอ (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ, 2530 : 68) การเคลือบผลิตภัณฑ์ เราควรเลือกวิธีที่เหมาะสม คือ ทำให้รวดเร็ว สะดวก และได้ผลดี เหมาะกับขนาดของผลิตภัณฑ์ซึ่งจะได้กล่าวรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. เคลือบด้วยวิธีชุบหรือจุ่ม (Dipping) การเคลือบด้วยวิธีนี้ทำได้รวดเร็วและง่ายกว่าวิธีอื่น เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็ก มีน้ำหนักเบาและสามารถยกได้ โดยการเอาผลิตภัณฑ์จุ่มลงในน้ำเคลือบที่เตรียมไว้แล้ว ซึ่งน้ำเคลือบจะต้องมีจำนวนมากพอที่จะจุ่มผลิตภัณฑ์ทั้งใบได้ เป็นวิธีการที่ประหยัดและนิยมใช้กันมาก

2. เคลือบด้วยวิธีเทหรือราด (Pouring) วิธีนี้ส่วนมากใช้กับผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ เช่น โอ่งหรือแจกันใหญ่ๆ ซึ่งไม่สามารถจุ่มลงในอ่างน้ำเคลือบได้ หรือใช้สำหรับน้ำเคลือบที่มีปริมาณน้อยๆ โดยการนำผลิตภัณฑ์ไปวางบนปากอ่างน้ำเคลือบที่มีไม้พาดอยู่ แล้วใช้ภาชนะตักน้ำเคลือบราดให้ทั่ว วิธีนี้อาจจะได้ผิวเคลือบที่ไม่ค่อยเรียบนัก เนื่องจากการรอยต่อระหว่างการเทราดแต่ละครั้ง

3. เคลือบด้วยวิธีทา (Painting) วิธีนี้ใช้แปรงหรือพู่กันทา ส่วนมากใช้กับผลิตภัณฑ์ทางศิลปะ (Artware) ที่ต้องการหลายๆ สี แปรงหรือพู่กันที่ใช้ทาน้ำเคลือบควรจะมีขนยาว นุ่ม เพื่อที่จะได้อุ้มน้ำเคลือบไว้ได้มากๆ

4. เคลือบด้วยวิธีพ่น (Spraying) วิธีนี้เป็นวิธีที่ทำให้ได้เคลือบที่สม่ำเสมอ น้ำเคลือบที่ใช้เคลือบด้วยวิธีนี้ต้องผสมให้ใสกว่าการเคลือบด้วย 3 วิธีแรกเพื่อสะดวกในการพ่น วิธีนี้เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่และเครื่องสุขภัณฑ์ต่างๆ เวลาพ่นควรจะพ่นในตู้พ่น (Spray Booth) เพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นเคลือบฟุ้งกระจาย และสามารถนำเคลือบที่ติดอยู่ในตู้พ่นมาใช้ได้อีก นอกจากนี้ยังเหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเผาครั้งเดียว (One Firing) (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์, 2534 : 70-72)

ตามที่นักวิชาการทางด้านเซรามิกส์ได้กล่าวถึงวิธีการชุบเคลือบพอสรุปได้ดังนี้ วิธีการเคลือบผลิตภัณฑ์มีอยู่หลายวิธี เช่น โดยการเทราด, โดยการจุ่ม, โดยการทา, โดยการพ่น ซึ่งการเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งควรคำนึงถึง ความรวดเร็ว สะดวก ประหยัด และได้ผลดี และที่สำคัญจะต้องเหมาะสมกับขนาดของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการจะเคลือบ

2.2.6 การหาส่วนผสมของวัตถุดิบ

ส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเคลือบปกติแล้วจะไม่ประกอบด้วยวัตถุดิบชนิดเดียว เช่น ส่วนผสมวัตถุดิบที่จะใช้ในการผลิตเคลือบอาจประกอบด้วย หินฟันม้า ดิน ฟริต และวัตถุดิบอื่นๆ วัตถุดิบเหล่านี้แต่ละตัวอาจจะมีองค์ประกอบของสารเคมีที่มีโครงสร้างของเนื้อวัตถุหลายๆ แบบจึงเป็นการจำเป็นที่จะต้องจัดส่วนผสมของวัตถุดิบให้เหมาะสมเพื่อให้ได้เนื้อของเคลือบตรงตามวัตถุประสงค์ (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ, 2530 : 34) ดังนักวิชาการหลายท่านกล่าวถึงวิธีการหาส่วนผสมของวัตถุดิบดังต่อไปนี้

1) การหาสูตรเคลือบด้วยวิธี Biaxial Blend หรือ Line Blend

โดยทั่วไปการหาส่วนผสมของวัตถุดิบ 2 ชนิดใช้วิธีการเปรียบเทียบอัตราส่วน โดยวัตถุดิบตัวที่ 1 เริ่มต้นจากร้อยละ 0 10 20 ... ถึง 100 และวัตถุดิบอีกตัวหนึ่งเริ่มต้นที่ร้อยละ 100 90 80 ... ถึง 0 แต่เราสามารถใช้วิธีการนี้มาผสมวัตถุมากกว่า 2 ชนิดก็ได้ (Hamilton, 1982. P 98) ทั้งนี้แต่ไม่ควรเกิน 4 ชนิดเพราะจะทำให้ไม่สะดวกในการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์และชั่งวัตถุดิบแต่ละชนิดอยู่บ้าง (เสริมศักดิ์ นาคบัว, 2536 : 16)

ตารางที่ 3 แสดงการหาส่วนผสมเนื้อดินปั้นจากวัตถุดิบ 2 ชนิด

วัตถุดิบ	ส่วนผสมที่										
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
A	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
B	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
รวม	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

(Green, 1978. p 64)

ตารางที่ 4 แสดงการหาส่วนผสมเนื้อดินปั้นจากวัตถุดิบ 3 ชนิด

วัตถุดิบ	ส่วนผสมที่										
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
A	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
B	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0
C	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0
รวม	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

(Green, 1978. p 64)

2) การหาสูตรเคลือบด้วยวิธี Triaxial Blend

เราสามารถคำนวณน้ำเคลือบ เนื้อดินปั้น หรือสีเคลือบ ได้จากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์, 2534 : 65) เคลือบที่ประกอบด้วยวัตถุดิบมากกว่า 2 ชนิด จะใช้งานได้ดีกว่า ทำการเคลือบ (Application) บนชิ้นงานได้ง่ายกว่า มีความแน่นอนจากผลของการเผามากกว่า และมักจะมีช่วงการเผา (Firing Range) กว้าง หรืออาจกล่าวได้ว่าเคลือบยิ่งมีส่วนผสมของวัตถุดิบมากชนิด จุดหลอมตัวของเคลือบก็จะยิ่งต่ำลง Triaxial Blend เป็นวิธีที่จะนำมาใช้หาสูตรเคลือบได้ดีขึ้นในด้านต่างๆ ดังนี้ (เสริมศักดิ์ นาคบัว, 2536 : 32)

2.2.7 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ทางด้านเซรามิกส์มีวิธีการแตกต่างกันหลายวิธี ขึ้นกับชนิดและรูปร่างของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงคุณภาพและคุณสมบัติต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิตด้วย (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ, 2539 : 149) การขึ้นรูปมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน กล่าวคือ

1. วิธีขึ้นรูปแบบวิธีกด (Press Method)
2. วิธีขึ้นรูปแบบรีด (Extrusion Method)
3. วิธีขึ้นรูปทรงต่างๆ (Shaping Method)
4. วิธีขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ (Casting Method)

1. วิธีขึ้นรูปแบบวิธีกด (Press Method) การผลิตด้วยวิธีนี้ต้องอาศัยเครื่องมือที่มีแรงกด ดัน และน้ำหนักมาก ได้แก่ เครื่องกด โอโตเมตริก ไฮโดรลิก (Automatic Hydrolic Press) มีทั้งชนิดอัตโนมัติ และแบบธรรมดาที่กำลังคนช่วยอัดก็มี โดยเฉพาะวัตถุดิบที่เตรียมนำมาใช้ในการผลิตมีลักษณะเป็นผงหรือเป็นฝุ่น (Dry Press or Semi-wet Press) ซึ่งอัตราส่วนของน้ำที่ใช้ผสมอยู่ประมาณร้อยละ 5-16 (ไม่สามารถนวดเป็นก้อนได้) ต้องอาศัยแรงอัดจึงจะเกาะเป็นรูปได้ แม่พิมพ์จะต้องสร้างด้วยเหล็กแข็ง (Steel Mould) การออกแบบผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ต้องเป็นแท่งตัน เป็นเหลี่ยม ไม่มีส่วนเว้าและส่วนโค้งมาก จะทำให้ถอดพิมพ์ไม่ออก ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ได้แก่ กระเบื้องฝาผนัง กระเบื้องปูพื้น อุปกรณ์ไฟฟ้า กระเบื้องมุงหลังคา อิฐประดับ เป็นต้น

2. วิธีขึ้นรูปแบบรีด (Extrusion Method) ดินที่นำมาใช้มีลักษณะเป็นก้อนและไม่แข็งมากนัก วิธีเตรียมดินโดยผ่านเครื่องอัดดิน (Filter Press) หรืออ่างเกรอะดิน แล้วนำไปเข้าเครื่องรีดดินตามรูปแบบที่ต้องการ เช่น เป็นแท่งโปร่ง เป็นท่อขนาดต่างๆ กลม เหลี่ยม ตามหัวแบบ (Die) เครื่องรีดดินโดยทั่วไปมี 2 แบบ

2.1 แบบที่ใช้ความดันของลมอัดในการรีดดิน (Piston Extrusion) เนื้อดินที่ใช้รีดต้องมีความละเอียดมาก ส่วนใหญ่นิยมท่อร้อยสาย อุปกรณ์ไฟฟ้า (Electronic) ต่างๆ เป็นต้น

2.2 แบบส่วน (Augers) เหมือนกับ Pug Mill แต่เป็นเครื่องมือรีดดินขนาดใหญ่ ใช้ในวงงานอุตสาหกรรม สามารถผลิตได้ในปริมาณมาก (Mass Product) ความเร็วรอบประมาณ 20-25 R.P.M. เช่น อิฐทนไฟชนิดเนื้อดินมีความเหนียวมาก การผลิตอิฐโปร่งที่กำลังเป็นที่นิยมในการก่อสร้าง

3. วิธีขึ้นรูปทรงต่างๆ (Shaping Method) หมายถึง การขึ้นรูปโดยวิธีใช้มือ (Hand Forming) และเป็นที่นิยมใช้ส่วนใหญ่ในโรงเรียน ได้แบ่งวิธีขึ้นรูปหลายวิธีด้วยกัน คือ

3.1 การขึ้นรูปแบบอิสระ (Free Form Method) การขึ้นรูปแบบอิสระ เป็นแบบที่ง่ายและสะดวกมาก (ทวี พรหมพฤกษ์, 2523 : 20-25) การปั้นแบบอิสระ เป็นการปั้นโดยใช้การปั้นด้วยมือเป็นส่วนใหญ่โดยอาศัยเครื่องมือเล็กๆ น้อยๆ ทั้งที่ดัดแปลงเองหรือมีใช้โดยทั่วๆ ไป การปั้นแบบนี้จะใช้วิธี คลึง บีบ กด วิธีปั้นแบบอิสระนี้มีมาแต่โบราณ ตั้งแต่มนุษย์เริ่มทำเครื่องเคลือบดินเผาเป็น ในปัจจุบันงานบางประการก็ยังใช้อยู่ แต่วิธีปั้นวิธีนี้ช้า แต่มีคุณค่าทางศิลป์ดีกว่าวิธีอื่นๆ ปัจจุบันมีใช้กันอย่างกว้างขวางในการผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องประดับ (สุรเกียรติ ยอดวิเศษ และอัมพรธิดา ยอดวิเศษ 2538 : 19)

3.2 การขึ้นรูปแบบแผ่น (Slab Method) เป็นวิธีการทำแผ่นดินเพื่อนำมาประกอบให้เป็นทรงต่างๆ เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นเหลี่ยมหรือรูปทรงเรขาคณิตและรูปทรงที่แปลกๆ วิธีทำ ขั้นแรก รีดดินให้เป็นแผ่น จากนั้นใช้เครื่องมือตัดดินตามรูปที่ต้องการ แล้วนำไปประกอบกันเข้าเป็นรูปทรง ขณะประกอบดินต้องมีลักษณะหมาดๆ จึงจะติดเป็นรูปทรงได้ดี แล้วใช้น้ำดิน (Slip) เป็นตัวต่อประสานรอยให้ติดสนิท (มรดกไทย, 2542 : 36-37)

3.3 การขึ้นรูปแบบขด (Coil Method) วิธีขดเป็นวิธีที่ผู้ปั้นได้จัดระเบียบการซ้อนของเส้นดินต่อเนื่องกันไปจนเกิดรูปทรงต่างๆ ตามความประสงค์ การซ้อนเส้นดินอย่างมีระเบียบนี้จะทำให้ดินสามารถติดกันได้ ทั้งๆ ที่วางทับซ้อนกันคนละครั้ง ถึงแม้ว่าดินแห้งและได้เผาจนสุกแล้วก็ยังสามารถเกาะติดกันแน่นอยู่ได้ในรูปเดิม (ทรงพันธ์ วรรณมาศ, 2532 : 192) การขดเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายโดยช่างปั้นที่คุ้นเคยกับการขึ้นรูปด้วยแป้นหมุนและช่างที่นิยมขึ้นรูปด้วยมือ การสร้างโอ่งลายมังกรก็ใช้กรรมวิธีนี้เช่นกัน เนื่องจากเป็นวิธีที่รวดเร็วและแข็งแรง การขดดินสามารถทำได้ด้วยการเตรียมเนื้อดินเหนียวให้เป็นเส้นยาว แล้วจึงนำเส้นดินเหล่านี้มาขดเป็นชั้นๆ ขึ้นไปตามความสูงที่ต้องการ การติดเนื้อดินเข้าด้วยกันจำเป็นต้องขูดสันขดดินให้เป็นรอยเพื่อช่วยให้ขดดินแต่ละชั้นติดกัน แล้วจึงทำน้ำดินเพื่อให้มีการประสานตัวกันขึ้น โดยความหนาของดินจะเป็นความหนาของผลิตภัณฑ์ (ปุณณรัตน์ พิชญไพบูลย์, 2538 : 35)

3.4 การขึ้นรูปแบบแป้นหมุน (Throwing Method) เป็นที่เชื่อกันว่า แป้นหมุนถูกนำมาใช้ตั้งแต่ 3,000 ปีก่อนคริสตกาล เครื่องมือขึ้นรูปโบราณนี้เป็นที่คุ้นเคยกันดีสำหรับช่างปั้นโดยทั่วไป (สาธร ชลชาติภัณโญ, 2544 : 79) การขึ้นรูปด้วยแป้นหมุนเป็นวิธีการที่อาศัยความชำนาญของช่างปั้นเป็นอย่างมาก เป็นการขึ้นรูปแบบทรงกลม โดยอาศัยเครื่องมือแป้นหมุนในสมัยโบราณเป็นแป้นหมุนใช้แรงคนถีบ (Kick Wheel) ต่อมาได้วิวัฒนาการโดยใช้กำลังไฟฟ้า (Electric Wheel) (ทวี พรหมพฤกษ์, 2523 : 30) นอกจากนี้ โกมล รักษ์วงศ์ (2538 : 52-57) ได้กล่าวไว้ว่า เนื้อดินปั้นที่นำมาขึ้นรูปโดยวิธีนี้จะต้องเป็นเนื้อดินปั้นที่มีความเหนียวสูง แป้นหมุนที่ใช้ปั้นต้องมีความเร็วรอบระหว่าง 40-80 รอบต่อวินาที แป้นหมุนที่มีความเร็วรอบช้าจะใช้ปั้นผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ ส่วนแป้นหมุนที่มีความเร็วรอบสูงจะใช้ปั้นผลิตภัณฑ์ขนาดเล็ก ขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.4.1 การนวดดิน เป็นการนวดดินเพื่อไล่ฟองอากาศในเนื้อดินและทำให้เนื้อดินมีความแข็งอ่อนเท่ากันทั้งก้อน การนวดดินสำหรับแป้นหมุนจะต้องนวดให้เป็นรูปทรงกลม ครึ่งวงกลม

3.4.2 การตั้งดินให้ได้ศูนย์ โดยการนำดินที่นวดเสร็จเรียบร้อยแล้วไปตั้งบนแป้นหมุน แล้วเปิดเครื่องแป้นหมุนให้หมุน ทำการปั้นจับศูนย์ดินโดยใช้น้ำเป็นตัวหล่อลื่นขณะที่ทำการปั้น

3.4.3 เมื่อตั้งดินได้ศูนย์กลางแล้วเจาะดินตรงจุดศูนย์กลางเพื่อที่จะดึงดินเป็นทรงกระบอก

3.4.4 การดึงทรงกระบอก การปั้นแป้นหมุน จะต้องตั้งทรงกระบอกให้ได้ก่อนที่จะตั้งรูปทรง

3.4.5 การทำรูปทรงต่างๆ หลังจากปั้นทรงกระบอกได้บางเป็นที่น่าพอใจแล้ว เริ่มเปลี่ยนรูปทรงตามที่เราต้องการ

3.4.6 ขั้นตกแต่งหรือขั้นสำเร็จ เป็นการตกแต่งก่อนยกผลิตภัณฑ์ออกจากแป้นหมุน

3.5 การขึ้นรูปแบบใบมีด (Jigger Method) เป็นการผลิตแบบมาตรฐานและสามารถผลิตได้จำนวนมาก รวดเร็ว ส่วนใหญ่ได้แก่ จาน ชาม ถ้วย วิธีผลิตอาศัยพิมพ์ (Mold) และใบมีดตามลักษณะรูปร่างของผลิตภัณฑ์ กรรมวิธีผลิตอาศัยแป้นหมุนที่มีความเร็วสูง (120 รอบต่อนาที) มีแขนสำหรับใส่ใบมีด พิมพ์ที่เป็นแบบทำด้วยปูนพลาสเตอร์ มีทั้งชนิดแบบภายนอก เช่น ประเภทจาน แบบภายใน เช่น ประเภทถ้วย เป็นต้น ใบมีดสร้างด้วยเหล็กแข็ง ใช้ขูดดินตามรูปร่างของพิมพ์ วิธีการขึ้นรูปถ้าเป็นการขึ้นรูปแบบภายนอก เตรียมดินเป็นแผ่นแล้วอัดไปบนแบบพิมพ์ เมื่อเวลาหมุนใบมีดจะทำหน้าที่ขูดไปตามรูปร่างของแบบพิมพ์ วิธีการขึ้นรูปแบบภายใน เตรียมดินเป็นก้อนกลม แล้วอัดลงไปในแบบพิมพ์ที่เตรียมไว้ ใช้ใบมีดกดลงไปในแบบในขณะที่หมุน ดินจะถูกอัดตามแบบ ในการขึ้นรูปแบบจิกเกอร์ควรใช้น้ำเข้าช่วย เพราะจะช่วยทำให้ผิวของดินเรียบร้อยดี พิมพ์ที่ใช้ในการผลิต ควรมีหลายพิมพ์และจำนวนมากเพียงพอ (ทวี พรหมพฤกษ์, 2523 : 39-40)

3.6 การขึ้นรูปแบบใช้พิมพ์กด (Hand Press Method) เป็นวิธีที่ทำกันมานานและได้ผลดี แต่มักจะมีรูปทรงตันและค่อนข้างจะหนากว่ากรรมวิธีอื่นๆ เช่น การทำพระพิมพ์ โดยทั่วไปจะนิยมใช้พิมพ์ที่ทำจากปูนพลาสเตอร์ เนื่องจากสะดวกในการเตรียมพิมพ์และการหล่อ นอกจากนี้ปูนพลาสเตอร์ยังมีคุณสมบัติดูดน้ำจากเนื้อดินทำให้เนื้อดินแห้งเร็วและไม่ติดแน่นกับหน้าพิมพ์ ขั้นตอนการทำอาจใช้กรรมวิธีของการทำแผ่นดิน หรือขดดินก็ได้ แต่จะต้องใช้เนื้อดินที่ไม่แข็งและต้องไม่เหลวเกิน ซึ่งจะทำให้ใช้เวลานานในการทำให้แห้ง กรรมวิธีของพิมพ์กดจะต้องใช้แรงกดมากพอสมควรเพื่อให้เนื้อดินอัดตัวเข้าไปในทุกส่วนของหน้าพิมพ์ ผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปกรรมวิธีนี้จะปรากฏรอยต่อของเนื้อดินที่เกิดจากการขดหรือรอยอัดของเนื้อดินขึ้น (ปุณณรัตน์ พิชญไพบูลย์, 2538 : 47)

4. วิธีขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ (Casting Method)

การหล่อเป็นวิธีขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถขึ้นรูปด้วยเครื่องจิกเกอร์หรือการอัดพิมพ์ การขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อน้ำดินจะต้องอาศัยแบบพิมพ์จำนวนมากในการผลิต คำว่า สลิป (Slip) หมายถึง น้ำดินเหลวโดยทั่วไป และน้ำดินสำหรับงานหล่อ เรียกว่า Casting Slip ต้องเติมน้ำยากันดินตกตะกอนในส่วนผสมของน้ำดินด้วย การขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อน้ำดินเหมาะสำหรับการผลิตชิ้นงานที่ยาก มีรายละเอียดมาก หรืองานที่ค่อนข้างซับซ้อน เช่น ชิ้นงานแกะลาย ชิ้นงานที่มีรูปทรงเหลี่ยมหรือรูปทรงอิสระต่างๆ เช่น เครื่องสุขภัณฑ์ ชิ้นงานประเภทตั้งโต๊ะที่มีรูปทรงภายในกลวง เช่น กาน้ำชา-กาแฟ แจกัน โถฝาปิด เป็นต้น (ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์, 2541 : 111)

การหล่อสลิปที่นิยมทำกันมี 2 วิธี คือ

1. การหล่อสลิปแบบกลวง (Drain Casting) หมายถึง การหล่อเมื่อได้ความหนาพอสมควรของผลิตภัณฑ์ก็เทน้ำสลิปออกจากพิมพ์ เทคนิคในการเทสลิปต้องค่อยๆ เทและคว่ำไว้จนหมดสลิปในแบบ มิฉะนั้นจะทำให้ผิวภายในขรุขระ พิมพ์ที่ใช้อาจเป็นพิมพ์ชิ้นเดียวหรือหลายๆ ชิ้นก็ได้

2. การหล่อสลิปแบบตัน (Solid Casting) หมายถึง การหล่อสลิปลงในพิมพ์ให้เป็นแท่งตัน ข้อแตกต่างกันก็คือ จะต้องทำแบบพิมพ์ไม่เหมือนกับแบบกลวง พิมพ์แบบนี้จำกัดความหนาของผลิตภัณฑ์ นิยมใช้ในการหล่อจานเปล เครื่องสุขภัณฑ์ต่างๆ (ทวี พรหมพฤกษ์, 2523 : 43)

จึงสรุปได้ว่า การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ทางด้านเซรามิกส์มีหลายวิธีการแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดและรูปร่างของผลิตภัณฑ์ และยังขึ้นอยู่กับคุณภาพและคุณสมบัติต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิตด้วยการขึ้นรูปมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน คือ

1. วิธีขึ้นรูปแบบวิธีกด (Press Method)
2. วิธีขึ้นรูปแบบรีด (Extrusion Method)
3. วิธีขึ้นรูปทรงต่างๆ (Shaping Method)
4. วิธีขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ (Casting Method)

2.2.8 การอบผลิตภัณฑ์ให้แห้ง

การอบแห้งเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญในการผลิตเซรามิกส์ เนื่องจากมีความจำเป็นที่จะต้องทำการขับไล่ความชื้นออกจากเนื้อของผลิตภัณฑ์หลังจากผ่านกระบวนการขึ้นรูปแล้ว เพื่อเตรียมที่จะนำเข้าเผา กระบวนการอบแห้งเป็นกระบวนการที่ค่อนข้างซับซ้อน เริ่มต้นจากการที่น้ำเริ่มระเหยออกจากชิ้นงานพร้อมกับเกิดการหดตัวขึ้นโดยที่การหดตัวจะมีค่าเท่ากับปริมาตรของน้ำที่สูญเสียไป ต่อจากนั้น เป็นช่วงที่น้ำภายในชิ้นงานเริ่มมีการระเหยออกมาซึ่งจะมีการหดตัวเล็กน้อย หรือบางครั้งไม่พบการหดตัวเลย ในกระบวนการอบแห้งนี้ เราจะพบข้อบกพร่องหรือตำหนิต่างๆ เกิดขึ้นมาได้ เช่น การร้าวของชิ้นงาน หรือการบิดงด ชิ้นงานใดๆ ก็ตาม โดยหลักการแล้วควรที่จะทำการปล่อยให้แห้งอย่างช้าๆ ค่อยๆ เป็นค่อยๆ ไป ไม่สมควรที่จะเร่งอัตราการแห้ง งานชิ้นใหญ่ๆ บางที่ต้องใช้เวลาในการอบแห้งนานนับเดือน อย่างไรก็ตามเมื่อเป็นอุตสาหกรรมแล้ว เวลาเป็นปัจจัยที่สำคัญมาก ทำให้การรอให้แห้งเป็นสิ่งที่ไม่สามารถทำได้ จึงเกิดการพัฒนากระบวนการอบแห้งเพื่อลดเวลาที่จะต้องรอคอยลงมาให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยการนำเงื่อนไขของลม ความชื้น และอุณหภูมิเข้ามาช่วย (ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาภาคเหนือ, 2539 : 84)

กลไกการอบผลิตภัณฑ์ให้แห้ง

ในผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปเสร็จใหม่ๆ จะมีน้ำประกอบอยู่ 4 รูปแบบด้วยกัน คือ

1. น้ำที่ถูกดูดซับอยู่ที่ผิวของอนุภาคของวัตถุดิบ (Absorbed Water)
2. น้ำที่เป็นสาเหตุทำให้ผลิตภัณฑ์หดตัวเมื่ออบแห้ง (Shrinkage Water)
3. น้ำซึ่งถูกขังอยู่ในช่องว่างในผลิตภัณฑ์ (Pore Water)
4. น้ำซึ่งประกอบอยู่ในโครงสร้างของผลึกวัตถุดิบ (Crystal Lattice Water)

ผิวของแข็งทุกชนิดมีความสามารถดูดซับน้ำ ซึ่งอาจจะมีความหนาเพียงหนึ่งโมเลกุลหรือมากกว่า และการสะสมน้ำในเนื้อของแข็งจะเป็นไปอย่างต่อเนื่อง และอยู่ในรูปของหลอดเล็กๆ ปริมาณของน้ำที่ถูกดูดซับขึ้นกับความดันไอของน้ำในบรรยากาศ ดังนั้นเนื้อผลิตภัณฑ์เมื่อแห้งจะค่อยๆ ดูดซับน้ำในบรรยากาศจนถึงจุดสมดุล พวกดินขาวซึ่งมีเม็ดหยาบจะดูดซับน้ำได้น้อย พวกดินดำจะดูดซับความชื้นได้มากกว่าดินขาวเนื่องจากมีเม็ดละเอียดมากกว่าปริมาณของน้ำที่ทำให้ผลิตภัณฑ์หดตัวเมื่ออบผลิตภัณฑ์ให้แห้ง น้ำปริมาณนี้เป็นน้ำส่วนที่แยกอนุภาคของดินออกจากกันในขณะที่ดินนั้นยังคงสภาพความเหนียวอยู่ น้ำปริมาณนี้จะมีจำนวนโมเลกุลอยู่ในช่วง 200 โมเลกุล ดังนั้น เมื่อน้ำปริมาณนี้ถูกขจัดออกไปในระหว่างการอบแห้ง จะเป็นสาเหตุทำให้ผลิตภัณฑ์มีการหดตัว

น้ำที่ถูกขังอยู่ภายในช่องว่างของผลิตภัณฑ์ น้ำปริมาณนี้จะมีมากหรือน้อยขึ้นกับขนาดของอนุภาคขอวัตถุดิบมีขนาดกระจายดีมากน้อยเพียงใด นอกจากนี้ก็ขึ้นกับการอัดตัวกันของอนุภาควัตถุดิบ คือ อัดตัวกันได้แน่นขนาดไหน ขนาดของอนุภาคของวัตถุดิบถ้าใหญ่หรือหยาบ โอกาสที่จะมีช่องว่างในเนื้อผลิตภัณฑ์ก็มีมากและช่องว่างมีขนาดใหญ่ ฉะนั้นน้ำจึงมีโอกาสถูกขังอยู่ในช่องว่างมากตามไปด้วย อนุภาคขนาดเล็กหรือละเอียดก็จะให้ผลที่ตรงข้ามกับที่กล่าวมา

น้ำในผลึกของแร่ มักจะพบในแร่พวกที่หนึ่งเซลล์ประกอบด้วยเนื้อเยื่อสามชั้น น้ำจะแทรกอยู่ระหว่างชั้นและเป็นเหตุให้แร่นั้นมีการขยายตัวตามแกน C เมื่อน้ำนี้ถูกขจัดออกไปตอนอบแห้งจะทำให้ผลึกกลับคืนสู่ขนาดเดิม ซึ่งเป็นสาเหตุของการหดตัว ในเบนโตไนต์จะพบปรากฏการณ์แบบนี้ และมีการหดตัวสูง เพราะว่ามีแร่พวกหนึ่งเซลล์มีชั้นเนื้อเยื่อที่เป็นโครงสร้างของดินซ้อนกันสามชั้น ในผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ทั่วไปมีแร่ดินพวกนี้เข้ามาเกี่ยวโยงน้อยมาก ผลการหดตัวเนื่องจากแร่พวกนี้จึงมีไม่มาก น้ำในผลึกของแร่มีแรงยึดค่อนข้างสูง การขจัดจึงค่อนข้างยาก น้ำชนิดนี้จะหมดไปในขั้นตอนสุดท้ายของขบวนการอบแห้ง

เนื้อผลิตภัณฑ์ขณะอบแห้งมีการหดตัวน้อยกว่าดินล้วนๆ เพราะว่าเนื้อผลิตภัณฑ์มีพวกวัตถุดิบบางส่วนไม่มีความเหนียวและยังมีเม็ดหยาบกว่าดิน ซึ่งมีส่วนช่วยทำให้ดูดซับปริมาณน้ำน้อยลง และทำให้ผลิตภัณฑ์มีความพรุนตัวต่ำเมื่อแห้ง การที่มีขนาดต่างกันของดิน หินแก้ว หินฟันม้า คือ หินแก้วและหินฟันม้าเป็นวัตถุดิบที่จัดเป็นพวกที่มีขนาดหยาบ ดินขาวมีขนาดเล็กรองลงมาและดินดำเป็นวัตถุดิบที่มีความละเอียดมาก ทำให้เนื้อผลิตภัณฑ์อัดตัวกันดี (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ, 2539 : 203-205)

ลักษณะต่างๆ ของการอบแห้ง

1. การอบแห้งแบบฮอทฟลอร์ดรายเออร์ (Hot Floor Dryers)

การอบแห้งแบบนี้ใช้ห้องอบที่ได้รับความร้อนมาจากเตาในส่วนของแก๊สที่ผ่านมาทางปล่องระบายความร้อน หรือใช้วิธีอื่นที่จะให้ความร้อนผ่านเข้ามาในห้องอบไอน้ำจากผลิตภัณฑ์ที่ระเหยออกมาทำให้บรรยากาศในห้องอบค่อนข้างชื้น จำเป็นต้องมีการควบคุมความชื้นในห้องอบให้เหมาะสมและส่วนมากห้องอบแบบนี้ใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่มาก

2. การอบแห้งแบบอาศัยความชื้นสัมพัทธ์

การอบแห้งแบบนี้อาศัยหลักที่ว่า ของที่เปียกอยู่จะไม่มีการระเหย ถ้าความชื้นสัมพัทธ์มีค่าสูงมากแม้ว่าจะมีการเพิ่มอุณหภูมิก็ตาม ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการจะอบแห้งแบบนี้ส่วนมากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้กับเตาอุโมงค์ ซึ่งจะบรรจุหรือวางบนรถที่เคลื่อนที่ผ่านห้องเผาที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์มีค่ามากจนไม่มีการระเหยของน้ำในผลิตภัณฑ์ออกมาเลยเมื่อรถเคลื่อนที่มาจนถึงบริเวณที่กำหนดที่จะเริ่มมีการระเหยอุณหภูมิจะลดลง ในขณะที่ผิวของผลิตภัณฑ์ยังคงเหลือความร้อนอยู่ ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ในบริเวณนี้ลดลง ความชื้นในผลิตภัณฑ์จะระเหยออกมาอย่างรวดเร็วจนแห้ง

3. การอบแห้งโดยใช้รังสีอินฟราเรด

การอบแห้งแบบนี้ต้องมีแหล่งกำเนิดคลื่นใต้แสง หรืออินฟาเรดที่จะทำให้โมเลกุลของน้ำในเนื้อผลิตภัณฑ์ดูดกลืนเข้าไปและเกิดพลังงานความร้อนขึ้นจนไอน้ำระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ การอบแห้งวิธีนี้ค่อนข้างที่จะรวดเร็วและสม่ำเสมอ

4. การอบแห้งโดยใช้คลื่นความถี่สูง

ใช้หลักการเหมือนวิธีอินฟราเรด แต่เปลี่ยนมาเป็นคลื่นวิทยุที่มีความเข้มมากๆ เช่น ไมโครเวฟแทน

5. การอบแห้งโดยใช้กระแสไฟฟ้า

อาศัยหลักการส่งกระแสไฟฟ้าผ่านเนื้อดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งดินที่ขึ้นรูปจากท่อนดินขนาดใหญ่ เช่น อุตสาหกรรมฉนวนไฟฟ้า ท่อนดินที่ผ่านเครื่องรีดดินจะมีขนาดใหญ่มาก การอบแห้งแบบทั่วไปไม่สามารถที่จะทำให้แห้งได้ในเวลาอันสั้น จะใช้วิธีส่งกระแสไฟฟ้าผ่านท่อนดินนี้ด้วยค่าที่เหมาะสมทำให้โมเลกุลของน้ำในดินสั่นสะเทือนและระเหยออกมา (ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์, 2541 : 287)

จึงสรุปได้ว่าการผลิตภัณฑ์ให้แห้งถือเป็นกระบวนการที่สำคัญในการผลิตเซรามิกส์ เพราะถ้าเราปล่อยให้ผลิตภัณฑ์แห้งหรืออบให้แห้งอย่างไม่ระมัดระวังจะทำให้เกิดการแตกร้าว หรือชิ้นงานโค้งงอเสียหายได้ การอบผลิตภัณฑ์ให้แห้งเป็นการไล่น้ำออกจากผลิตภัณฑ์ ซึ่งในเนื้อผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปเสร็จใหม่ๆ จะมีน้ำที่เป็นองค์ประกอบอยู่ 4 ชนิด คือ 1. น้ำที่ถูกดูดซับอยู่ที่ผิวของอนุภาคของวัตถุดิบ 2. น้ำที่เป็นสาเหตุทำให้ผลิตภัณฑ์หดตัวเมื่ออบแห้ง 3. น้ำซึ่งถูกขังอยู่ในช่องว่างในผลิตภัณฑ์ 4. น้ำซึ่งประกอบอยู่ในโครงสร้างของผลึกวัตถุดิบ เมื่อน้ำถูกขจัดออกไปแล้วจะทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งและมีการหดตัวเกิดขึ้น วิธีการอบผลิตภัณฑ์ให้แห้งมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน ดังเช่น ปล่อยให้แห้งเองตามธรรมชาติในที่ร่ม อบแห้งในห้องอบหรือเตาอบ อบแห้งโดยใช้คลื่นความถี่สูง หรืออบแห้งโดยใช้กระแสไฟฟ้า เป็นต้น

2.3 เตาเผาและการเผา

2.3.1 เตาเผา (Kiln)

เตาเผาเซรามิกเป็นอุปกรณ์ลำดับท้ายสุดที่ใช้ในกระบวนการผลิต จึงมีความสำคัญและมีผลต่อระบบการผลิตเป็นอย่างมาก เพราะความผิดพลาดที่เกิดจากการเผา จะเป็นผลให้งานต่างๆ ที่ผ่านการเตรียมมาเป็นอย่างดีในขั้นตอนการผลิตแรกๆ เกิดความเสียหายหรือพังทลายลงไปได้ (อำพน วัฒนรังสรรค์, 2540 : 29) และนอกจากนี้การที่จะทำเครื่องปั้นดินเผาให้เกิดผลดีและผลิตภัณฑ์มีความเสียหายน้อยที่สุดนั้น ยังขึ้นอยู่กับกรรมวิธีในการเผา การควบคุมไฟ และการคุมอุณหภูมิ (มรดกไทย, 2542 : 42) เตาเผาที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ได้มีผู้ออกแบบตลอดจน รูปร่าง ขนาด ให้เหมาะสมกับความต้องการและมีประสิทธิภาพสูง ประหยัดเชื้อเพลิง ปลอดภัย ควบคุมสะดวก ได้แบ่งประเภทเตาเผาตามลักษณะต่างๆ ดังนี้ คือ

1. แบ่งตามประเภทการใช้งานของเตา (Perodic Kiln)

ซึ่งหมายความถึงเตาชนิดต่างๆ จะเป็นเตาน้ำมัน เตาแก๊ส เตาไฟฟ้า เตาฟืน โดยเผาเป็นครั้งคราว เผาแบบกึ่งต่อเนื่อง หรือเผาตลอดเวลา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ผลิตที่จะต้องการจะสนองความต้องการของอุตสาหกรรม ซึ่งแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆ คือ

1.1 เตาเผาที่ไม่ต่อเนื่อง (Un Continuous Kiln) หมายถึง เตาเผาที่เผาเป็นครั้งคราวโดยเผาไม่ติดต่อกัน ต้องใช้เวลานานพอสมควรรอให้เตาเย็น จึงจะมีการบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตาใหม่ เป็นเตาที่เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมภายในครอบครัว งานค้นคว้าวิจัยงานทดลองต่างๆ

1.2 เตาเผาชนิดกึ่งการต่อเนื่อง (Simi Continuous Kiln) เป็นเตาที่สามารถเผาเกือบจะติดต่อกันไป ทำให้เป็นการประหยัดเชื้อเพลิง โดยอาศัยความร้อนส่วนหนึ่งของเตาเผา และควรเป็นเตาชนิดที่ใช้รถบรรจุผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นอีกคันหนึ่ง หมุนเวียนสลับกันไป ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมใช้กันทั่วไป

1.3 เตาเผาชนิดที่เผาต่อเนื่อง (Continuous Kiln) เป็นเตาแบบอุโมงค์ (Tunnel Kiln) หรือเตาแบบวงแหวน เป็นเตาที่ออกแบบให้เผาติดต่อกันได้ตลอดเวลา เป็นเตาที่มีระบบการควบคุมอย่างดี ลงทุนสูงใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

2. แบ่งตามประเภทของทางเดินลมร้อน

เป็นการออกแบบเตาเผา ที่ให้ความร้อนเดินไปในทิศทางที่ต้องการ และได้ประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี มีประสิทธิภาพในการใช้งาน กล่าวคือ

2.1 เตาเผาชนิดทางเดินลมร้อนในแนวนอน (Horizontal Draft Kiln) เป็นเตาชนิดที่มีรูปร่างยาวขนานกับพื้นดิน หลังคาโค้ง ตลอดจนถึงแนวปล่อง เป็นเตาที่ใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง และสามารถเผาได้อุณหภูมิสูง ซึ่งได้แก่ เตาจีน เตากูบ เตาเผาเคลือบเซราดอนที่เชียงใหม่ เตาเผาสังคโลกที่มีชื่อเสียงในสมัยสุโขทัย ปัจจุบันเตาแบบนี้ไม่ค่อยเป็นที่นิยม เนื่องจากต้นทุนในการผลิตสูง และเชื้อเพลิงที่ใช้หายากขึ้น และอีกประการหนึ่งต้องคอยควบคุมตลอดเวลา

2.2 เตาเผาชนิดทางลมร้อนขึ้น (Up Draft Kiln) มักเป็นเตาขนาดเล็กที่สร้างขึ้นอย่างง่าย ๆ รูปทรงของเตาที่พบมีทั้งทรงกลมและทรงสี่เหลี่ยม พบมีทั้งที่ทำด้วยดินเหนียวและอิฐ โครงสร้างของเตาแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ห้องบรรจุเชื้อเพลิงอยู่ด้านล่าง และห้องบรรจุภาชนะที่จะเผาอยู่ถัดขึ้นมาตอนบน มีแผ่นดินเหนียวกลมหรือสี่เหลี่ยมตามรูปทรงของเตาคั้นระหว่างห้องบรรจุเชื้อเพลิงกับห้องบรรจุภาชนะ แผ่นดินเหนียวดังกล่าวเรียกว่า ตะกรับ แผ่นตะกรับนี้จะเจาะรูกลมเล็ก ๆ คล้ายรังผึ้ง เพื่อให้ความร้อนผ่านขึ้นจากห้องบรรจุเชื้อเพลิงในระดับแนวดิ่งมาสู่ภาชนะที่วางเรียงไว้ เตาชนิดนี้มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เตาตะกรับ (มรดกไทย, 2542 : 44)

2.3 เตาเผาชนิดทางลมร้อนลง (Down Draft Kiln) เป็นเตาที่มีบทบาทสำคัญมาก เป็นเตาที่สามารถเผาในอุณหภูมิสูง เป็นเตาเผาที่ใช้เทคนิคสูง และการลงทุนค่อนข้างแพง โดยเฉพาะวัตถุที่ใช้ในการก่อสร้างเตา ต้องเป็นวัสดุที่มีคุณภาพดี สามารถทนต่อสภาวะต่าง ๆ ปัจจุบันเตาประเภทนี้นิยมสร้างเป็น เตาน้ำมัน เตาแก๊ส สำหรับเตาแก๊สใช้อิฐประเภทเบา ช่วยประหยัดเชื้อเพลิงได้ดี

3. แบ่งตามประเภทของเปลวไฟ

เตาที่เผาผลิตภัณฑ์ในปัจจุบันนี้ เตาบางประเภทมักออกแบบเป็นเตาให้เปลวไฟสัมผัสผลิตภัณฑ์โดยตรงก็มี แต่เตาบางชนิดโดยเฉพาะเตาเผาเคลือบ จะต้องออกแบบไม่ให้เปลวไฟสัมผัสได้เลย ซึ่งการออกแบบเตาเผาต้องมีลักษณะแตกต่างกัน คือ

3.1 เตาเผาชนิดเปลวไฟสัมผัส (Direct Firing Kiln) เป็นเตาขนาดใหญ่ ใช้เผาผลิตภัณฑ์ประเภทสิ่งก่อสร้าง (Terra-cotta) อิฐ กระเบื้อง ท่อ อิฐทนไฟ เป็นเตาเผาที่ให้อุณหภูมิสูงส่วนมากใช้เผาผลิตภัณฑ์ที่ไม่เคลือบ

3.2 เตาเผาชนิดกึ่งป้องกันเปลวไฟ (Semi Muffle Kiln) เป็นเตาชนิดที่ออกแบบให้มีกำแพงไฟ (Buffle wall) ให้เปลวไฟสัมผัสกำแพงไฟโดยตรง โดยสร้างกำแพงไฟอยู่เหนือช่องเผา (Firing chamber) เตาชนิดนี้ใช้เผาเคลือบได้ดี

3.3 เตาเผาชนิดเตาปิด (Muffle Kiln) เป็นเตาที่ออกแบบให้มีระบบป้องกันเปลวไฟสัมผัส โดยใช้วัสดุทนไฟสร้างเป็นหีบป้องกันไฟโดยตรง ใช้เผาเคลือบได้ดี หรือจะใช้เผาผลิตภัณฑ์ชนิดบนเคลือบก็ได้ โดยใช้หีบทนไฟ (Sagger) ขนาดเล็กที่ใช้บรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผา

4. แบ่งตามลักษณะเชื้อเพลิง

เตาที่ใช้เผาผลิตภัณฑ์ จะต้องออกแบบให้เหมาะสมกับเชื้อเพลิง ตลอดจนรูปร่างและขนาดของเตาจะต้องดัดแปลงแก้ไขให้เหมาะสมกับงาน รวมทั้งการประหยัดและให้ผลคุ้มค่ากล่าวคือ

4.1 เตาชนิดที่ใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง (Wood Firing Kiln) ผู้สร้างจะต้องออกแบบให้การลุกไหม้ของเชื้อเพลิงได้ดี และสามารถเผาได้อุณหภูมิสูง โดยเฉพาะขี้เถ้าจะต้องถ่ายเทได้สะดวก เตาที่ใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงสร้างเป็นเตาชนิดต่างๆ ได้ตามต้องการ

4.2 เตาชนิดที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง (Coal Firing Kiln) เป็นเตาที่เผาได้อุณหภูมิสูง แต่การลุกไหม้ของเชื้อเพลิงจะต้องออกแบบให้เหมาะสม ช่องที่จะใส่เชื้อเพลิง และการระบายขี้เถ่าในเตาต้องให้สมดุลย์กัน

4.3 เตาชนิดใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง (Gass Firing Kiln) เป็นเตาเผาที่ให้อุณหภูมิสูง สามารถเผาแบบ Oxidizing หรือ Reduction

4.4 เตาเผาชนิดที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง (Oil Firing Kiln) อาจออกแบบให้ใช้น้ำมันประเภทโซล่า (Light Oil) หรือน้ำมันเตา (Heavy Oil)

4.5 เตาเผาชนิดไฟฟ้า (Electric Firing Kiln) เป็นเตาเผาที่สามารถให้อุณหภูมิสูง และสามารถเร่งความเร็วได้ตามต้องการ เป็นเตาที่เผาแบบ Oxidizing เท่านั้น (ทวี พรหมพฤกษ์, 2525 : 14-15)

2.3.2 เตาแก๊ส (Gas Kiln)

เตาแก๊สปัจจุบันนับว่าเป็นเตาที่กำลังนิยมในหมู่บรรดาผู้ผลิตเครื่องปั้นดินเผาเป็นเตาที่ค่อนข้างสะอาดเผาให้อุณหภูมิสูง (High Temperature) มีความสะดวกต่อการใช้งานประหยัดเชื้อเพลิง ปลอดภัย เป็นเตาที่สามารถเผาแบบ Reduction ได้ การสร้างเตาแก๊สจะต้องใช้อิฐเบา (Insulating Brick) ในการก่อเตาชนิดที่มีความทนไฟสูง เพราะช่วยประหยัดเชื้อเพลิงได้ดี

เตาแก๊สที่สร้างแบบมาตรฐาน ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปมีอยู่ 2 แบบ

1. เตาแก๊สชนิดทางลมร้อนขึ้น (Up Draft Kiln)
2. เตาแก๊สชนิดทางลมร้อนลง (Down Draft Kiln)

เตาแก๊สชนิดทางลมร้อนขึ้น

การสร้างเตาแก๊สชนิดทางลมร้อนขึ้น เป็นเตาที่ไม่มีปล่องไฟ แต่มีช่องระบายความร้อน ทำหน้าที่แทนปล่องไฟอยู่ในตอนบนของเตา ช่องล่าง (ก้นเตา) ให้ความร้อนผ่านแผ่นรองชนิดทนไฟสูง (Herth Slab) โดยไม่ผ่านผลิตภัณฑ์โดยตรง แผ่นรองนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวนำความร้อนที่ดี (Thermal Conductivuty) รับน้ำหนัก และช่วยเฉลี่ยความร้อนให้สม่ำเสมอทั่งทั้งเตา

เตาแก๊สชนิดทางลมร้อนขึ้น นิยมออกแบบเตาเป็นรูปสี่เหลี่ยม ชนิดเปิดหน้า (Front Loading) ชนิดเปิดบน (Top Loading) เตาแก๊สชนิดทางลมร้อนขึ้น เป็นเตาที่มีขนาดไม่ใหญ่มากนัก เป็นเตาที่เหมาะสำหรับงานทดลอง งานวิจัยต่างๆ ได้ดี

เตาแก๊สชนิดทางลมร้อนลง

เป็นเตาที่ออกแบบสร้างส่วนมากเป็นเตาขนาดใหญ่ และเผาผลิตภัณฑ์ได้จำนวนมาก การบรรจุผลิตภัณฑ์โดยการใช้รถ (Kiln Car) ซึ่งทำให้สะดวกและคล่องตัว ถ้าต้องการเพิ่มผลผลิตก็เพิ่มรถไว้สำรองอีกซึ่งเท่ากับเป็นการประหยัดเชื้อเพลิงได้ดีซึ่งสามารถเผาติดต่อกันไป กำลังเป็นที่นิยมกันอยู่ เตาแก๊สชนิดทางลมร้อนลง จะต้องสร้างให้มีปล่องเตา ซึ่งจะช่วยให้การเผาไหม้หรือสันดาปได้อย่างดี การก่อสร้างเตาแก๊สชนิดทางลมร้อนลง ซึ่งจะเป็นเตาขนาดใหญ่รับน้ำหนักมาก ผู้ทำการก่อสร้างเตาจะต้องสร้างฐานรากให้แข็งแรง นอกจากนี้เตาแก๊สชนิดนี้ การลงทุนค่อนข้างสูงกว่าแบบทางลมร้อนขึ้น

ส่วนประกอบที่สำคัญของเตาแก๊ส

เตาแก๊สชนิดทางลมร้อนลง เป็นเตาที่มีประสิทธิภาพ และให้อุณหภูมิสูง จึงมีส่วนประกอบที่สำคัญต่างๆ คือ

กำแพงเตา

เนื่องจากเตาแก๊สชนิดทางลมร้อนลง เป็นเตาขนาดใหญ่ การก่อกำแพงเตา โดยก่อเป็นสองชั้นส่วนภายในเตา (Lining) เป็นส่วนที่รับความร้อนสูงสุดและรับความร้อนโดยตรง ใช้อิฐที่มีคุณภาพดี เผาในอุณหภูมิสูง เป็นอิฐเบา ส่วนภายนอกจะใช้แผ่นรองชนิด Insulating Board อีกชั้นหนึ่งก็ได้

หลังคาเตา

หลังคาเตาขนาดใหญ่ สร้างเป็นหลังคาโค้ง (Roof Arch) ทำให้หลังคาทรงตัวได้ดีในพื้นที่กว้างในการก่อสร้างหลังคาเตา จะต้องสร้างแบบและเรียงอิฐตามแบบอิฐที่ใช้ก่อจะต้องคำนึงถึงการหดตัว และขยายตัวของอิฐจากน้ำหนักแรงอัดที่จะเกิดขึ้น ข้อควรคำนึงจะต้องสร้างกำแพงที่รองรับจุดศูนย์ถ่วงต้องแข็งแรงฉะนั้นหลังคาอาจยุบลงได้

รถบรรจุผลิตภัณฑ์

เตาที่สร้างชนิดที่บรรจุผลิตภัณฑ์ในรถ (Kiln Car) ชนิดทางลมร้อนลง ผู้สร้างต้องออกแบบให้มีช่องระบายความร้อน (Exhaust Channel in the Floor) ไปในตัวออกสู่ปล่อง ทำให้การหมุนเวียนของลมร้อนเป็นไปอย่างช้าๆ และสามารถช่วยทำให้ได้ความร้อนสูงขึ้น

ประตูเตา

เตาแก๊ส การออกแบบฝาเตาหรือประตูเตา มักจะออกแบบติดกับรถบรรจุผลิตภัณฑ์ หรือจะสร้างติดกับรถโดยตรงก็ได้ แต่ข้อสำคัญต้องให้การปิดเปิดได้คล่องตัว เนื่องจากฝาเตาใหญ่รับน้ำหนักมาก ฝาเตาออกแบบให้มีช่องดูผลิตภัณฑ์ภายในเตาหรือใช้เปรียบเทียบสีของไฟภายในเตาโดยเจาะรูสองระดับ จะใช้ตัวโคน (Cone) วัดอุณหภูมิก็ได้

ปล่องเตาแก๊ส

ปล่องเตาแก๊สมีไว้เพื่อให้การลุกไหม้ของเชื้อเพลิงได้ดี มีขนาดไม่ใหญ่เหมือนเตาฟืน นิยมใช้ท่อเหล็ก และเป็นปล่องไม่สูงมากหนัก

หัวพ่น

หัวพ่นเตาแก๊ส (Burner) มีหลายแบบ และบางแบบปรับลมธรรมชาติ (Primary Air) บางแบบใช้ความดันลม (Forced Air Mixing) ซึ่งแล้วแต่ผู้ออกแบบเตาควรจะติดตั้งชนิดไหน หัวพ่นชนิดที่นิยมใช้กัน แบบเวนจูรี้ (Vecturi) แบบ Air-Gas Mixer หัวพ่นที่สมบูรณ์แบบ เนื่องจากเตาเผาต้องใช้เวลานานในการเผาผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะเผาเคลือบมักจะนิยมใช้หัวพ่นที่ทำด้วยดินทนไฟ (Chaina-ware) ดีกว่าหัวโลหะและไม่เป็นอันตรายต่อการเผาไหม้

อุปกรณ์อื่นๆ

ซึ่งได้แก่ ชั้นรอง (Shalf) ขาตั้ง เครื่องวัดอุณหภูมิ ซึ่งถือว่าเป็นเครื่องมืออุปกรณ์ที่จำเป็นอย่างยิ่งโดยเฉพาะชั้นรองเรียกว่าซิลิคอนคาร์ไบด์ (Silicon Carbide) ซึ่งเผาไฟสูงและรับน้ำหนักได้มาก (ทวี พรหมพฤกษ์, 2525 : 33-42)

2.3.3 การเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา (Firing Ceramic Ware)

ในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา กระบวนการเผาถือว่ามีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะเป็นกระบวนการสุดท้าย ที่จะตัดสินว่าผลงานที่ออกมาดีหรือไม่ดี (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์, 2542 : 1) การเผาในทางเซรามิกส์ คือ การเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ในเตา ภายใต้บรรยากาศที่เหมาะสม เพื่อเปลี่ยนสภาพดินให้กลายเป็นถาวรวัตถุมีความแข็งแกร่งเหมือนหิน ช่วยให้ผลิตภัณฑ์เกิดความคงทนถาวรและสวยงาม (ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์, 2541 : 288) โดยความร้อนจากการเผาทำให้มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในวัตถุดิบ เช่น การหดตัว มีผลทำให้ชิ้นงานมีความแน่นขึ้น, การเปลี่ยนแปลงขนาดของรูพรุน, ค่า Weight Loss เปลี่ยนแปลงไป, การอ่อนตัว

และการหลอมละลาย เป็นต้น ซึ่งจะแตกต่างกันไปในแต่ละช่วงของอุณหภูมิและชนิดของวัตถุดิบ ข้อมูลต่างๆ เหล่านี้ นักเซรามิกส์ควรศึกษาให้เข้าใจเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนการดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (วาสนา ฆ้องวงศ์, 2543 : 1) การเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์มี 3 ขั้นตอน คือ

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

2.4.3.1 การเผาดิบ

ชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์ทางด้านเซรามิกส์ที่ขึ้นรูปแล้ว ยังคงมีความชื้นและสารอินทรีย์ (Organic Matter) อยู่ในชิ้นงาน การเผาไล่ความชื้นและสารอินทรีย์ ก่อนที่จะนำไปชุบเคลือบเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากจะช่วยลดปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นตัวการทำให้เกิดแรงดันจนชิ้นงานระเบิดได้ (ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาภาคเหนือ, 2539 : 91) ที่อุณหภูมิ 100-250 องศาเซลเซียส น้ำที่อยู่ในลักษณะความชื้นของอากาศระเหยออกไปและทำให้เกิดรูพรุนขึ้นในเนื้อผลิตภัณฑ์ (Hamilton, 1982. P 135) การเผาดิบจะทำให้เนื้อดินหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำสำเร็จแล้ว มีความแข็ง (Mechanical Strengh) และคงรูป และยังสามารถตรวจสอบสภาพของเนื้อดิน ว่ามีการแตกร้าวหรือไม่ ก่อนนำไปเคลือบ (ทวี พรหมพฤกษ์, 2523 : 152) ในการเผาดิบสามารถวางผลิตภัณฑ์ซ้อนกันหรือประกบกันได้ ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาดิบจะใช้อุณหภูมิในการเผาประมาณ 750-800 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการเผาประมาณ 6-7 ชั่วโมง ถ้าผลิตภัณฑ์มีขนาดใหญ่จะต้องทำการอุ่นที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียสประมาณ 2-4 ชั่วโมง (ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์, 2541 : 289-290) การเผาเร็วเกินไป ทำให้ชิ้นงานมีการหดตัว หรือขยายตัวมากทำให้แตกขณะเผา (อนันต์ภักดิ์ โชติมงคล, 2538 : 56) ในกรณีที่ต้องการประหยัดเชื้อเพลิง แรงงาน ขั้นตอนและเวลาในการเผา การเผาดิบอาจถูกตัดออกไปก็ได้ ทำให้เหลือแต่การเผาสุกเท่านั้น วิธีการเช่นนี้เรียกว่า การเผาครั้งเดียว (One Firing) ซึ่งมักนิยมใช้กับผลิตภัณฑ์ประเภทเอินเทนแวร์ สโตนแวร์ สุขภัณฑ์ และลูกถ้วยไฟฟ้า แต่ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาดิบมาก่อนจะมีคุณภาพดีกว่า (อำพน วัฒนรังสรรค์, 2531 : 1)

2.4.3.2 การเผาเคลือบ

การเผาเคลือบ หมายถึง การเผาน้ำเคลือบที่ชุบบนผลิตภัณฑ์ ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน มีความมันแวววาว (Glassy) บางชนิดเป็นเคลือบด้าน ผิวเคลือบมีความแข็งสามารถต้านทานต่อกรดและด่างได้เป็นอย่างดี ในการเผาเคลือบจะต้องเผาให้ได้อุณหภูมิตามข้อกำหนดของเคลือบแต่ละชนิด มิฉะนั้นการเผาจะเกิดความเสียหายได้ เช่น การเผาไฟเกิน (Overfire) ทำให้น้ำเคลือบไหลติดพื้นเตาทำให้เตาเสียหาย การเผาที่อุณหภูมิไม่ถึง (Underfire) ทำให้เคลือบไม่เป็นมันเท่าที่ควร (ทวี พรหมพฤกษ์, 2523 : 155) การเผาเคลือบจะนิยมเผากัน 2 แบบ คือ แบบเผาครั้งเดียว (Mono Firing) จะนำเอาผลิตภัณฑ์ที่ตากแห้งแล้วไปชุบน้ำเคลือบ

แล้วทำการเผา และอีกอย่างหนึ่งจะทำการเผาดิบก่อน (Second Firing) แล้วเอาผลิตภัณฑ์ไปชุบเคลือบแล้วทำการเผา (โกมล รักษ์วงศ์, 2542 : 13) ผลิตภัณฑ์ที่ชุบเคลือบแล้ว ต้องเช็ดก้นผลิตภัณฑ์ให้หมดเคลือบก เพื่อป้องกันการหลอมติดกันของเคลือบในขณะทำการเผา ผลิตภัณฑ์ทุกชิ้นจะต้องวางห่างกันเล็กน้อย ไม่ให้สัมผัสกันเพราะเคลือบจะหลอมติดกันที่อุณหภูมิสูง (ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์, 2541 : 291)

2.4.3.3 การเผาตกแต่ง

ชิ้นงานที่เผาเคลือบแล้วนิยมตกแต่งด้วยการวาดแต้มแต่งด้วยสีหรือติดสติกเกอร์ (Sticker) ที่ทำสำหรับตกแต่งสีโดยเฉพาะ ติดลงไปบนภาชนะที่เคลือบแล้วนำไปเผาเพื่อให้สิ่งตกแต่งติดทนกับชิ้นงานเรียกว่า ตกแต่งบนเคลือบ (Overgiaze Decoration) (ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาภาคเหนือ, 2539 : 92) อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาตกแต่งบนเคลือบประมาณ 650-580 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสี (Pigment) หรือประเภทของวัตถุดิบที่นำมาทำสีว่าสุกตัวที่อุณหภูมิใด การเผาสีตกต่างรูปลอกและสีเงินสีทอง จะต้องเผาในบรรยากาศสมบูรณ์ ในเตาเผาไม่ควรมีความชื้นอยู เพราะจะทำให้ชิ้นงานมีตำหนิ ไม่ได้มาตรฐานสีหมองคล้ำหรือเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม (ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์, 2541 : 291-292)

2.4.4.4 บรรยากาศในการเผาผลิตภัณฑ์

1. บรรยากาศออกซิเดชัน (Oxidation Firing)

เป็นการเผาที่มีการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ และใช้ออกซิเจน (Oxygen) มากเกินพอ ซึ่งเมื่อเกิดการเผาไหม้แล้ว จะมีออกซิเจนเหลืออยู่ ดังปฏิกิริยาการเผาไหม้ดังนี้

$$\mathrm{OF} = \mathrm{CH_4} + 3\mathrm{O_2}\,(\mathrm{Excess}) \rightarrow \mathrm{CO_2} + 2\mathrm{H_2} + \mathrm{O_2} + \mathrm{ENERGY}$$

2. บรรยากาศรีดักชัน (Reduction Firing)

เป็นการเผาที่มีการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ในเตาเผามีออกซิเจน (Oxygen) ไม่เพียงพอ ซึ่งเมื่อเกิดการเผาไหม้แล้วจะมีคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) เหลืออยู่ ดังปฏิกิริยาการเผาไหม้ดังนี้

$$\mathrm{RF} = 2\mathrm{CH_4} + 3\mathrm{O_2} \rightarrow 2\mathrm{CO} + 4\mathrm{H_2O} + \mathrm{ENERGY}$$

3. บรรยากาศนิวทรัล (Neutral Firing)

เป็นการเผาไหม้ที่สมบูรณ์และไม่มีออกซิเจน (Oxygen) เหลืออยู่เลย การเผาไหม้มีออกซิเจนที่พอดี ดังปฏิกิริยาการเผาไหม้ดังนี้ (ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์, 2541 : 288)

$$NF = CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O + ENERGY$$

2.4.4.5 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในระหว่างการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

การเผาเนื้อดินจะมีการเปลี่ยนแปลงทางฟิสิกส์และทางเคมีจะเกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

0-200	องศาเซลเซียส	การแห้งตัวอย่างสมบูรณ์ จะเกิดขึ้นในขณะน้ำถูกไล่ออกไปจากผลิตภัณฑ์ในระยะการอบแห้ง ผลิตภัณฑ์จะแห้งสนิท
200-800	องศาเซลเซียส	เกิดการเผาไหม้ของสารอินทรีย์ ถ้าเนื้อดินปั้นมีสารอินทรีย์ปนอยู่ด้วย เช่น ในดินดำ (Ball Clay) จะถูกเผาไหม้ให้หมดไปในช่วงอุณหภูมินี้
400-550	องศาเซลเซียส	เกิดการแตกตัวของโครงสร้างของดิน ทำให้มีขนาดเล็กลง และมีความพรุนตัวสูงขึ้น
573	องศาเซลเซียส	หินควอทซ์ในเนื้อดินปั้นเปลี่ยนฟอร์ม (Quartz Inversion) ในระหว่างนี้ผลิตภัณฑ์จะเปลี่ยนขนาดเล็กน้อย
980	องศาเซลเซียส	เกิดการตกผลึกในดิน อัญยรูปของดินจะเรียงตัวในตอนแรกเป็นรูป Spinel และต่อไปก็จะเปลี่ยนเป็น Mullite อย่างละเอียด
1,100	องศาเซลเซียส	เกิดการหลอมละลายเป็นแก้วในบางส่วนของเนื้อดินปั้นพวกโซดาหรือโปแตสเฟลสปาร์จะรวมตัวกันเป็นแก้วโดยทำปฏิกิริยากับดินที่อยู่รอบ ๆ ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณแก้วยิ่งมากขึ้น
1,200	องศาเซลเซียส	เกิดผลิต Mullite ($3Al_2O_3 2SiO_2$) ในเนื้อแก้วผลึกเป็นรูปเข็มมีขนาดใหญ่กว่าที่เกิดจากดิน จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์, 2542 : 1)
1,250	องศาเซลเซียส	เนื้อดินและน้ำเคลือบสุกตัวหลอมละลาย (Sintering) โครงสร้างของผลึกดินเปลี่ยนเป็นแก้วร้อยละ 60 มัลไลท์ร้อยละ 21 และควอทซ์ร้อยละ 19 (ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์, 2541 : 292)

จึงสรุปได้ว่า เตาเผาเป็นเครื่องมือที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผา ผลิตภัณฑ์จะมีคุณภาพดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับเตาเผา เตาเผาที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันได้มีการออกแบบพัฒนาให้ประหยัดเชื้อเพลิงตลอดจนใช้ระยะเวลาในการเผาสั้น ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ว่าจะเลือกใช้เตาประเภทใด นอกจากนี้การที่จะทำเครื่องปั้นดินเผาให้มีคุณภาพดี ยังขึ้นอยู่กับกระบวนการเผา ถือว่ามีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะเป็นกระบวนการสุดท้าย ที่จะตัดสินว่าผลงานที่ออกมาดีหรือไม่ดี การเผาในทางเซรามิกส์ คือ การเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ในเตา ภายใต้บรรยากาศที่เหมาะสม เพื่อเปลี่ยนสภาพดินให้กลายเป็นถาวรวัตถุมีความแข็งแกร่ง คงทนถาวรและสวยงาม โดยความร้อนจากการเผาทำให้มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในวัตถุดิบ เช่น เกิดการหดตัวและขยายตัว เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดของรูพรุน, เกิดการอ่อนตัวและการหลอมละลาย เป็นต้น ซึ่งจะแตกต่างกันไปในแต่ละช่วงของอุณหภูมิและชนิดของวัตถุดิบ การเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์มี 3 ขั้นตอน คือ

1. การเผาดิบ (Biscuit Firing) เป็นการเผาไล่ความชื้นและสารอินทรีย์ ก่อนที่จะนำไปชุบเคลือบ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งและยังสามารถตรวจสอบสภาพของเนื้อดิน ว่ามีการแตกร้าวหรือไม่ ก่อนนำไปเคลือบ อุณหภูมิในการเผาประมาณ 750-800 องศาเซลเซียส

2. การเผาเคลือบ (Glost Firing) หมายถึง การเผาน้ำเคลือบที่ชุบบนผิวผลิตภัณฑ์ ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน มีความมันแวววาว (Glassy) และมีความแข็ง บางชนิดเป็นเคลือบด้าน

3. การเผาตกแต่ง (Decoration Firing) ชิ้นงานที่เผาเคลือบแล้วนิยมตกแต่งด้วยสีหรือติดสติกเกอร์ (Sticker) ที่ทำสำหรับตกแต่งสีโดยเฉพาะ ติดลงไปบนภาชนะที่เคลือบแล้วนำไปเผาเพื่อให้สิ่งตกแต่งติดทนกับชิ้นงานเรียกว่า ตกแต่งบนเคลือบ (Overgiaze Decoration) อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาประมาณ 650-580 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสี (Pigment) หรือประเภทของวัตถุ

2.4 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

การเผาเตาเครื่องปั้นดินเผา จะทราบอุณหภูมิในเตาเผาได้นั้นจะต้องใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิ (โกมล รักษ์วงศ์, 2542 : 19) ในสมัยโบราณใช้การสังเกตสีของความร้อน เช่น ชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ โดยการคาดคะเนด้วยสายตา ซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์และความชำนาญเป็นพิเศษ (ทวี พรหมพฤกษ์, 2525 : 107) แต่ในปัจจุบันนักเซรามิกส์ได้ค้นคิดเครื่องมืออุปกรณ์ในการวัดอุณหภูมิไว้หลายประเภทด้วยกัน โดยอาศัยทฤษฎีการวัดทางกายภาพ เนื่องจากในเตามีความร้อนสูงมาก มีความจำเป็นจะต้องหาวัตถุดิบและวัสดุที่ทนต่อความร้อนได้ในอุณหภูมิที่ทำการวัด เครื่องมือวัดอุณหภูมิที่นักเซรามิกส์ได้คิดสำหรับวัดอุณหภูมิในเตาเผามีดังนี้

1. ไพโรเมตริกโคน (Pyrometric Cones) (โกมล รักษ์วงศ์, 2542 : 19) ไพโรเมตริกโคน หรือเรียกสั้นๆ ว่า โคน (Cone) ลักษณะของโคนมีรูปทรงปิรามิดสามเหลี่ยม ไพโรเมตริกโคนมีใช้อยู่ 2 ขนาดคือ ขนาดใหญ่มีความสูง 4.45 เซนติเมตร ฐานกว้าง 1.27 เซนติเมตร โคนขนาดเล็กมีความสูง 2.87 เซนติเมตร และมีฐานกว้าง 0.64 เซนติเมตร นอกจากโคนจะมีขนาดที่แตกต่างกันแล้วยังมีหมายเลขต่างๆ กันอีกด้วย คือมีตั้งแต่หมายเลข 020 ถึงหมายเลข 15 (ปุณณรัตน์ พิชญไพบูลย์, 2538 : 190) การใช้โคนวัดอุณหภูมิอาศัยทฤษฎีการหลอมละลายตัวของวัตถุดิบเป็นหลักในการใช้งาน เป็นเครื่องมือวัดที่ทำจากวัสดุทางเซรามิกส์มีส่วนผสมคล้ายกับน้ำเคลือบสามารถวัดอุณหภูมิได้เที่ยงตรงในเตาเผา มาตรฐานของไพโรเมตริกโคนมีหลายมาตรฐานด้วยกัน คือ มาตรฐานของออร์ตัน (Orton Standard Cones) ของอเมริกา มาตรฐานของเซเกอร์ (Seger Standard Cones) ของเยอรมัน และมาตรฐานของฮาร์ริสัน (Harrison Standard Cones) ของอังกฤษ เริ่มต้นการค้นคิดของ ดร. เฮร์แมนน์ เซเกอร์ (Dr. Hermann Seger) ใช้ Potas Feldspar ($K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$) ผสมกับแคลเซียมออกไซด์ (Calcium Oxide) และใช้สัดส่วนของอลูมินาออกไซด์ (Alumina Oxide) ต่อซิลิกา (Silica) ในอัตราส่วน 1:10 จะวัดอุณหภูมิได้ประมาณ 1,200 องศาเซลเซียส (2,192 องศาฟาเรนไฮต์) จะใช้อลูมินา 0.6 โมล และซิลิกา 6 โมล เป็นอัตราส่วนเหมือนสูตรน้ำเคลือบเฟลด์สปาร์ธรรมดา จากนั้นก็เพิ่มอลูมินาขึ้น 0.1 โมล และซิลิกา 1 โมล จะพบว่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 20-30 องศาเซลเซียส

ตัวอย่างสูตรไพโรเมตริกโคนของเซเกอร์

โคน 7	0.3 K_2O	0.7 Al_2O_3	7.0 SiO_2
	0.7 CaO		
โคน 8	0.3 K_2O	0.8 Al_2O_3	8.0 SiO_2
	0.7 CaO		
โคน 9	0.3 K_2O	0.9 Al_2O_3	9.0 SiO_2
	0.7 CaO		

การใช้โคนวัดอุณหภูมิที่ถูกต้องนั้น ใช้ครั้งละ 3 ตัว เรียงตามลำดับอุณหภูมิ โดยเอียงทำมุม 82 องศา การอ่านโคน จะยึดตัวกลางเป็นหลักและเป็นตัวอุณหภูมิที่ต้องการ การเผาที่ถูกต้องโคนจะล้มตามเข็มนาฬิกา โคนตัวแรกจะล้มราบ ตัวที่สองจะเอียงประมาณสองนาฬิกา ตัวที่สามจะเอียงหนึ่งนาฬิกา เป็นต้น (ทวี พรหมพฤกษ์, 2525 : 108) นอกจากนี้การวัดอุณหภูมิด้วยโคนต้องระวังเรื่องอัตราการเพิ่มความร้อนภายในเตา บรรยากาศภายในเตา ความเร็วของก๊าซ อุณหภูมิของผนังเตา เหล่านี้ล้วนมีผลกระทบทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนต่อจุดอ่อนตัวของโคน (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ, 2539 : 313)

2. โฮลด์ครอฟต์บาร์ (Holderoft's Bars) แท่งวัดอุณหภูมิของโฮลด์ครอฟต์ เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิหลักการเดียวกับเซเกอร์โคน คือ อาศัยจุดหลอมละลายตัวเป็นทฤษฎีในการวัดอุณหภูมิ การขึ้นรูปแท่งวัดจะใช้เนื้อส่วนผสมเป็นผงแล้วทำการอัดให้เป็นทาง

3. เครื่องวัดอุณหภูมิแบบวงแหวน (Buller's Ring หรือ Firing Trial Rings) เครื่องมือชนิดนี้อาศัยหลักการหดตัวของวัตถุเป็นเกณฑ์ในการวัด ผลิตขึ้นโดยบริษัทบลูเลอร์ จำกัด เมื่อ ค.ศ. 1910 มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 นิ้ว มีรูตรงกลางเอาไว้สำหรับยกออกมาจากเตาเผาโดยใช้ขอเกี่ยวออกมา สามารถวัดอุณหภูมิได้ระหว่าง 960 ถึง 1,400 องศาเซลเซียส (1,760-2,525 องศาฟาเรนไฮด์) จะใช้งานครั้งเดียวแบบเดียวกับไพโรเมตริก

การใช้บลูเลอร์ริง จะต้องเอาบลูเลอร์ริงวางในเตาเผาให้อยู่ในลักษณะตั้งบนแท่นวางตรงช่องรูดูอุณหภูมิของเตาเผา เมื่อเผาถึงอุณหภูมิที่ต้องการวัดก็ให้ใช้ขอเกี่ยวเหล็ก เกี่ยวเอาตัวบลูเลอร์ริงออกมาจากเตาเผา วางให้เย็นตัวแล้วเอาไปวัดขนาดบนแท่นวัดเมื่อวัดได้แล้วนำเอาค่าหดตัวที่อ่านได้ไปเปิดตารางเทียบหาอุณหภูมิ

ตัวอย่างเช่นชนิดของบลูเลอร์ริง

บลูเลอร์ริงเบอร์ 7 เป็นวงแหวนมาตรฐานทั่วไปสีเขียวสามารถใช้วัดอุณหภูมิได้ 960-1,275 องศาเซลเซียส (1,760-2,327 องศาฟาเรนไฮด์)

บลูเลอร์ริงเบอร์ 72 สีขาวธรรมดาจะวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 1,310 องศาเซลเซียส (2,390 องศาฟาเรนไฮด์ขึ้นไป)

บลูเลอร์ริงเบอร์ 55 สีน้ำตาล วัดอุณหภูมิได้ 960-1,200 องศาเซลเซียส (2,192 องศาฟาเรนไฮด์)

บลูเลอร์ริงเบอร์ 26 สีชมพูเป็นวงแหวนที่วัดอุณหภูมิสูงได้ 1,400 องศาเซลเซียส (2,552 องศาฟาเรนไฮด์)

4. เทอร์โมอิเลคตริก เทอร์โมมิเตอร์ (Thermoelectric Thermometers) ระบบการทำงานของเครื่องมือวัดชนิดนี้จะเป็นการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้า จะเกิดขึ้นเมื่อใช้โลหะ 2 ชนิด ต่อเชื่อมกันแบ้วให้ความร้อนตรงจุดที่ต่อกัน (Hot Junction) ทำให้เกิดความต่างศักย์ มีความเหนี่ยวนำไฟฟ้าเกิดขึ้นที่ขั้วทั้งสองซึ่งเป็นจุดที่ไม่ร้อน (Cold Junction) โลหะที่ใช้สำหรับเทอร์โมคอปเพิล (Thermocouple) มีดังนี้

4.1 ทองแดงผสมกับนิเกิล โดยใช้ทองแดงร้อยละ 60 ผสมกับนิเกิลร้อยละ 40 แล้วเอาไปเชื่อมกับเหล็ก สามารถวัดอุณหภูมิได้ 850 องศาเซลเซียส (1,562 องศาฟาเรนไฮด์) ขึ้นไป

4.2 นิเกิลผสมโครเมียม โดยใช้นิเกิลร้อยละ 90 ผสมกับโครเมียมร้อยละ 10 นำเอาไปต่อเชื่อมกับส่วนผสมของนิเกิลร้อยละ 98 และอลูมิเนียมร้อยละ 2 สามารถวัดอุณหภูมิได้ 1,100 องศาเซลเซียส (2,012 องศาฟาเรนไฮด์) ขึ้นไป

4.3 พลาตินัมผสมกับโรเดียม โดยใช้พลาตินัมร้อยละ 87 ผสมกับโรเดียมร้อยละ 13 นำไปต่อเชื่อมกับพลาตินัม สามารถวัดอุณหภูมิได้ 1,500 องศาเซลเซียส (2,732 องศาฟาเรนไฮต์) ขึ้นไป

4.4 พลาตินัมผสมกับโรเดียม ขั้วที่ 1 ใช้พลาตินัมร้อยละ 94 ผสมกับโรเดียมร้อยละ 6 ขั้วที่ 2 ใช้พลาตินัมร้อยละ 70 ผสมกับโรเดียมร้อยละ 30 สามารถวัดอุณหภูมิได้สูงเกิน 1,800 องศาเซลเซียส (3,270 องศาฟาเรนไฮต์)

4.5 ไอริเดียม (Iridium) ผสมกับโรเดียม (Rhoduim) โดยใช้ไอริเดียมร้อยละ 60 ผสมกับโรเดียมร้อยละ 40 ต่อเชื่อมกับไอริเดียม สามารถวัดอุณหภูมิได้ 1,927 องศาเซลเซียส (3,500 องศาฟาเรนไฮต์)

4.6 ทังสเตน (Tungsten) ต่อเชื่อมกับไอริเดียม (Iridium) สามารถวัดอุณหภูมิได้สูงถึง 2,100 องศาเซลเซียส (3,812 องศาฟาเรนไฮต์) ทำการต่อเชื่อมแล้วบรรจุในหลอดเซรามิกส์สูญญากาศจะวัดอุณหภูมิได้เที่ยงตรงกว่าต่อเชื่อมในหลอดเซรามิกส์ธรรมดา

เทอร์โมคอปเพิลที่รู้จักกันดีทั่วไปจะเป็นแบบโครเมลอลูเมล (Chromel Alumel) และพลาตินัม พลาตินัมโรเดียม (Platinum Platinum-Rhodium) เพราะเป็นเทอร์โมคอปเพิลที่นิยมใช้มากในองค์กรอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา เครื่องมือวัดอุณหภูมิประเภทเทอร์โมคอปเพิล จะสามารถวัดได้เที่ยงตรงได้ในอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 500 องศาเซลเซียส หน้าปัด (Indicator) จะนิยมใช้แบบเข็มวัดและแบบดิจิตอล

5. ออฟติคอล เรดิเอชัน ไพโรมิเตอร์ (Optical Radiation Pyrometers) เป็นเครื่องมือที่วัดจากการแผ่รังสีของความร้อนที่เกิดขึ้นกับวัตถุ (เนื้อดินปั้นหรือผนังเตาเผา) เทียบกับสีสะท้อนของเลนส์ภายในเครื่องมือวัด ซึ่งมีหลอดไฟใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ในเครื่องวัด ผู้คิดค้นครั้งแรก คือ วานเนอร์ (Wanner เมื่อปี ค.ศ. 1894 และได้ปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นโดย โฮลบอร์น และ คอร์ลบูน (Holborn และ Kurlbaum) ในปี ค.ศ. 1901

ในการสร้างเครื่องมือวัดของวานเนอร์จะใช้หลอดไฟส่องผ่านแก้วสีแดง (Monochromatic Red Glass) เป็นสีแดงเส้นเดียวผ่านเลนส์ และผ่านนิคอลปริซึม (Nicol Prism) เมื่อใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิรังสีที่เกิดขึ้นจากการแผ่ของเนื้อผลิตภัณฑ์ในเตาเผาจะผ่านเข้าเครื่องทำการเทียบสีกับเส้นสีแดงของเครื่องมือวัด ถ้าหากรังสีที่แผ่จากผลิตภัณฑ์เท่ากับเส้นสีแดงก็ให้อ่านอุณหภูมิที่จุดนั้นจากสเกลของเครื่องวัด ปัจจุบันเครื่องมือวัดประเภทนี้จะใช้วัดอุณหภูมิในเตาหลอม มีการพัฒนาสร้างเป็นเครื่องขนาดเล็กระบบคอมพิวเตอร์เข้าช่วยใช้งานได้สะดวก เครื่องมือออฟติคอล เรดิเอชัน ไพโรมิเตอร์ แบ่งส่วนต่างๆ ออกได้ 3 ส่วน ด้วยกัน คือ

1. ระบบการวัดอุณหภูมิ
2. ระบบควบคุม
3. ระบบการรับแสงเข้าเครื่องวัด (โกมล รักษ์วงศ์, 2542 : 21-26)

จากเนื้อหาเกี่ยวกับเครื่องมือวัดอุณหภูมิข้างต้นพอสรุปได้ว่า เครื่องมือวัดอุณหภูมิถือเป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งในกระบวนการผลิตเครื่องปั้นดินเผา ซึ่งในปัจจุบันนี้นักเซรามิกส์ได้ค้นคิดเครื่องมือวัดอุณหภูมิไว้หลายประเภทขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้งาน ดังนี้

1. ไพโรเมตริกโคน (Pyrometric Cones) หรือเรียกสั้นๆ ว่า โคน (Cone) ลักษณะของโคนมีรูปทรงปีรามิดสามเหลี่ยม การใช้โคนวัดอุณหภูมิอาศัยทฤษฎีการหลอมละลายตัวของวัตถุดิบเมื่อผ่านการเผา โคนมีหลายมาตรฐานด้วยกัน คือ มาตรฐานของออร์ตัน (Orton Standard Cones) ของอเมริกา มาตรฐานของเซเกอร์ (Seger Standard Cones) ของเยอรมันเป็นต้น

2. โฮลด์ครอฟต์บาร์ (Holderoft's Bars) เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิหลักการเดียวกับโคน คือ อาศัยจุดหลอมละลายตัวเป็นทฤษฎีในการวัดอุณหภูมิ มีลักษณะเป็นแท่งยาว

3. เครื่องวัดอุณหภูมิแบบวงแหวน (Buller's Ring หรือ Firing Trial Rings) เครื่องมือชนิดนี้อาศัยหลักการหดตัวของวัตถุเมื่อผ่านการเผาเป็นเกณฑ์ในการวัด ใช้งานครั้งเดียวแบบเดียวกับไพโรเมตริก

4. เทอร์โมอิเลคตริก เทอร์โมมิเตอร์ (Thermoelectric Thermometers) ระบบการทำงานของเครื่องมือวัดชนิดนี้จะเป็นการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้า จะเกิดขึ้นเมื่อใช้โลหะ 2 ชนิด ต่อเชื่อมกันแล้วให้ความร้อนตรงจุดที่ต่อกัน (Hot Junction) ทำให้เกิดความต่างศักย์ มีความเหนี่ยวนำไฟฟ้าเกิดขึ้นที่ขั้วทั้งสองซึ่งเป็นจุดที่ไม่ร้อน (Cold Junction)

5. ออฟติคอล เรดิเอชัน ไพโรมิเตอร์ (Optical Radiation Pyrometers) เป็นเครื่องมือที่วัดจากการแผ่รังสีของความร้อนที่เกิดขึ้นกับวัตถุ เทียบกับสีสะท้อนของเลนส์ภายในเครื่องมือวัด ซึ่งมีหลอดไฟใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ในเครื่องวัด เมื่อใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิรังสีที่เกิดขึ้นจากการแผ่ของเนื้อผลิตภัณฑ์ในเตาเผาจะผ่านเข้าเครื่องทำการเทียบสีกับเส้นสีแดงของเครื่องมือวัด ถ้าหากรังสีที่แผ่จากผลิตภัณฑ์เท่ากับเส้นสีแดงก็ให้อ่านอุณหภูมิที่จุดนั้นจากสเกลของเครื่องวัด

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ราตรี สรรพศรี (2539) ศึกษากระบวนการทำหัตถกรรมเครื่องปั้นดินเผาด่านเกวียน จังหวัดนครราชสีมาในด้าน วัตถุประสงค์ของการผลิต วัตถุดิบ ขั้นตอนการผลิตรูปแบบและรูปทรง ผลการวิจัยพบว่า 1. ด้านวัตถุประสงค์ของการผลิต เป็นการประกอบอาชีพในครอบครัวโดยมีวัตถุประสงค์ในการทำขายได้เป็นหลัก ได้รับการถ่ายทอดจากบรรพบุรุษผู้สร้างงานพอใจในอาชีพของตนเพราะถนัดมีความชอบและใจรัก และเป็นอาชีพของท้องถิ่น 2. ด้านวัตถุดิบ วัตถุดิบเป็นดินในท้องถิ่นทั้งหมดได้จากทุ่งนา มี 2 ประเภท คือ ดินทราย ได้จากบ่อดินใกล้บริเวณริมฝั่งแม่น้ำมูล ดินเหนียวได้จากบริเวณทุ่งนามีคุณสมบัติเหมาะแก่การขึ้นรูป ผู้สร้างงานทั้งหมดได้ดินด้วยการซื้อ จากผู้ประกอบการจำหน่ายดิน 3. ขั้นตอนการผลิต มี 3 ขั้นตอน คือ 1. การเตรียมดินดินที่ใช้เป็นการผสมระหว่างดินเหนียวต่อดินทราย ในอัตราส่วน 2 : 1 หมักในบ่อดินและนวดด้วยเครื่องจักร 2. การขึ้นรูปมี 2 ขั้นตอน เริ่มจากการเตรียมส่วนฐานของภาชนะให้เป็นรูปทรงกระบอกก่อน โดยอาศัยแป้นหมุน หรือ "พะมอน"แล้วเพิ่มความสูงของภาชนะด้วยวิธีการขดดินและผสมผสานกับวิธีการขึ้นแป้นหมุน แล้วจึงปรับแต่งให้เป็นรูปทรงที่ต้องการ ในระหว่างการขึ้นรูปจะต้องมีผู้ช่วยคอยหมุนแป้นจนงานเสร็จ 3. งานเผามี 3 ขั้นตอน ระยะที่ 1 ขั้นรมไฟ เพื่อให้ภาชนะดิน ระยะที่ 2 ระยะสุมไฟหรืออุด เพื่อให้อุณหภูมิสูงขึ้น เป็นการเผาดิบเนื้อดิน แล้วจึงรักษาอุณหภูมิไว้ระยะที่ 3 ระยะเร่งไฟหรือขึ้นปล่อง โดยดูควันไฟที่ปากปล่อง เพื่อให้เกิดการเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์ (ReductionFire) สีเนื้อดินจะเปลี่ยนเป็นสีดินคล้ำ 4. รูปแบบและรูปทรง เป็นแบบที่ลูกค้าสั่งหรือตามความต้องการของตลาด เป็นรูปทรงที่ขึ้นด้วยแป้นหมุน สีของเนื้อดินเผาจะมีความอ่อน เข้ม และมีความแกร่งทนทาน รูปแบบมีทั้งรูปแบบดั้งเดิม

จงรัก ปาละรัตน์ (2546) ศึกษาการจัดการการผลิตและการปรับปรุงการจัดการการผลิตของโรงงานเครื่องปั้นดินเผาบ้านต้นดิน อำเภอแม่แตงจังหวัดเชียงใหม่ เพื่อนำผลที่ได้มาใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการจัดการการผลิตของโรงงาน โดยอาศัยเครื่องมือการจัดการด้านคุณภาพซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมคุณภาพ 5 ส. กิจกรรมกกลุ่มควบคุมคุณภาพและกิจกรรมข้อเสนอแนะ โดยร่วมกับผู้ประกอบการดำเนินการศึกษาวิเคราะห์การจัดการการผลิตของโรงงาน พร้อมทั้งจัดทำแผนงานโครงการนำร่อง ดำเนินงานตามแผน ประเมินผลที่ได้และดำเนินการแก้ไขปรับปรุงประสิทธิภาพการจัดการการผลิตของโรงงานให้เป็นไปอย่างต่อเนื่อง ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้ (1) ด้านการจัดการการผลิต พบว่าโรงงานยังขาดการจัดการการผลิตที่มีประสิทธิภาพทำให้มีอัตราการสูญเสียของผลิตภัณฑ์จากการผลิตสูงมีต้นทุนการผลิตที่สูง และยังขาดการปรับปรุงเรื่องคุณภาพการผลิต (2) ด้านการจัดทำแผนงานโครงการนำร่อง เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการจัดการการผลิตจากการศึกษาร่วมกับผู้จัดการโรงงาน ทำให้ผู้จัดการโรงงานเกิดแรงจูงใจที่จะนำเครื่องมือการจัดการด้านคุณภาพ ได้แก่ กิจกรรมคุณภาพ 5 ส. กิจกรรมกลุ่มควบคุมคุณภาพและกิจกรรมข้อเสนอแนะ มาใช้เพื่อปรับปรุงการ

จัดการการผลิตของโรงงานให้ดีขึ้น (3) ด้านการดำเนินกิจกรรมการปรับปรุงคุณภาพการผลิตในโครงการนำร่อง กิจกรรมคุณภาพ 5 ส โรงงานได้จัดแบ่งกลุ่มพนักงานและจัดให้แต่ละกลุ่มรับผิดชอบพื้นที่ในแต่ละส่วนของโรงงานเพื่อให้แต่ละกลุ่มดำเนินกิจกรรมคุณภาพ 5 ส.พร้อมทั้งกำหนดวันทำความสะอาดใหญ่ประจำปี และจัดให้มีคณะกรรมการตรวจเยี่ยมทุก3 เดือน ผลการดำเนินงานกิจกรรมคุณภาพ 5 ส. ทำให้สภาพแวดล้อมของโรงงานดูสะอาดและเป็นระเบียบเรียบร้อยขึ้น โรงงานมีพื้นที่ในการทำงานมากขึ้นประมาณ 20%โดยไม่ต้องก่อสร้างโรงงานเพิ่มเติม ส่งผลให้สามารถจัดวางผังโรงงานอย่างเหมาะสมกับกระบวนการผลิตและประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้น รวมทั้งสามารถคัดแยกผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในคงคลังนำไปจำหน่ายเพิ่มรายได้ให้โรงงานได้อีกในช่วงเวลานั้นประมาณ2 หมื่นบาททำให้กระแสเงินสดดีขึ้น นอกจากนี้ยังได้รับผลพลอยได้คือพนักงานในโรงงานมีจิตสำนึกในเรื่องความสะอาดและการจัดระเบียบในการทำงาน กิจกรรมกลุ่มควบคุมคุณภาพ กลุ่มควบคุมคุณภาพได้เสนอหัวข้อกิจกรรมเรื่อง"การลดความเสียหายของผลิตภัณฑ์จากกระบวนการเผา" โดยมีการเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาให้มีการจัดเรียงผลิตภัณฑ์ภายในเตาเผาใหม่ ผลการดำเนินกิจกรรมกลุ่มควบคุมคุณภาพทำให้สามารถลดความเสียหายของผลิตภัณฑ์จากกระบวนการเผาจากเดิมที่อยู่ระดับประมาณ 7-10% ต่อการเผา 1 ครั้ง ให้เหลือไม่เกิน 1% ต่อการเผา 1 ครั้งและได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง หลังจากการดำเนินกิจกรรมแรกประสบความสำเร็จกลุ่มควบคุมคุณภาพได้กำหนดหัวข้อกิจกรรมเรื่อง "กิจกรรมการแก้ไขปัญหาเครื่องจักรชำรุดระหว่างการใช้งาน" ซึ่งผลอยู่ในระหว่างการดำเนินการ นอกจากนี้ยังได้รับผลพลอยได้คือ พนักงานในโรงงานมีจิตสำนึกเรื่องคุณภาพมากขึ้น กิจกรรมข้อเสนอแนะ โรงงานได้สนับสนุนให้พนักงานทุกคนมีส่วนร่วมออกความคิดเห็นเพื่อแก้ปัญหาการปฏิบัติงานและปรับปรุงงานโดยให้พนักงานเสนอความคิดเห็นผ่านหัวหน้างาน และมีคณะกรรมการพิจารณาและประเมินคุณค่าความคิดเห็นและตัดสินให้รางวัล จากการพิจารณาของคณะกรรมการพบว่าข้อเสนอแนะที่มีคุณค่าคือการเสนอแนะย้ายชั้นวางของในแผนกสี ซึ่งช่วยในการปรับปรุงสภาพการทำงานปัจจุบันให้ดีขึ้นกว่าเดิมโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายเพิ่ม ส่งผลให้สามารถประหยัดพื้นที่ภายในโรงงานได้ 5% นอกจากนี้ยังได้รับผลพลอยได้คือพนักงานมีจิตสำนึกในการแสดงความคิดเห็นและมีส่วนร่วมรับผิดชอบในการพัฒนาโรงงาน

อธิคม ปัทมาคม 2547 การวิจัยครั้งนี้มีเพื่อวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบและวิธีการถ่ายทอดภูมิปัญญาของชาวชุมชนเกาะเกร็ด ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผา และอาหารคาว - หวาน โดยมุ่งเน้นที่รูปแบบและวิธีในการถ่ายทอดภูมิปัญญาจากรุ่นหนึ่งไปสู่อีกรุ่นหนึ่ง รวมทั้งจากผู้เชี่ยวชาญไปสู่ผู้ที่ให้ความสนใจและมีความต้องการที่จะเรียนรู้ในเครื่องปั้นดินเผา และอาหารคาว - หวานของชุมชนเกาะเกร็ด โดยเป็นการศึกษาวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ซึ่งมีการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างเครื่องปั้นดินเผา และกลุ่มตัวอย่างอาหารคาว - หวาน ซึ่งในแต่ละกลุ่มนั้น ได้มีการแบ่งกลุ่ม โดยใช้ช่วงอายุเป็นเกณฑ์ การแบ่งกลุ่มให้ได้รายละเอียดเพิ่มมากขึ้น อีกสามกลุ่ม คือ กลุ่มคนรุ่นเก่า กลุ่มคนรุ่นกลาง และกลุ่มคนรุ่นใหม่ รวมทั้งหมด จำนวน 46 ราย ผลการวิจัย พบว่า วิธีการถ่ายทอดภูมิปัญญาในการผลิต

เครื่องปั้นดินเผา และอาหารคาว - หวานของชุมชนเกาะเกร็ดนั้น มีอยู่ด้วยกันหลายรูปแบบวิธี ไม่ว่าจะเป็น การถ่ายทอดภายในครอบครัว หมายถึง การถ่ายทอดจากพ่อ แม่ สู่ลูก การถ่ายทอดระหว่างเครือญาติหมายถึง การถ่ายทอดจากปู่ย่า ตายาย สู่หลาน การถ่ายทอดจากผู้เชี่ยวชาญ หมายถึง การถ่ายทอดจากผู้เชี่ยวชาญสู่ลูกศิษย์ และ การเรียนรู้ด้วยตนเอง หมายถึง บุคคลนั้น ๆ มีความต้องการที่จะศึกษาหาความรู้ด้วยตนเอง จากสิ่งที่ได้พบเห็น และได้จดจำ ซึ่งในกรณีนี้เรียกว่า "ครูพักลักจำ" สำหรับรูปแบบและวิธีการถ่ายทอดภูมิปัญญาในการผลิตเครื่องปั้นดินเผา และอาหารคาว - หวาน ของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มนั้น รูปแบบและวิธีการถ่ายทอดภายในครอบครัวซึ่งหมายถึง วิธีการถ่ายทอดจาก พ่อ แม่ สู่ลูกนั้น เป็นรูปแบบและวิธีการถ่ายทอดภูมิปัญญาที่มีปรากฏอยู่ในทุกกลุ่มคนและทุกกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งสิ่งนี้แสดงให้เห็นว่าสถาบันครอบครัวนั้น มีผลสำคัญอย่างยิ่งในการก่อให้เกิดการถ่ายทอดความรู้ทางด้านเครื่องปั้นดินเผา และอาหารคาว -หวาน ของเกาะเกร็ด ส่งผลให้เกิดการประกอบอาชีพเรื่อยมาจนถึงปัจจุบันของชุมชนเกาะเกร็ด ในด้านปัญหาที่เกิดขึ้นจากการถ่ายทอดภูมิปัญญาในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาและ อาหารคาว - หวาน ของชุมชนเกาะเกร็ดนั้น จากการศึกษาวิจัยพบว่าในปัจจุบันนั้นการหาบุคคลที่จะมาเรียนรู้และมาสืบทอดความรู้ในด้านเครื่องปั้นดินเผา และอาหารคาว - หวาน ของชุมชนเกาะเกร็ด นับว่าหายากเต็มที ไม่ว่าจะเป็นบุคคลที่อาศัยอยู่ในชุมชนเกาะเกร็ด หรือบุคคลที่อาศัยอยู่นอกชุมชนเกาะเกร็ดนั้น ไม่มีความต้องการที่จะเรียนรู้และสืบทอดภูมิปัญญาในการผลิตเครื่องปั้นดินเผา และอาหารคาว - หวาน ของชุมชนเกาะเกร็ดที่มีมาเป็นเวลายาวนานหลายช่วงอายุคน ประกอบกับที่เกาะเกร็ดนั้นไม่มีการถ่ายทอดความรู้ในด้านของเครื่องปั้นดินเผา และอาหารคาว - หวาน อย่างเป็นจริงเป็นจังและเป็นทางการ รวมทั้งไม่มีการรณรงค์และการปลูกฝังจิตสำนึกที่ดีของเครื่องปั้นดินเผา และอาหารคาว - หวาน ของชุมชนเกาะเกร็ดสู่คนรุ่นปัจจุบัน ส่งผลให้แนวโน้มของการถ่ายทอดภูมิปัญญา และอาหารคาว - หวาน ของชุมชนเกาะเกร็ดนั้นหมดสิ้นความหมายและความสำคัญอีกต่อไปในสายตาของคนในรุ่นปัจจุบัน ซึ่งอาจก่อให้เกิดการล่มสลายของวัฒนธรรมเครื่องปั้นดินเผา และอาหารคาว - หวาน ของชุมชนเกาะเกร็ดในเร็ววันหากไม่ได้รับการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

ชวลิต การรื่นศรี 2542 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 4 ประการ คือ 1) เพื่อศึกษาสภาพความเป็นมาของ เครื่องปั้นดินเผาชุมชนบ้านวังถั่ว ตำบลวังชัย อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น 2) เพื่อศึกษา สภาพการประกอบอาชีพเครื่องปั้นดินเผา 3) เพื่อศึกษาสภาพปัญหาในการประกอบอาชีพเครื่องปั้น ดินเผา 4) เพื่อศึกษาสภาพความต้องการของผู้ประกอบอาชีพเครื่องปั้นดินเผา วิธีวิจัยใช้ วิจัยเชิงคุณภาพด้วยการเก็บข้อมูลภาคสนามโดยการสัมภาษณ์ผู้รู้ผู้นำหมู่บ้านและการสังเกต และการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ซึ่งมีการจัดกิจกรรมแทรกแซงและเก็บข้อมูลก่อนและหลังกิจกรรม แทรกแซงกับกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา ประชากรที่ศึกษา คือผู้ประกอบอาชีพเครื่องปั้นดินเผาของชาวบ้านวังถั่ว ตำบลวังชัย อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น ทั้งหมดจำนวน 35 ครัวเรือน ๆ ละ 1 คน กิจกรรมแทรกแซงที่ จัดขึ้นได้แก่ การอบรมสัมมนาเชิงปฏิบัติการ เพื่อส่งเสริมและพัฒนาการประกอบอาชีพเครื่อง ปั้นดินเผา การศึกษาดูงานด้านการ

ผลิตเครื่องปั้นดินเผา การจัดตั้งกลุ่มผู้ผลิตเครื่องปั้น ดินเผา เพื่อให้ผู้ประกอบอาชีพเครื่องปั้นดินเผาช่วยเหลือซึ่งกันและกันในด้านเงินทุน ข้อมูลข่าวสารด้านการผลิตและการจำหน่าย ตลอดจนเทคนิควิธีพัฒนารูปแบบของผลิตภัณฑ์ การนิเทศ และติดตามผลอย่างต่อเนื่อง เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถาม ซึ่งทำการ สัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง ทั้งก่อนและหลังกิจกรรมแทรกแซง สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่า t-test และค่า Wilcoxon Signed Ranked Test ผลการศึกษาพบว่า 1) ความเป็นมาของการประกอบอาชีพเครื่องปั้นดินเผาของชุมชนบ้านวังถั่ว ตำบลวังชัย อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น มีการสืบทอดมาเป็นวัฒนธรรมในการผลิตแบบดั้งเดิม โดยมีบริบท ทางโครงสร้างทางสังคม วัฒนธรรม และเศรษฐกิจเป็นตัวกำหนด การอพยพย้ายถิ่นของชุมชนทั้งหมด มาจากอีสานตอนล่าง ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา โดยบรรพชนได้พากันอพยพหาแหล่งอุดมสมบูรณ์ในการประกอบอาชีพเครื่องปั้นดินเผาหลายแห่งด้วยกัน จนสุดท้ายได้มาตั้งถิ่นฐานอยู่หมู่บ้านวังถั่ว จะเห็นได้จากภาษา วัฒนธรรม ประเพณีที่ถือปฏิบัติในชุมชนมีลักษณะคล้ายคลึงกับภาษา วัฒนธรรม และประเพณีของคนในจังหวัดนครราชสีมา 2) สภาพการประกอบอาชีพเครื่องปั้นดินเผา หลังกิจกรรมแทรกแซง ผู้ประกอบอาชีพเครื่อง ปั้นดินเผา มีความรู้ ความเข้าใจในสภาพการประกอบอาชีพเครื่องปั้นดินเผามากขึ้น 3) สภาพปัญหาการประกอบอาชีพเครื่องปั้นดินเผา หลังกิจกรรมแทรกแซง สภาพปัญหาการ ประกอบอาชีพเครื่องปั้นดินเผาในชุมชน ลดน้อยลง 4) สภาพความต้องการของผู้ประกอบอาชีพเครื่องปั้นดินเผา หลังกิจกรรมแทรกแซง สภาพ ความต้องการด้านความรู้และความต้องการให้เกิดกลุ่มผู้ประกอบอาชีพขึ้นในชุมชน ลดน้อยลง จากผลการศึกษาดังกล่าว ทำให้ผู้ประกอบอาชีพเครื่องปั้นดินเผาในชุมชน มีการพัฒนารูปแบบ การผลิตที่ตรงความต้องการของตลาด มีการรวมกลุ่มผู้ผลิตเครื่องปั้นดินเผาในชุมชน และมี รูปแบบการบริหารจัดการตลาดที่ดี ส่งผลให้ผู้ประกอบอาชีพเครื่องปั้นดินเผา มีรายได้เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

มณแทน ตันบุญต่อ 2535 จุดมุ่งหมาย เพื่อศึกษาถึงลักษณะรูปแบบและลวดลายที่ใช้ตกแต่งเครื่องปั้นดินเผา การจำแนกรูปแบบและการกำหนดอายุ รวมทั้งยังได้ศึกษาถึงคติความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับลักษณะรูปทรงและลวดลายตลอดจนการใช้สอย วิธีการวิจัย โดยได้ใช้วิธีการศึกษาและวิเคราะห์ด้วยการเปรียบเทียบทางตรง และการเทียบเคียงหรือเปรียบเทียบทางอ้อมผสมผสานกัน ผลการวิจัย เครื่องปั้นดินเผาแบบเขมรที่ได้นำมารวบรวมไว้ที่พิพิธภัณฑ์ศูนย์วัฒนธรรมท้องถิ่นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ วัดมหาชัย จังหวัดมหาสารคาม ซึ่งมีจำนวน 219 รายการมีอายุอยู่ในช่วงประมาณพุทธศตวรรษที่ 14 ถึงพุทธศตวรรษที่ 20 โดยแบ่งตามลักษณะรูปแบบออกได้เป็น 12 ประเภท คือ ไหขนาดใหญ่ ไหทรงกลมรูปไข่ ไหทรงโกศ กระปุก ขวด โถตลับ คณโท คณฑี ชาม ชิ้นส่วนประกอบสถาปัตยกรรม และประติมากรรมรูปสัตว์ขนาดเล็กส่วนการวิเคราะห์ถึงคติความเชื่อพบว่า เครื่องปั้นดินเผาเหล่านี้ ส่วนใหญ่มีลักษณะรูปทรงและลวดลายที่มีความหมายแสดงถึงความเป็นสิริมงคล โดยเฉพาะเป็นการสร้างสรรค์ขึ้นตามความเชื่อที่เกี่ยวกับภาชนะแห่งความอุดมสมบูรณ์หรือที่เรียกว่า "หม้อปูรณฆฏะ"เป็นประการ

สำคัญทางด้านการใช้สอยนั้นมีแนวโน้มว่าส่วนใหญ่เป็นเครื่องปั้นดินเผาที่ทำขึ้นเพื่อนำไปใช้ในการประกอบพิธีกรรม หรือใช้เนื่องในกิจพิธีทางศาสนาตามศาสนสถานทั้งในพุทธศาสนาและศาสนาพราหมณ์ แต่ทั้งนี้ก็ยังมีการนำเครื่องปั้นดินเผาบางประเภทไปใช้ในชีวิตประจำวันด้วย โดยเฉพาะการนำไปใช้เป็นภาชนะใส่เครื่องอุปโภคและบริโภคต่าง ๆในครัวเรือน

พรบูลย์ เจริญเชื้อ 2535 ศึกษาวิวัฒนาการของการทำเครื่องปั้นดินเผา และปัจจัยที่มีผลต่อการยึดอาชีพการทำเครื่องปั้นดินเผา โดยใช้วิธีการสังเกตและสัมภาษณ์ชาวบ้านวังถั่วทั้งที่ยึดอาชีพการทำเครื่องปั้นดินเผา และไม่ยึดอาชีพการทำเครื่องปั้นดินเผา ผู้รู้ และข้าราชการที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์โดยใช้สถิติร้อยละ แล้วนำเสนอผลการศึกษาโดยวิธีการพรรณนาวิเคราะห์ ผลการวิจัย วิวัฒนาการของการทำเครื่องปั้นดินเผาของหมู่บ้านวังถั่ว เริ่มขึ้นพร้อมกับการตั้งหมู่บ้านใน พ.ศ.2473 เป็นการปั้นโดยใช้เทคโนโลยีแบบดั้งเดิม คือปั้นขึ้นรูปบนครกหรือตอไม้ ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่เป็นภาชนะสำหรับบรรจุน้ำดื่มน้ำใช้ และหุงต้มอาหาร การขนส่งใช้วิธีแบกหาบหาม และบรรทุกเกวียนโดยใช้แรงงานสัตว์ลาก ต่อมา พ.ศ. 2530 ทางกรมการพัฒนาชุมชนได้นำแป้นหมุนและเครื่องขูดตัดดินเข้ามาทำการส่งเสริม ชาวบ้านได้รับเทคโนโลยีดังกล่าวปฏิบัติสืบมาจนถึงปัจจุบัน ผลิตภัณฑ์ได้เพิ่มประเภทต่าง ๆ มากขึ้น เช่น กระถางดอกไม้ แจกัน เตาหุงข้าวและตุ๊กตา การขนส่งไปจำหน่ายใช้รถเข็นสองล้อ สามล้อเครื่องและรถยนต์บรรทุกเล็ก ปัจจัยที่มีผลต่อการยึดอาชีพการทำเครื่องปั้นดินเผา ชาวบ้านวังถั่วร้อยละ 100 ยึดอาชีพทำเครื่องปั้นดินเผาเพราะความรักในอาชีพและเห็นว่าเป็นอาชีพที่ต้องทำด้วยความเอาใจใส่ เหตุผลรองลงไป ร้อยละ 97.22 เพราะเห็นว่าเป็นอาชีพที่ต้องใช้ความละเอียดละออ และสามารถช่วยตอบสนองความต้องการของครอบครัวได้ส่วนปัจจัยที่มีผู้เห็นด้วยน้อยที่สุด ร้อยละ 63.88 เห็นว่ายึดอาชีพการทำเครื่องปั้นดินเผาเพราะเป็นอาชีพที่มีความปลอดภัย

พันธ์ศักดิ์ พ่วงพงษ์ 2537 การศึกษาการทำเครื่องปั้นดินเผาที่บ้านหม้อ ตำบลเขวา อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคามมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาถึงสภาพวิถีชีวิตและสถาบันหมู่บ้าน ตลอดจนความเชื่อที่มีผลต่อการทำเครื่องปั้นดินเผารวมทั้งศึกษาถึงวิธีการทำเครื่องปั้นดินเผาของชาวบ้านหม้อ และศึกษาถึงองค์ประกอบและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการทำเครื่องปั้นดินเผาที่บ้านหม้อ ตำบลเขวา อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม โดยได้ใช้วิธีการดำเนินการศึกษาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องประกอบกับข้อมูลจากภาคสนามที่ได้จากการตอบแบบสอบถาม การสัมภาษณ์ผู้นำชาวบ้านผู้อาวุโสและชาวบ้านผู้มีประสบการณ์ในการทำเครื่องปั้นดินเผา และข้อมูลที่ได้จากการสังเกตทั้งแบบมีส่วนร่วมและไม่มีส่วนร่วม ผลการศึกษาทำให้ทราบได้ว่า เหตุผลสำคัญที่ชาวบ้านหม้อ ตำบลเขวา อำเภอเมืองจังหวัดมหาสารคาม ได้ยึดการทำเครื่องปั้นดินเผาเป็นอาชีพหลัก เพราะมีความคุ้นเคยในการทำเครื่องปั้นดินเผาที่ได้รับการถ่ายทอดสืบต่อมาจากบรรพบุรุษ ซึ่งเป็นชาวโคราช อีกทั้งยอมรับและถือปฏิบัติเป็นปกติวิสัยว่า การทำเครื่องปั้นดินเผาเป็นหน้าที่ของผู้หญิงโดยตรง ส่วนวิธีการทำเครื่องปั้นดินเผาที่ชาวบ้านหม้อนิยมทำกันอย่างแพร่หลายคือ การขึ้นรูปด้วยหินดุประกอบไม้ตีและเผากลางแจ้ง ซึ่งเป็น

วิธีการทำเครื่องปั้นดินเผาแบบดั้งเดิมและยังคงได้รับความนิยมสืบต่อมาจนถึงปัจจุบัน วัสดุอุปกรณ์ที่ชาวบ้านหม้อใช้ในการทำเครื่องปั้นดินเผาส่วนใหญ่ทำมาจากวัสดุที่หาได้ง่าย ภายในท้องถิ่น ลักษณะรูปแบบของเครื่องปั้นดินเผาที่บ้านหม้อจำแนกได้ 12 กลุ่มรูปแบบ ซึ่งส่วนใหญ่มีลักษณะ เป็นรูปทรงภาชนะที่เหมาะแก่การนำไปใช้ในชีวิตประจำวันในครัวเรือน และนิยมตกแต่งด้วยการกดประทับให้เป็นลวดลายที่บริเวณบ่าภาชนะโดยมีลวดลายที่แตกต่างกันถึง 28 ลวดลาย อีกทั้งยังพบว่ามีองค์ประกอบและปัจจัยที่สำคัญอยู่สี่ประการ ที่มีอิทธิพลทำให้ชาวบ้านหม้อยังคงนิยมทำเครื่องปั้นดินเผาแบบพื้นบ้านดั้งเดิมคือ การขึ้นรูปคล้ายหินดุประกอบไม้ตีและเผากลางแจ้งสืบต่อมาได้จนถึงปัจจุบัน คือองค์ประกอบที่เป็นปัจจัยทางด้านสภาพภูมิศาสตร์ องค์ประกอบที่เป็นปัจจัยทางด้านกรรมวิธีการผลิต องค์ประกอบที่เป็นปัจจัยทางด้านสังคมและวัฒนธรรมและองค์ประกอบที่เป็นปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจ สำหรับข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไปคือ 1. ควรมีการศึกษาวิจัยถึงองค์ประกอบและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการทำเครื่องปั้นดินเผาแบบพื้นบ้านในแหล่งอื่น ๆ ทั้งการศึกษาเชิงเดี่ยว และเชิงเปรียบเทียบ 2. ควรมีการศึกษาวิจัยถึงสภาพความเป็นอยู่และการเปลี่ยนแปลงในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาพื้นบ้านที่ยังคงมีอยู่ตามหมู่บ้าน ในเขตชนบทต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อวัฒนธรรมและสังคม 3. ควรมีการศึกษาวิจัยถึงการใช้แรงงาน การใช้เชื้อเพลิงในการทำเครื่องปั้นดินเผาแบบพื้นบ้าน ที่มีผลต่อรายได้ของชาวบ้านตลอดจนหาวิธีการอนุรักษ์สภาพแวดล้อมไม่ให้ถูกทำลายลง

นริศศรี แววคล้ายหงษ์ 2539 การศึกษาครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อศึกษากระบวนการผลิตและการจำหน่ายเครื่องปั้นดินเผาด่านเกวียน โดยใช้วิธีศึกษาเอกสารและการศึกษาภาคสนาม กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้รู้ ผู้ผลิต ผู้จำหน่ายและผู้ประกอบธุรกิจเกี่ยวข้องในการผลิตและจำหน่ายเครื่องปั้นดินเผาด่านเกวียน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสัมภาษณ์การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การแจกแจงความถี่และร้อยละ การนำเสนอผลการวิจัยใช้การพรรณนาวิเคราะห์ ผลการวิจัย พบว่า 1. กระบวนการผลิตและจำหน่ายเครื่องปั้นดินเผาด้านบุคลากรประกอบด้วย บุคคล 3 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ผลิตเครื่องปั้นดินเผา ช่างฝีมือรับจ้าง และผู้ประกอบธุรกิจที่เกี่ยวข้อง ซึ่งส่วนใหญ่มีประสบการณ์ในการประกอบอาชีพต่างกัน ความรู้ในการประกอบอาชีพได้รับการสืบทอดจากบรรพบุรุษ และประสบการณ์การทำงาน ด้านทุนในการผลิต แรงงานได้จาก แรงงานของสมาชิกในครอบครัว เงินทุนในการผลิต ส่วนใหญ่ใช้เงินทุนส่วนตัว และกู้ยืมจาก แหล่งเงินทุนในท้องถิ่น ด้านผลผลิตผู้ผลิตทำการผลิตโดยคำนึงถึงความต้องการของตลาด โดยพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมมาก ได้แก่ การปั้นทาสี-ลงโคลน การปั้นติด-ปะและ การปั้น-ประกอบชิ้น สำหรับการจำหน่ายเครื่องปั้นดินเผา จะกระทำใน2 ลักษณะ คือ ผู้ผลิต เป็นผู้จำหน่ายเองทั้งจำหน่ายที่ร้าน จำหน่ายตามการสั่งซื้อ และจำหน่ายโดยผ่านคนกลาง ปัญหาที่พบคือ มีเงินทุนหมุนเวียนน้อย ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม เป็นพิษการตั้งราคาของผลิตภัณฑ์ แต่ละประเภทไม่มีมาตรฐานเดียวกันทำให้ผลิตภัณฑ์ในแต่ละร้านมีมูลค่าไม่เท่ากัน

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการวิจัยการศึกษาคุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบสำหรับผลิตเครื่องปั้นดินเผา บ้านแก่งเป้า อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาคุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมของเนื้อดินปั้นเพื่อผลิตเครื่องปั้นดินเผา เพื่อศึกษาภูมิปัญญาการเคลือบเนื้อดินปั้นเพื่อให้ได้สีสันของผลิตภัณฑ์ตามต้องการ และเพื่อศึกษาและพัฒนาน้ำเคลือบให้เหมาะสมกับเนื้อดินปั้นของชุมชนบ้านแก่งเป้า มีวิธีการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้

3.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย

1) ศึกษาปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2) ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวกับคุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบสำหรับผลิตเครื่องปั้นดินเผา

3) ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับภูมิปัญญาการเคลือบเนื้อดินปั้นเพื่อให้ได้สีสันของผลิตภัณฑ์ตามต้องการ

4) เก็บตัวอย่างเนื้อดินปั้นของชุมชนแก่งเป้า อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์

5) ทดสอบสมบัติด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ

(1) การศึกษาคุณสมบัติของดินด้านวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

ศึกษาความหนาแน่น ความพรุน ความร่วนเหนียว ความสามารถในการซึมผ่าน ความสามารถในการอุ้มน้ำ ประจุไฟฟ้าในดิน การดูดซับไอออนของดิน การแลกเปลี่ยนไอออนของดิน ความเป็นกรดเป็นด่าง ความเค็ม และโครงสร้างจุลภาคของเนื้อดินปั้น

1.1) การทดสอบการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์

การทดสอบการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ (X-Ray Diffraction Test) เป็นเทคนิคที่อาศัยหลักการของการยิงรังสีเอ็กซ์ที่ทราบความยาวคลื่น ไปกระทบชิ้นงาน และเกิดการเลี้ยวเบนของรังสี ที่มุมต่างๆ กัน โดยมีตัว Detector เป็นตัวรับข้อมูล เนื่องจากสารประกอบและธาตุที่มีส่วนผสม หรือโครงสร้างต่างกัน จะทำให้เกิดการเลี้ยวเบนที่มุมที่มีองศาต่างกัน ข้อมูลที่ได้รับจึงสามารถบ่งบอกชนิดของสารประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่าง และสามารถนำมาใช้ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับโครงสร้างผลึก ของสารตัวอย่างนั้นๆ ได้ นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้ ยังสามารถนำมาหาปริมาณความเป็นผลึก ขนาดของผลึกและความเค้นของสารประกอบในสารตัวอย่างได้

การเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์เป็นเทคนิคที่เสริมเทคนิคสเปกโทรสโคปี (Spectroscopic) อื่นๆ เช่น เทคนิคการเรืองแสงของรังสีเอ็กซ์ (X-Ray Fluorescence, XRF) โดยที่ XRF จะสามารถบอกได้ว่าวัสดุเหล่านั้นประกอบด้วยธาตุอะไรบ้าง ในขณะที่การเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์นั้นจะช่วยให้สามารถรู้ได้ว่าธาตุเหล่านั้นมีองค์ประกอบเป็นเช่นไร ด้วยหลักการการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ดังแสดงในภาพที่ 3.2 ขนาดความยาวคลื่นของรังสีเอ็กซ์ อยู่ในช่วงเดียวกับระยะห่างระหว่างอะตอมในผลึกของแข็ง ซึ่งทำให้รังสีเอกซ์สามารถเกิดการเลี้ยวเบนได้ทำให้เราได้ทราบถึงข้อมูลของวัสดุที่ต้องการศึกษาทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และคุณสมบัติเชิงกลอย่างมากมาย

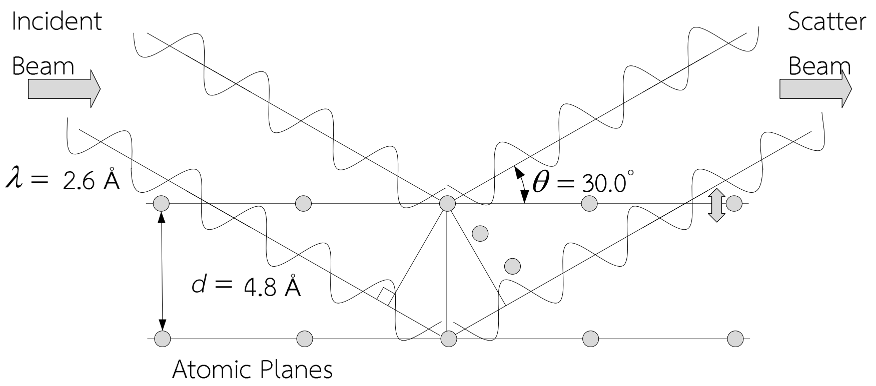
เทคนิคที่ใช้หลักการการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์นี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 เทคนิค ได้แก่

1. Single – Crystal Method

โดยหลักแล้วเทคนิคนี้ใช้ตรวจวัดโครงสร้างอะตอม ซึ่งวิธีการดั้งเดิมนั้น ใช้ผลึกติดอยู่กับที่และเปลี่ยนแปลงค่าความยาวคลื่นของรังสีเอ็กซ์ เมื่อฉายลำรังสีให้ตกลงบนผลึกเดี่ยว จะบันทึกผลการเลี้ยวเบนลงบนแผ่น Photographic Plate ซึ่งใช้ในการบันทึกค่าความเข้มและตำแหน่งของรังสีที่เกิดการเลี้ยวเบน แต่ในปัจจุบันนั้นจะทำให้ผลึกเกิดการหมุนและตรวจวัดปริมาณของรังสีที่เลี้ยวเบนจากวิธีการดั้งเดิม วิธีการนี้ใช้รังสีเอ็กซ์ที่มีความยาวคลื่นค่าเดียวแต่อาศัยการเปลี่ยนมุม โดยการเคลื่อนที่ของผลึกที่อยู่บนแท่นหมุน

2. Powder Methods

เบื้องต้นแล้ววิธีการนี้จะใช้ในการระบุแร่ธาตุโดยบอกองค์ประกอบและตรวจวัดความสัมพันธ์ของธาตุที่มีอยู่ในสารผสมเช่นเดียวกับ Single-Crystal Methods คือ แต่เดิมนั้นจะใช้เทคนิคของการถ่ายภาพในการบันทึกข้อมูลการเลี้ยวเบน แต่ในปัจจุบันจะใช้เครื่องมือที่เรียกว่า X-Ray Powder Diffractometer และยังสามารถช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการเตรียมตัวอย่างผลึกแล้วไม่สามารถใช้วิธีการแรกในการตรวจวัดได้

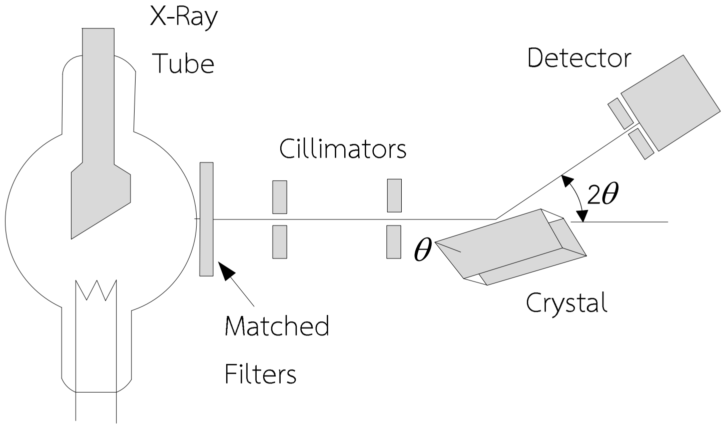


รูปที่ 3.1 หลักการพื้นฐานของเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์

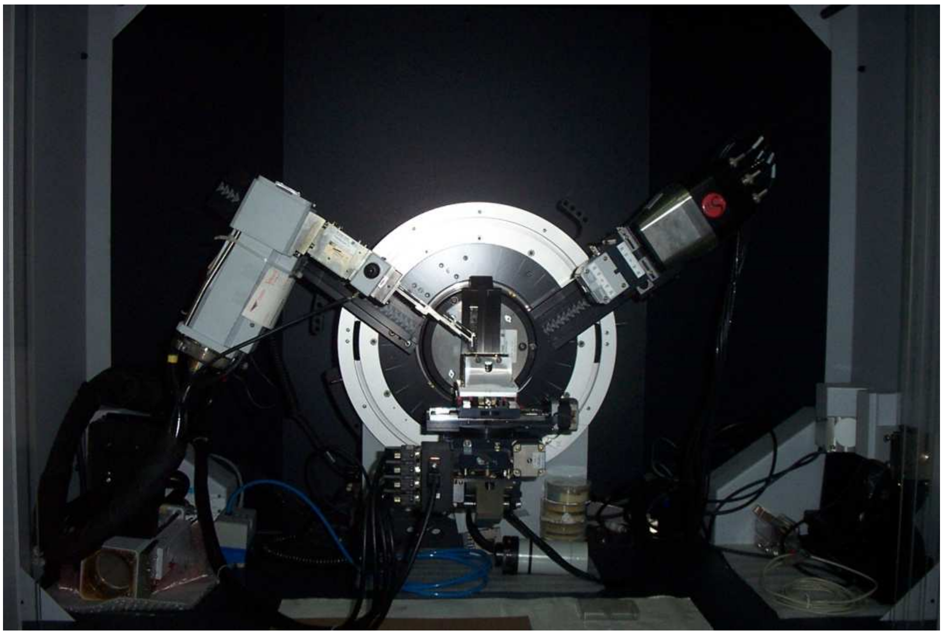
เครื่องทดสอบการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างของแร่ประกอบดินเหนียวในแผ่นใยสังเคราะห์ดินเหนียวอาศัยรังสีเอ็กซ์ที่มีคุณสมบัติคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยเครื่อง X – Ray Diffractometer ดังแสดงในภาพที่ 3.4 มีหลักการวิเคราะห์โครงสร้างผลึก ความยาวคลื่นที่ใช้อยู่ประมาณ 0.5 – 2.5 Å เป็นช่วงความยาวของรัศมีอะตอมหรือไอออนหรือระยะระหว่างอะตอมและพลังงานอยู่ในช่วง 0.1–100 kV ความสามารถในการทะลุทะลวงสูงเนื่องจากรังสีเอ็กซ์แสดงคุณสมบัติเกิดการเลี้ยวเบน (Diffraction) เมื่อผ่านช่องระหว่างอะตอมของผลึก จากนั้นเกิดการแทรกสอด (Interference) มีทั้งแบบเสริมและแบบหักล้างกัน รังสีเอ็กซ์ที่แทรกสอดแบบเสริมมากที่สุด เมื่อมีการกระเจิงออกจากแต่ละระนาบของผลึกด้วยความยาวคลื่นแตกต่างกัน เป็นจำนวนเท่าของความยาวคลื่นรังสีเอ็กซ์ เรียกว่า การเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ที่ระนาบต่างๆ ของผลึก เมื่อได้รังสีเลี้ยวเบนแทรกสอดกันแบบเสริมความเข้มของรังสีมากอ่านได้จาก Peak และปรากฏมุมเลี้ยวเบนเดิม สำหรับสารประกอบที่มีชนิดเดียวกันกฎของ Bragg 's law แสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$n\lambda = 2d\sin\theta \qquad (3.3)$$

เมื่อ n เป็นอันดับการเลี้ยวเบน, λ เป็นความยาวคลื่นของรังสีที่ใช้ทดสอบ, d เป็นระยะ ระหว่างระนาบหรือมุมสะท้อนจากระนาบของรังสีเอ็กซ์ซึ่งจะเท่ากับมุมตกกระทบ และ θ เป็นมุมของรังสีเอ็กซ์ตกกระทบบนตัวอย่าง ลักษณะเครื่องมือทดสอบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์แสดงดังภาพที่ 3.3 ลักษณะการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ที่ได้จะถูกบันทึกไว้ทั้งค่ามุม 2θ และค่าระยะห่างระหว่างอนุภาคของเม็ดดิน โดยสามารถนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบชนิดกับแร่มาตรฐานของ Joint Committee on Powder Diffraction Standard (JCPDS) ก็จะได้ชนิดของแร่ตามต้องการ



รูปที่ 3.2 แผนภาพลักษณะการทำงานของการทดสอบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์



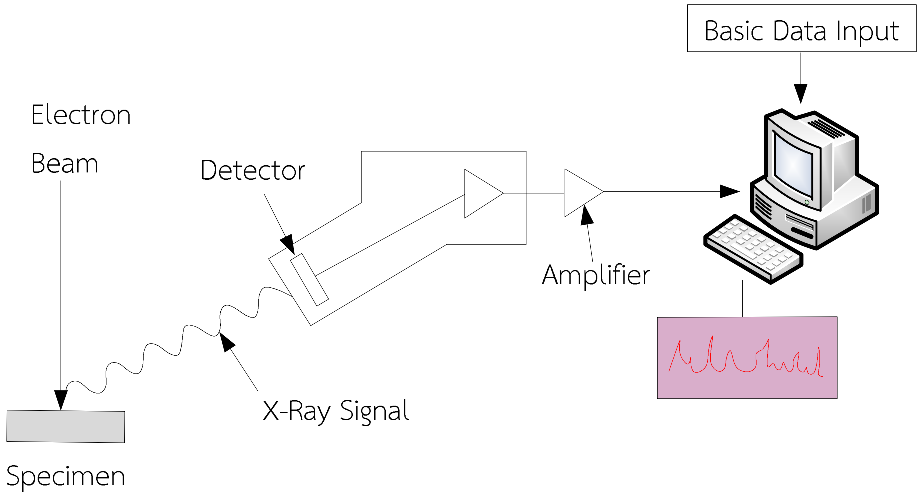
รูปที่ 3.3 เครื่องมือทดสอบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์

1.2) การทดสอบหาลักษณะโครงสร้างทางจุลภาค

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope, SEM) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาลักษณะและวิเคราะห์รายละเอียดโครงสร้างขนาดเล็กของวัตถุเนื่องจากมีกำลังขยายสูงกว่ากล้อง Optical Microscope ทั่วไป ในปัจจุบันกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนได้ถูกพัฒนาให้มีกำลังขยายสูงขึ้น เพื่อขยายขอบเขตความสามารถในการทำงาน จนในปัจจุบันนี้สามารถศึกษาโครงสร้างที่มีขนาดเล็กมากในระดับนาโนเมตรได้ นอกจากนี้ได้นำเครื่อง Wavelength Dispersive Spectrometer (WDS) หรือเครื่อง Energy Dispersive Spectrometer (EDS) มาประกอบเข้ากับกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนเพื่อให้สามารถวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบของสารตัวอย่างได้จากบริเวณที่ต้องการศึกษาจริง โดยการวิเคราะห์สามารถทำได้ทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนประกอบด้วยส่วนสำคัญต่างๆ เมื่อพิจารณาตามหลักการทำงานของเครื่องสามารถแบ่งได้เป็น 3 ระบบคือระบบการผลิตลำแสงอิเล็กตรอน ระบบการจับและถ่ายทอดสัญญาณและระบบการสร้างภาพในระบบการสร้างลำแสงอิเล็กตรอน จะถูกสร้างขึ้นในส่วนประกอบของเครื่องที่เรียกว่าปืนอิเล็กตรอน ชนิดที่เป็นแบบ Triode (Conventional Selfbias Hemionic) ประกอบด้วยไส้หลอด (Filament) ส่วนมากใช้โลหะทังสเตนต่ออยู่กับแหล่งกำเนิดไฟฟ้าทำหน้าที่เป็นขั้วบวก (Cathode) แผ่นปิดด้านบนทำหน้าที่เป็นขั้วลบ (Anode) เมื่อให้ความต่างศักย์เข้าไปสูงเกินกว่าค่า Work Function ของโลหะทังสเตน อิเล็กตรอนจากไส้หลอดจะหลุดออกมาแล้ววิ่งไปยังขั้วอาโนด โดยวิ่งผ่านแผ่นปิดด้านบน (Grid Cap) ที่ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมให้อิเล็กตรอนวิ่งออกจากขั้วบวกเป็นลำผ่านไปยังขั้วลบ ดังแผนภาพการทำงานของเครื่องทดสอบหาลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคที่แสดงในภาพที่ 3.5

จากนั้นอิเล็กตรอนจะถูกควบรวมให้เป็นลำแสงโดยอิเล็กตรอนเลนซ์ ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นเลนซ์รวมแสง เพื่อบังคับให้อิเล็กตรอนวิ่งไปยังชิ้นงานที่ต้องการวิเคราะห์จากนั้นกลุ่มอิเล็กตรอนจะผ่านเลนส์รวบรวมรังสี (Condenser Lens) เพื่อทำให้กลุ่มอิเล็กตรอนกลายเป็นลำอิเล็กตรอน ซึ่งสามารถปรับให้ขนาดของลำอิเล็กตรอนใหญ่หรือเล็กได้ตามต้องการ หากต้องการภาพที่มีความคมชัดจะปรับให้ลำอิเล็กตรอนมีขนาดเล็ก หลังจากนั้นลำอิเล็กตรอนจะถูกปรับระยะโฟกัสโดยเลนส์ใกล้วัตถุ (Objective Lens) ลงไปบนผิวชิ้นงานที่ต้องการศึกษา หลังจากลำอิเล็กตรอนถูกกราดลงบนชิ้นงานจะทำให้เกิดอิเล็กตรอนทุติยภูมิ (Secondary Electron) ขึ้น ซึ่งสัญญาณจากอิเล็กตรอนทุติยภูมินี้จะถูกแปลงไปเป็นสัญญาณทางอิเล็กทรอกนิกส์และนำไปสร้างเป็นภาพบนจอโทรทัศน์ต่อไป ขณะเดียวกันสามารถบันทึกภาพจากหน้าจอโทรทัศน์ได้เลยดังที่แสดงในภาพที่ 3.6 ซึ่งเป็นเครื่องทดสอบหาลักษณะโครงสร้างทางจุลภาค (HITACHI S-800) ที่ใช้ในการทดสอบ



รูปที่ 3.4 แผนภาพการทำงานของเครื่องทดสอบหาลักษณะโครงสร้างทางจุลภาค

รูปที่ 3.5 เครื่องทดสอบหาลักษณะโครงสร้างทางจุลภาค (HITACHI S-800)

(2) การศึกษาคุณสมบัติของดินด้านวิศวกรรม ประกอบด้วย

คุณสมบัติทางกายภาพของแร่ประกอบดินเหนียวในแผ่นใยสังเคราะห์ดินเหนียวจะแสดงในรูปของลักษณะการกระจายตัวของอนุภาคเม็ดดิน ความถ่วงจำเพาะ และค่าขีดจำกัดความข้นเหลวซึ่งจะอยู่ในรูปของขีดจำกัดเหลว ขีดจำกัดพลาสติกและขีดจำกัดการหดตัว ซึ่งค่าขีดจำกัดเหลวและขีดจำกัดพลาสติก จะใช้พิจารณาในการจำแนกชนิดของดิน สภาพกำลังรับแรงของดิน ประมาณการทรุดตัวของดินแบบอัดตัวคายน้ำและประมาณความหนาแน่นสูงสุดจากการบดอัดดินได้ ส่วนค่าขีดจำกัดการหดตัวจะใช้พิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของดินจากปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในดินที่มีการเปลี่ยนแปลงไป

2.1) การกระจายตัวของเม็ดดิน

การกระจายตัวของเม็ดดินเป็นความสัมพันธ์ที่เป็นสัดส่วนของเม็ดดินขนาดต่างๆ ที่มีอยู่ในมวลดินนั้นเอง ซึ่งเป็นคุณสมบัติเด่น ที่บ่งบอกพฤติกรรมของดินเม็ดหยาบ การทดสอบการกระจายตัวของเม็ดดิน แบ่งได้เป็น 2 วิธี ตามชนิดและขนาดของเม็ดดิน คือ วิธีตะแกรงร่อน (Sieve Analysis) สำหรับดินเม็ดหยาบ ที่มีขนาดใหญ่กว่าตะแกรงเบอร์ 200 และวิธีไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer Analysis) สำหรับดินเม็ดละเอียด เช่น ดินเหนียว และดินเหนียวปนดินตะกอน ที่มีขนาดเม็ดดินเล็กกว่าตะแกรงเบอร์ 200 อนุภาคของแร่ประกอบดินเหนียวจะมีขนาดของอนุภาคอยู่ในช่วง 0.01 ถึง 1 ไมโครเมตร ดังนั้นจึงนิยมทดสอบหาการกระจายตัวของเม็ดดินโดยวิธีไฮโดรมิเตอร์

2.2) การทดสอบไฮโดรมิเตอร์

การหาขนาดดินเม็ดละเอียด ด้วยการวิเคราะห์ไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer Analysis) เป็นการวิเคราะห์ขนาดดินที่มีเม็ดเล็กกว่าตะแกรงเบอร์ 200 โดยนำดินมาละลายน้ำแล้วใส่ลงไปในหลอดแก้วให้เม็ดดินหรือตะกอนกระจัดกระจายแขวนตัวลอยอยู่ในน้ำ แล้วใช้ไฮโดรมิเตอร์วัดอัตราการตกตะกอน หรือวัดค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินที่แขวนลอยอยู่ในน้ำตามความลึกที่กำหนดที่ช่วงเวลาต่างๆ โดยอาศัยหลักการตกตะกอนของเม็ดดินในน้ำ (Stoke, 1851) ภายใต้สมมติฐานที่ว่าการเคลื่อนที่ด้วยความหนืดที่มีค่าคงที่ในของเหลวสภาวะนิ่ง ไม่เกิดการเคลื่อนที่แบบปั่นป่วน อุณหภูมิของของเหลวคงที่ เม็ดดินมีรูปร่างเป็นทรงกลม ความเร็วสุดท้ายของการไหลน้อยมาก เม็ดดินทั้งหมดมีความหนาแน่นเท่ากัน และการกระจายตัวของเม็ดดินทุกขนาดเป็นแบบสม่ำเสมอภายในของเหลว เนื่องจากแร่ประกอบดินเหนียวแสดงพฤติกรรมเป็นไฮโดรโฟบิคคอลลอยด์ (Hydrophobic Colloid) เพราะบริเวณผิวสัมผัสดินเหนียวจะเกิดปฏิกิริยาร่วมระหว่างเม็ดดินและน้ำ ส่งผลให้อนุภาคของแร่ประกอบดินเหนียวมีขนาดไม่แน่นอน และเกิดการเคลื่อนที่ตลอดเวลาที่เรียกว่าการเคลื่อนที่แบบบราวเนียน (Brownian Motion) ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ของอนุภาคคอลลอยด์ตลอดเวลาแบบสุ่ม ไม่มีทิศทางแน่นอน และจะเกิดการชนกัน (Collision) ของอนุภาคคอลลอยด์

ซึ่งพลังงานจลน์ของโมเลกุลในสารละลายจะมีค่าเท่ากับพลังงานในส่วนของการเคลื่อนที่เฉลี่ยของอนุภาค (Average Translational Kinetic Energy) ดังต่อไปนี้

$$E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{2}kT \quad (3.1)$$

เมื่อ m เป็นน้ำหนักของอนุภาค, v เป็นความเร็วในการเคลื่อนที่ของอนุภาค, k เป็นค่าคงที่โบลทซ์มันน์ (Boltzman Constant) และ T เป็นอุณหภูมิของสารละลาย ซึ่งพบว่าอนุภาคของแร่ประกอบดินเหนียวสามารถจับกันเป็นกลุ่ม (Flocculate) เพื่อเพิ่มขนาดของอนุภาคและลดความเร็วของปฏิกิริยา (Van Olphen, 1977; Sridharan et al., 1999; Zhang et al., 1995; Quirk and Schofield, 1955; Keren and Singer, 1988) การทดสอบการหาขนาดเม็ดดินโดยไฮโดรมิเตอร์ เป็นการทดสอบเพื่อหาขนาดของอนุภาคแร่ประกอบดินเหนียวโดยใช้สารละลายช่วยให้เม็ดดินกระจายตัว (Dispersing Agent) ในน้ำกลั่น เป็นสารละลายที่ช่วยให้เม็ดดินกระจายตัว

2.3) ความถ่วงจำเพาะ

ความถ่วงจำเพาะเป็นการวัดค่าน้ำหนักของดินต่อน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากับดินในอุณหภูมิหนึ่ง ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่แสดงให้ทราบถึงลักษณะทั่วไปของดินได้ และยังสามารถที่จะนำคุณสมบัตินี้ไปใช้ในการคำนวณค่าคุณสมบัติอื่นๆ เช่น ความพรุน อัตราส่วนช่องว่างของดิน ระดับการอิ่มตัว ความหนาแน่น เป็นต้น ค่าความถ่วงจำเพาะของแร่ประกอบดินเหนียวมีค่าอยู่ในช่วง 2.4 ถึง 2.65 ขึ้นอยู่กับปริมาณของแร่มอนต์มอริลโลไนต์ (Malusis and Shackelford, 2002; Keijzer and Loch, 2001; Keijzer et al., 1999)

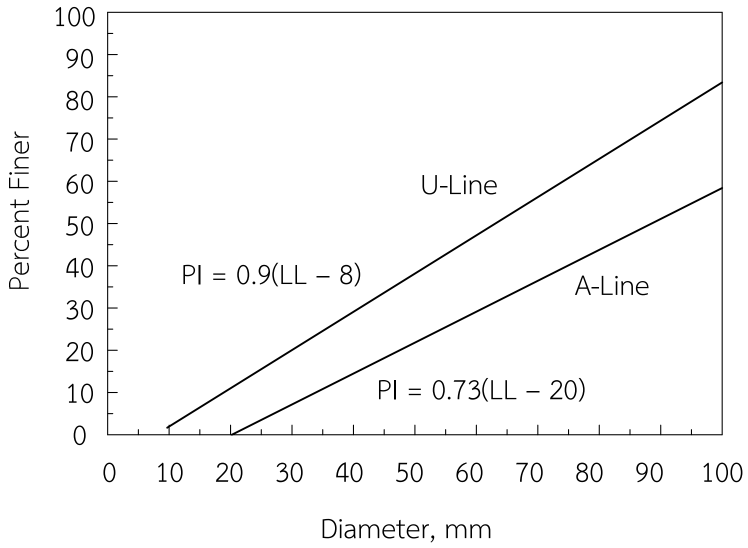
ความถ่วงจำเพาะของแร่ประกอบดินเหนียวสามารถหาได้ตามมาตรฐาน ASTM D-854-02 (2002) โดยการนำตัวอย่างดินแห้งและน้ำใส่ในขวดฟลาส (Volumetric Flask) ขนาดความจุ 500 มิลลิลิตร และนำไปต้มไล่ฟองอากาศ แล้วจึงเติมน้ำให้ได้ปริมาตร 500 มิลลิลิตร แล้วนำไปอบแห้งเพื่อหาน้ำหนักดินแห้ง ค่าความถ่วงจำเพาะของอนุภาคเม็ดดินสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$G_s = \frac{W_s}{W_s + W_{fw} - W_{fs}} \quad (3.2)$$

เมื่อ W_s เป็นน้ำหนักของแร่ประกอบดินเหนียวที่อบแห้ง W_{fs} เป็นน้ำหนักรวมของขวดฟลาส น้ำและแร่ประกอบดินเหนียวอบแห้ง และ W_{fw} เป็นน้ำหนักของขวดฟลาสและน้ำตามลำดับ

2.4) การทดสอบขีดจำกัดความข้นเหลว

การทดสอบขีดจำกัดความข้นเหลวของแร่ประกอบดินเหนียวเป็นการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 4318 เพื่อหาค่าความชื้น, ขีดจำกัดเหลว (Liquid Limit), ขีดจำกัดพลาสติก (Plastic limit) และขีดจำกัดหดตัว (Shrinkage Limit) ของแร่ประกอบดินเหนียว เพื่อหาปริมาณน้ำในมวลดินที่ทำให้สภาพความเหนียวตัวของมวลดินเปลี่ยนแปลงไป ขีดจำกัดความข้นเหลวของดินสามารถใช้ระบุปริมาณแร่องค์ประกอบในมวลดินได้โดยใช้แผนภูมิพลาสติกซิตี้ ดังแสดงในภาพที่ 3.1 (Holtz and Kovacs, 1981) ขีดจำกัดเหลวของแร่ประกอบดินเหนียวจะมีค่าสูงเมื่อเทียบกับดินเหนียวชนิดอื่นๆ เนื่องจากแร่ประกอบดินเหนียวจะมีการขยายตัวได้มากโดยการดูดซับไอออนที่ผิวอนุภาคคอลลอยด์ ตามทฤษฎีประจุไอออนสองชั้นที่แพร่กระจาย (Diffuse Double Layer)



ภาพที่ 3.1 แผนภูมิพลาสติกซิตี้ (Holtz and Kovacs, 1981)

ในการทดสอบจะนำแร่ประกอบดินเหนียวมาบดให้ละเอียดและผสมกับสารละลายต่างๆ เพื่อศึกษาผลกระทบของสารละลายต่างๆ ที่มีต่อคุณสมบัติของแร่ประกอบดินเหนียว โดยสารละลายที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่ น้ำกลั่น สารละลาย NaCl, KCl, $CaCl_2$ และ $MgCl_2$ ความเข้มข้น 0.01, 0.05, 0.1, 0.5 และ 1.0 โมลาร์ ตามลำดับ ซึ่งหลังจากการวัดค่าขีดจำกัดความข้นเหลวแล้ว แร่ประกอบดินเหนียวจะถูกทำให้แห้งในห้องปฏิบัติการจนกระทั่งปริมาณความชื้นหมดไปแล้วนำแร่ประกอบดินเหนียวดังกล่าวมาบดให้ละเอียดและผสมกับสารละลายที่ใช้ทดสอบตอนแรก แล้วทำการทดสอบหาค่าขีดจำกัดความข้นเหลวซ้ำอีกรอบ

6) ศึกษาภูมิปัญญาการเคลือบเนื้อดินปั้นเพื่อให้ได้สีสันของผลิตภัณฑ์ตามต้องการ

โดยการศึกษาภูมิปัญญาการเคลือบเนื้อดินปั้นจากขี้เถ้าให้ได้สีสันตามต้องการ และหาคำตอบในเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น ขี้เถ้าจากฟางข้าวซึ่งจะให้สีฟ้าที่สดใส ขี้เถ้าจากใบไม้จะให้สีเหลืองตุ่นๆ โดยการนำวัตถุดิบเหล่านั้นมาทดลองเผาจริง

7) ศึกษาและพัฒนาน้ำเคลือบให้เหมาะสมกับเนื้อดินปั้นของชุมชนบ้านแก่งเป้า

โดยการทดลองการผสมน้ำเคลือบชนิดต่างๆ ให้เหมาะกับเนื้อดินปั้นในแหล่งชุมชนบ้านแก่งเป้า จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยการเผาด้วยอุณหภูมิตั้งแต่ 800 – 1,000 องศาเซลเซียส

8) สร้างกระบวนการเรียนรู้ให้กับชุมชน โดยใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเป็นเครื่องมือในการสร้างกระบวนการเรียนรู้ให้กับชุมชน

3.2 สถานที่ทำการวิจัย

สถานที่เก็บข้อมูลตัวอย่างเนื้อดินปั้น ได้แก่ ชุมชนบ้านแก่งเป้า อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ และสถานที่ทดสอบคุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบสำหรับผลิตเครื่องปั้นดินเผา ได้แก่ อาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมก่อสร้าง คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และส่งตัวอย่างทดสอบคุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
ผลการวิจัย

หลังจากผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองตามกระบวนการแล้ว ได้ข้อมูลซึ่งสามารถแสดงผลการศึกษาตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังต่อไปนี้

1) ผลการศึกษาคุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมของเนื้อดินปั้นเพื่อผลิตเครื่องปั้นดินเผาของชุมชนบ้านแก่งเป้า

2) ผลการศึกษาภูมิปัญญาการเคลือบเนื้อดินปั้นของชุมชนบ้านแก่งเป้า

3) ผลการศึกษาและพัฒนาน้ำเคลือบให้เหมาะสมกับเนื้อดินปั้นของชุมชนบ้านแก่งเป้า

4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมของเนื้อดินปั้นเพื่อผลิตเครื่องปั้นดินเผาของชุมชนบ้านแก่งเป้า

หลังจากได้ทำการทดลองหาสมบัติคุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมของเนื้อดินปั้นเพื่อผลิตเครื่องปั้นดินเผาของชุมชนบ้านแก่งเป้า โดยใช้ตัวอย่างชิ้นส่วนเครื่องปั้นดินเผาจากชุมชนบ้านแก่งเป้า และทำการทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ที่อาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมก่อสร้าง คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และส่งตัวอย่างทดสอบคุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้ผลทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ดังต่อไปนี้

4.1.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์ของเนื้อดินปั้น

ผลการศึกษาคุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์ของเนื้อดินปั้นชุมชนแก่งเป้า อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ สำหรับทำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา ปรากฏผลวิเคราะห์ข้อมูลแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.1 พบว่า ความหนาแน่น 1.26 Mg/m^3 ความพรุน (Porosity) 46.56 % ความร่วนเหนียว (Consistence) 25.63 % ความสามารถในการซึมผ่าน (Permeability) 0.1x10^{-7} cm^3/s ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) 12.58% ประจุไฟฟ้าในดิน 123 การดูดซับไอออนของดิน 24 การแลกเปลี่ยนไอออนของดิน 26.05 ความเป็นกรดเป็นด่าง 6.75 โครงสร้างจุลภาคของเนื้อดินปั้น จะมีลักษณะโครงสร้างเป็นแผ่นบางๆ ซ้อนกันเป็นชั้นหลายๆ ชั้น มีลักษณะการจัดเรียงตัวที่ไม่แน่นอน ที่ซ้อนทับกันเป็นอนุภาคของแร่ บางครั้งเห็นผลึกชัดเจน เช่น เป็นแผ่นหกเหลี่ยม จากรูปร่างแร่ประกอบดินเหนียวที่เป็นแผ่นบาง ทำให้แร่ประกอบดินเหนียวมีพื้นผิวจำเพาะสูงมากและมีช่องว่างระหว่างชั้นที่สามารถขยายตัวได้ทำให้แร่ประกอบดินเหนียวมีประสิทธิภาพในการดูดซับเป็นอย่างมาก ดังแสดงในภาคผนวก ค

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์ของเนื้อดินปั้น

<u>Soil physical properties</u>	
Sand (%)	18.16
Silt (%)	17.23
Clay (%)	64.61
Bulk density (g/cm^3)	1.26
particle density (g/cm^3)	6.87
Total porosity (%)	0.46
Field capacity (%)	24.23
Permanent wilting point (%)	17.25
Avilable water holding capacity (%)	12.58
<u>Soil chemical properties</u>	
pH (H_2O)	6.75
pH (KCl)	6.07
Electrical Conductivity (dS/m)	0.29
Exchangeable Acidity	0.04
Organic matter (%)	1.31
Total N (%)	0.07
C/N ratio	23.83
Available phosphorus (mg/kg)	2.31
Ca (cmol$_{(+)}$/kg)	6.31
Mg (cmol$_{(+)}$/kg)	4.61
K (cmol$_{(+)}$/kg)	1.95
Na (cmol$_{(+)}$/kg)	0.30
CEC (cmol$_{(+)}$/kg)	26.05
Base saturation (%)	50.60
Fe (mg/kg)	7.69
Mn (mg/kg)	10.27
Zn (mg/kg)	0.14
Cu (mg/kg)	0.41

4.1.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติด้านวิศวกรรมของเนื้อดินปั้น

จากการเก็บตัวอย่างเนื้อดินปั้นของชุมชนบ้านแก่งเป้า แล้วนำมาทดสอบในห้องปฏิบัติการ เพื่อหาคุณสมบัติคุณสมบัติด้านวิศวกรรมของเนื้อดินปั้น ซึ่งผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.2 โดยพบว่า ดินตัวอย่างจะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นตามธรรมชาติเท่ากับ 78.10 ค่าขีดจำกัดเหลวร้อยละ 90.85 และค่าขีดจำกัดพลาสติกร้อยละ 30.26 ซึ่งพบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นตามธรรมชาติของเนื้อดินปั้นมีค่าใกล้เคียงกับค่าขีดจำกัดเหลว จึงทำให้เนื้อดินปั้นมีความอ่อนตัวมาก และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับผลการทดสอบที่ได้มีผู้ที่ทำการวิจัยมาแล้วของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ก็จะพบว่าค่าเฉลี่ยที่ได้ทำการทดสอบมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่เคยทดสอบมา (อรรถสิทธิ, 2545) ยกเว้นค่าขีดจำกัดพลาสติกที่มีค่าต่างกันมาก ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากตัวอย่างดินในระดับความลึกดังกล่าวมีชั้นทรายอยู่มาก ทำให้มีช่วงความเป็นพลาสติกแตกต่างกัน ลักษณะการกระจายตัวของเม็ดดินพบว่าค่า % Clay มีค่าเท่ากับ 34.61% และมี % Silt ปนเข้ามามีค่าน้อยกว่า % Sand โดยค่า % Silt และ % Clay มีค่ารวมกันอยู่ระหว่าง 35-36 % ซึ่งพอจะสรุปได้คือ เนื้อดินปั้นของชุมชนบ้านแก่งเป้าเป็นดินเม็ดละเอียดเสียส่วนมาก ส่วนทรายที่ปนเข้ามาบ้างก็เป็นเพราะว่าเป็นส่วนหนึ่งของการตกตะกอนที่เกิดการพัดมาทับถมเกิดเป็นดินที่บริเวณนี้ ค่ากำลังรับแรงของเนื้อดินปั้นของชุมชนบ้านแก่งเป้ามีค่าเท่ากับ 0.12 kgf/cm^2 ขณะที่คุณสมบัติการยุบอัดตัวได้ของเนื้อดินปั้นของชุมชนบ้านแก่งมีค่าสัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวได้เท่ากับ 1.02 โดยที่ค่าหน่วยแรงกดทับเท่ากับ 75 และค่า OCR เท่ากับ 1.00

ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติด้านวิศวกรรมของเนื้อดินปั้น

Unit Weight (g/cm^3)	1.60
Water Content (%)	78.10
Liquid Limit (%)	90.85
Plastic Limit (%)	30.26
Plasticity Index (%)	60.59
Specific Gravity	2.780
Initial Void Ratio	0.54
Grain Size Analysis	
- Sand (%)	18.16
- Silt (%)	17.23
- Clay (%)	64.61
Undrained Shear Strength (kgf/cm^2)	0.12
Consolidation Properties	
- Cc	1.02
- Pc’	75
- OCR	1.00

4.2 ผลการศึกษาภูมิปัญญาการเคลือบเนื้อดินปั้นของชุมชนบ้านแก่งเป้า

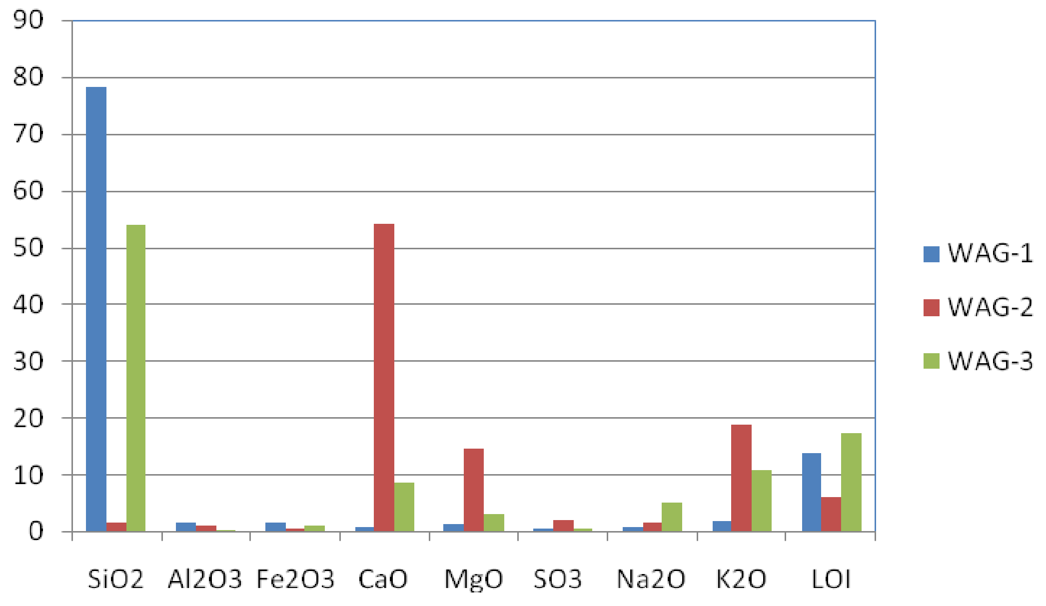
ผลศึกษาภูมิปัญญาการเคลือบเนื้อดินปั้นเพื่อให้ได้สีสันของผลิตภัณฑ์ตามต้องการ พบว่า ภูมิปัญญาการเคลือบเนื้อดินปั้นของชุมชนบ้านแก่งเป้า เป็นการนำขี้เถ้าแกลบจากโรงสี ขี้เถ้าจากการเผาขี้เลื่อย และขี้เถ้าจากการเผาฟางข้าว ขั้นตอนการผลิตน้ำเคลือบเริ่มจากการชั่งส่วนผสม จะต้องให้ถูกต้องแน่นอนตรงตามสูตร การบดผสม ส่วนมากการบดก็เป็นการผสมไปในตัว ถ้าเตรียมเคลือบจำนวนน้อยๆ เพื่อทำการทดลองใช้โกรงบดผสมก็เพียงพอ แต่ถ้าต้องการเตรียมจำนวนมากและให้ได้สีสม่ำเสมอ ควรจะบดด้วยหม้อบด การบดน้ำเคลือบควรใส่น้ำไม่เกิน 55 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักส่วนผสม โดยทั่วไปจะใช้น้ำประมาณ 30-40 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการบดสูงสุด น้ำที่ใช้ในการผสมเคลือบจะต้องสะอาดปราศจากตะกอน และมีสภาพเป็นกลาง การกรอง น้ำเคลือบเมื่อผ่านการบดผสมเรียบร้อยแล้วจะต้องผ่านการกรองด้วยตระแกรง (Sive) เพื่อให้ได้ความละเอียดตามต้องการ และการทำส่วนผสมของน้ำเคลือบให้เป็นเนื้อเดียวกันพร้อมที่จะใช้ชุบเคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา โดยการผสมวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมของเคลือบดินกับน้ำเพื่อให้อยู่ในรูปน้ำเคลือบ

ซึ่งจากเก็บตัวอย่างน้ำเคลือบขี้เถ้าแต่ละชนิดไปทดสอบหาส่วนประกอบทางเคมีโดยการทดสอบการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ พบว่าในขี้เถ้าแกลบจะมีส่วนประกอบทางเคมี ส่วนใหญ่คือ ซิลิกา 78.28 % อลูมินา 1.48 % เหล็ก 1.42 % แคลเซียม 0.81 % แมกนีเซียม 1.20 % โซเดียม 0.80 % โพแทสเซียม 1.76 % และเฟอร์ริกออกไซด์ 0.40 % ขณะที่ขี้เถ้าจากการเผาขี้เลื่อยจะมีส่วนประกอบทางเคมี ส่วนใหญ่คือ ซิลิกา 1.49 % อลูมินา 1.10 % แคลเซียม 54.05 % แมกนีเซียม 14.43 % โซเดียม 1.47 % โพแทสเซียม 18.72 % และเฟอร์ริกออกไซด์ 2.06 % ขณะที่ขี้เถ้าจากฟางข้าวจะมีส่วนประกอบทางเคมี ส่วนใหญ่คือ ซิลิกา 53.90 % อลูมินา 0.36 % แคลเซียม 8.41 % แมกนีเซียม 2.97 % โซเดียม 4.93 % โพแทสเซียม 10.81 % และเฟอร์ริกออกไซด์ 0.96 % สิ่งเหล่านี้จะส่งผลให้ลักษณะของเคลือบแตกต่างกันแล้วแต่ชนิดขี้เถ้า ซึ่งในน้ำเคลือบขี้เถ้าแกลบจะมีองค์ประกอบหลักเป็นซิลิกาออกไซด์ (SiO_2) เมื่อนำไปเคลือบในเครื่องปั้นดินเผาจะได้ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาเป็นสีน้ำเงิน ขณะที่น้ำเคลือบจากการเผาขี้เลื่อยมีองค์ประกอบหลักเป็นแคลเซียมออกไซด์ (CaO) ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่ได้จึงมีสีเหลือง และน้ำเคลือบจากขี้เถ้าจากการเผาฟางข้าวมีองค์ประกอบหลักเป็นซิลิกาออกไซด์ (SiO_2) และมีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบรองเมื่อนำไปเคลือบในเครื่องปั้นดินเผาจะได้ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาเป็นสีฟ้า

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติของน้ำเคลือบขี้เถ้าชุมชนบ้านแก่งเป้า

Chemical Composite		WAG-1	WAG-2	WAG-3
Silicon Dioxide, SiO_2	(%)	78.28	1.49	53.90
Aluminium Oxide, Al_2O_3	(%)	1.48	1.10	0.36
Iron Oxide, Fe_2O_3	(%)	1.42	0.62	0.96
Calcium Oxide, CaO	(%)	0.81	54.05	8.41
Magnesium Oxide, MgO	(%)	1.20	14.43	2.97
Sulfer Trioxide, SO_3	(%)	0.40	2.06	0.43
Sodium Oxide, Na_2O	(%)	0.80	1.47	4.93
Potassium Oxide, K_2O	(%)	1.76	18.72	10.81
Loss On Ignition, LOI	(%)	13.85	6.04	17.23

หมายเหตุ WAG-1 ขี้เถ้าแกลบจากโรงสี
WAG-2 ขี้เถ้าจากการเผาขี้เลื่อย
WAG-3 ขี้เถ้าจากการเผาฟางข้าว



.

รูปที่ 4.1 คุณสมบัติของน้ำเคลือบขี้เถ้าชุมชนบ้านแก่งเป้า

4.3 ผลการศึกษาและพัฒนาน้ำเคลือบให้เหมาะสมกับเนื้อดินปั้นของชุมชนบ้านแก่งเป้า

ผลการศึกษาและพัฒนาน้ำเคลือบให้เหมาะสมกับเนื้อดินปั้นของชุมชนบ้านแก่งเป้า พบว่า จากการทดลองหาอัตราส่วนผสมของเคลือบจากตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัส โดยใช้เนื้อดินปั้นของชุมชนบ้านแก่งเป้า ทรายแม่น้ำ ขี้เถ้าแกลบ เศษหินแกรนิต เปลือกหอยแครง เป็นวัตถุดิบเติม แมงกานีสไดออกไซด์ร้อยละ 5 และเหล็กออกไซด์ร้อยละ 8 เป็นสารเพิ่มเติม ได้สูตรเคลือบจำนวน 16 สูตร ทำการเคลือบบนชิ้นทดลองและเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส (Cone 5) บรรยากาศรีดักชัน โดยใช้เตาแก๊สทางเดินลมร้อนลง พบว่าได้แก่ เคลือบสูตรที่ 1, 2, 3, 4, 6, 13, 14, 15, 16 เคลือบที่มีผิวกึ่งด้านกึ่งมัน ได้แก่ เคลือบสูตรที่ 7, 9, 10, 11, 12 เคลือบที่มีผิวมันแวววาว ได้แก่ เคลือบสูตรที่ 5 และ 8 การสุกตัวของเคลือบ เคลือบสูตรที่ 1, 2, 3, 4 การสุกตัวไม่สมบูรณ์เคลือบ เคลือบสูตรที่ 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 สุกตัวสมบูรณ์ การไหลตัวของเคลือบ สูตรที่ 1, 2, 3, 4, 7, 8 ไม่สามารถยอมรับได้ การไหลตัวของเคลือบได้ สูตรที่ 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 ยอมรับการไหลตัวได้ การรานของเคลือบ เคลือบสูตรที่ 1, 2, 3, 4 ราน เคลือบสูตรที่ 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 ไม่ราน สีของเคลือบ เคลือบสูตรที่มีสีน้ำตาลดำ ได้แก่ เคลือบสูตรที่ 1, 2, 3, 4 เคลือบสูตรที่มีสีดำ ได้แก่ เคลือบสูตรที่ 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 เคลือบสูตรที่มีสีเทาดำ ได้แก่ เคลือบสูตรที่ 13, 14, 15, 16 ดังรูปที่ 4.5 และ 4.6 จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลของผู้เชี่ยวชาญเคลือบที่มีสมบัติทางกายภาพเหมาะสม สามารถนำไปเคลือบผลิตภัณฑ์ได้ ได้แก่ เคลือบสูตรที่ 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 ผู้วิจัยเลือกสูตรที่ 11 และสูตรที่ 16 นำไปเคลือบผลิตภัณฑ์ ผลการพัฒนาน้ำเคลือบที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปเคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาในบรรยากาศออกซิเดชัน ประกอบด้วย ขี้เถ้าแกลบ เศษหินแกรนิต เปลือกหอยแครง จะให้สีของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผามีโทนสีน้ำตาลเข้ม ผิวเคลือบกึ่งด้านกึ่งมันและพรุน

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการทดสอบสามารถสรุปผลมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. คุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมของเนื้อดินปั้นเพื่อผลิตเครื่องปั้นดินเผาของชุมชนบ้านแก่งเป้า

ผลการทดสอบคุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมของเนื้อดินปั้นเพื่อผลิตเครื่องปั้นดินเผา พบว่า เนื้อดินปั้นสำหรับผลิตเครื่องปั้นดินเผา บ้านแก่งเป้า อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ มีลักษณะโครงสร้างจุลภาคของเนื้อดินปั้นเป็นแผ่นเรียงซ้อนทับกัน ค่าขีดจำกัดเหลวร้อยละ 90.85 และค่าขีดจำกัดพลาสติกร้อยละ 30.26 ค่า % Clay มีค่าเท่ากับ 34.61% และมี % Silt ปนเข้ามามีค่าน้อยกว่า % Sand โดยค่า % Silt และ % Clay มีค่ารวมกันอยู่ระหว่าง 35-36 % ซึ่งพอจะสรุปได้คือ เนื้อดินปั้นของชุมชนบ้านแก่งเป้าเป็นดินเม็ดละเอียดเสียส่วนมาก ส่วนทรายที่ปนเข้ามาบ้าง

2. ผลการศึกษาภูมิปัญญาการเคลือบเนื้อดินปั้นของชุมชนบ้านแก่งเป้า

ผลศึกษาภูมิปัญญาการเคลือบเนื้อดินปั้นเพื่อให้ได้สีสันของผลิตภัณฑ์ตามต้องการ พบว่า ภูมิปัญญาการเคลือบเนื้อดินปั้นของชุมชนบ้านแก่งเป้า เป็นการนำขี้เถ้าแกลบจากโรงสี ขี้เถ้าจากการเผาขี้เลื่อย และขี้เถ้าจากการเผาฟางข้าว โดยพบว่าในขี้เถ้าแกลบจะมีส่วนประกอบทางเคมี ส่วนใหญ่คือ ซิลิกา 77.87 % อลูมินา 0.66 % แคลเซียม 0.62 % แมกนีเซียม 0.42 % โซเดียม 0.17 % โพแทสเซียม 1.45 % และเฟอร์ริกออกไซด์ 1.41 % ขณะที่ขี้เถ้าจากการเผาขี้เลื่อยจะมีส่วนประกอบทางเคมี ส่วนใหญ่คือ ซิลิกา 2.43 % อลูมินา 0.51 % แคลเซียม 54.35 % แมกนีเซียม 15.29 % โซเดียม 1.82 % โพแทสเซียม 18.85 % และเฟอร์ริกออกไซด์ 1.21 % ขณะที่ขี้เถ้าจากฟางข้าวจะมีส่วนประกอบทางเคมี ส่วนใหญ่คือ ซิลิกา 77.87 % อลูมินา 0.66 % แคลเซียม 0.62 % แมกนีเซียม 0.42 % โซเดียม 0.17 % โพแทสเซียม 1.45 % และเฟอร์ริกออกไซด์ 1.41 %

3. ผลการศึกษาและพัฒนาน้ำเคลือบให้เหมาะสมกับเนื้อดินปั้นของชุมชนบ้านแก่งเป้า

ผลการศึกษาและพัฒนาน้ำเคลือบให้เหมาะสมกับเนื้อดินปั้นของชุมชนบ้านแก่งเป้า พบว่า จากการทดลองหาอัตราส่วนผสมของเคลือบจากตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัส โดยใช้เนื้อดินปั้นของชุมชนบ้านแก่งเป้า ทรายแม่น้ำ ขี้เถ้าแกลบ เศษหินแกรนิต เปลือกหอยแครง เป็นวัตถุดิบเดิม แมงกานีสไดออกไซด์ร้อยละ 4 และเหล็กออกไซด์ร้อยละ 8 เป็นสารเพิ่มเติม ผลการพัฒนาน้ำเคลือบที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปเคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาในบรรยากาศออกซิเดชัน ประกอบด้วย ขี้เถ้าแกลบ เศษหินแกรนิต เปลือกหอยแครง จะให้สีของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผามีโทนสีน้ำตาลเข้ม ผิวเคลือบกึ่งด้านกึ่งมันและพรุน

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

ในการอภิปรายผลการวิจัย ผู้วิจัยอภิปรายผลเรียงตามลำดับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. คุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมของเนื้อดินปั้นเพื่อผลิตเครื่องปั้นดินเผาของชุมชนบ้านแก่งเป้า

คุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมของเนื้อดินปั้นส่งผลต่อการดูดซึมน้ำของตัวอย่างชิ้นส่วนเครื่องปั้นดินเผา เนื่องจากการเผาที่อุณหภูมิสูงทำให้ช่องว่างในเนื้อผลิตภัณฑ์ลดลงการดูดซึมน้ำจึงน้อยส่วนการเผาที่อุณหภูมิต่ำเนื้อผลิตภัณฑ์มีช่องว่างมาก การดูดซึมน้ำจึงมาก สอดคล้องกับ โกมล รักษ์วงศ์ (2538 : 306) ที่กล่าวว่า ค่าการดูดซึมน้ำแตกต่างกัน อาจเกิดจากการเผาที่ไม่ใช้ครั้งเดียวกัน อุณหภูมิในการเผาไม่เท่ากัน หรืออาจเกิดจากการเผาในครั้งเดียวกันแต่วางผลิตภัณฑ์ในเตาเผาอยู่ในจุดที่แตกต่างกัน อาจจะวางผลิตภัณฑ์ที่พื้นเตาเผาซึ่งอุณหภูมิจะต่ำกว่า ส่วนผลิตภัณฑ์ที่วางสูงใกล้หลังคาเตาอุณหภูมิจะสูงกว่า เพราะการเผาที่อุณหภูมิสูงย่อยมีการดูดซึมน้ำน้อยกว่าการเผาในอุณหภูมิต่ำในเมื่อดินปั้นชนิดเดียวกัน

2. ผลการศึกษาภูมิปัญญาการเคลือบเนื้อดินปั้นของชุมชนบ้านแก่งเป้า

ภูมิปัญญาการเคลือบเนื้อดินปั้นของชุมชนบ้านแก่งเป้า เป็นการนำขี้เถ้าแกลบจากโรงสีขี้เถ้าจากการเผาขี้เลื่อย และขี้เถ้าจากการเผาฟางข้าว เพื่อทำให้เกิดสีและทึบในเคลือบ เมื่อเผาส่วนผสมของน้ำเคลือบถึงอุณหภูมิที่ทำให้หลอดละลายแล้ว เคลือบจะรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันและเมื่อทิ้งไว้ให้เย็น จะมีลักษณะเหมือนแก้วบางๆ ฉาบติดอยู่กับผิวผลิตภัณฑ์ สอดคล้องกับ สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ (2534 : 38) ได้กล่าวว่า เคลือบที่มีผลึกเล็ก (Micro crystalline) ได้แก่ เคลือบที่มีผลึกเล็กมากไม่สามารถที่จะมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ต้องมองด้วยกล้องจุลทรรศน์หรือแว่นขยายเพราะผลึกชนิดนี้มีขนาดเล็กมาก ฝังอยู่ในผิวเคลือบ ได้แก่ พวกเคลือบด้าน

3. ผลการศึกษาและพัฒนาน้ำเคลือบให้เหมาะสมกับเนื้อดินปั้นของชุมชนบ้านแก่งเป้า

สีของเคลือบ สีของเคลือบตัวอย่างชิ้นส่วนเครื่องปั้นดินเผาวัดตาปะขาวหายก่อนเผาและหลังเผาอุณหภูมิ 1,186 องศาเซลเซียส มีสีน้ำตาลดำเข้มถึงสีดำ หลังเผาอุณหภูมิ 1,196 องศาเซลเซียส เคลือบมีสีดำ หลังเผาอุณหภูมิ 1,222 องศาเซลเซียส สีของเคลือบมีสีน้ำตาลดำเข้ม หลังเผาอุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส สีของเคลือบมีสีน้ำตาลดำเข้ม หลังเผาอุณหภูมิ 1,263 องศาเซลเซียส สีของเคลือบมีสีน้ำตาลดำเข้มถึงสีดำ จะเห็นได้ว่าสีของเคลือบทุกช่วงอุณหภูมิจะมีสีใกล้เคียงกัน คือสีน้ำตาลดำเข้มถึงสีดำ สีของเคลือบที่เกิดขึ้นอาจเป็นเพราะว่าในส่วนผสมของเคลือบมีออกไซด์ของโลหะผสมอยู่ เช่น เหล็กออกไซด์ หรือแมงกานีสออกไซด์ สอดคล้องกับ สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ (2534 : 17) ได้กล่าวไว้ว่า เหล็กออกไซด์ ถ้าใช้ในเคลือบทั่วไปจะให้สีน้ำตาลแดงเลือดนกจนถึงสีแดงน้ำตาล แมงกานีสออกไซด์ จะให้สีม่วงถึงสีน้ำตาล ถ้าใช้ร่วมกับทองแดงออกไซด์หรือโคบอลต์ออกไซด์จะได้สีดำ

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การเผาทดลองชิ้นส่วนเครื่องปั้นดินเผาบ้านแก่งเป้า ถ้าเผาเร็วอาจทำให้เกิดฟองอากาศบนผิวเคลือบทำให้ค่าการดูดซึมน้ำเปลี่ยนแปลง ควรทดลองเผาอย่างช้าๆ เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของผิวเคลือบและค่าการดูดซึมน้ำ

1.2 เนื้อดินหรือผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทดลองถ้ามีการแห้งตัวเร็วจะทำให้เกิดการแตกร้าว บิดเบี้ยวเสียรูปทรง ในการทดลองครั้งต่อไปควรควบคุมการแห้งตัวของชิ้นงานให้แห้งตัวอย่างช้าๆ เพื่อป้องกันการแตกร้าว บิดเบี้ยวเสียรูปทรงของชิ้นงาน

1.3 การเผาเคลือบควรทำการเผาอย่างช้าๆ เพื่อให้ส่วนผสมของเคลือบทำปฏิกิริยากันอย่างสมบูรณ์ ในการทำการทดลองครั้งต่อไปควรทำการเผาเคลือบอย่างช้าๆ เพื่อให้เคลือบหลอมตัวสมบูรณ์

1.4 การหมักดินจะช่วยทำให้เนื้อดินมีความเหนียวเพิ่มขึ้นทำให้สามารถขึ้นรูปด้วยแป้นหมุนได้ดี ในการทดลองขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ครั้งต่อไปควรทำการหมักดินเพื่อเพิ่มความเหนียวของเนื้อดิน

2. ข้อเสนแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาและพัฒนาสมบัติทางกายภาพของดินที่ผสมกันระหว่างดินบ้านแก่งเป้า และดินบริเวณอื่นๆ ในจังหวัดเพชรบูรณ์เพื่อนำมาใช้ผลิตเครื่องปั้นดินเผาบ้านแก่งเป้า

2.2 ควรศึกษาและพัฒนาดินแหล่งอื่นๆ เช่น ดินริมแม่น้ำฝั่งตรงข้ามหมู่บ้านหรือดินแหล่งอื่นในเขต อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ เพื่อนำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาบ้านแก่งเป้า

2.3 ควรศึกษาผลวิเคราะห์ทางเคมีของเนื้อเครื่องปั้นดินเผาของเก่าและเนื้อดินของใหม่เพื่อเปรียบเทียบให้ใกล้เคียงมากยิ่งขึ้น

2.4 ควรศึกษาสมบัติทางกายภาพของเครื่องปั้นดินเผาบ้านแก่งเป้าประเภทเผาอุณหภูมิต่ำและประเภทเผาอุณหภูมิสูงไม่เคลือบผิว

2.5 ควรศึกษาผลวิเคราะห์ทางเคมีของเคลือบเครื่องปั้นดินเผาบ้านแก่งเป้าของเดิมเพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาเคลือบของใหม่ให้มีสมบัติใกล้เคียงมากยิ่งขึ้น

2.6 ควรศึกษาการขึ้นรูปเนื้อดินที่ใช้ผลิตเครื่องปั้นดินเผาบ้านแก่งเป้าในรูปแบบอื่น เช่น การหล่อพิมพ์ การขึ้นรูปด้วยใบมีด เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

กรมการศึกษานอกโรงเรียน. (2524). หลักสูตรการศึกษานอกโรงเรียนสายสามัญ. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์การศาสนา.

กรมทรัพยากรธรณี. (2526). แร่. พิมพ์ครั้งที่ 3.กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

กรมวิชาการ. (2541). การสอนตามสภาพที่แท้จริง. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

กรมศิลปากร. (2530). สังคโลก ศรีสัชนาลัย. กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งกรุ๊ฟ.

กรมศิลปากร. (2539). โบราณคดีวิเคราะห์ 2 : เครื่องถ้วยบุรีรัมย์และเครื่องถ้วยสุโขทัย. กรุงเทพฯ: กรมศิลปากร.

กระเทาะเปลือกเซรามิกไทย. (2546). อุตสาหกรรมสาร, 46(1), 6.

กษมา ขันทราช. (2531). เคลือบสีแดงเหล็กสำหรับผลิตภัณฑ์สโตนแวร์. การค้นคว้าอิสระเชิงวิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์บัณฑิต. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

กาญจนะ แก้วกำเนิด. (2530). การทดสอบวัตถุดิบเครื่องปั้นดินเผาและเนื้อดินปั้นในห้องปฏิบัติการ. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

กิติมา อมรทัต. (2540). ความหมายศิลปะ. กรุงเทพฯ : องค์การค้าคุรุสภา.

โกมล รักษ์วงศ์. (2531). วัตถุดิบที่ใช้ในงานเครื่องปั้นนดินเผาและเนื้อดินปั้น. กรุงเทพฯ: สถาบันราชภัฏพระนคร.

โกมล รักษ์วงศ์. (2538). งานวิจัยเตาเผาและเครื่องปั้นดินเผาเตาเผาแม่น้ำน้อย เพื่อสืบสานและอนุรักษ์ศิลปวัตถุโบราณของจังหวัดสิงห์บุรี. กรุงเทพฯ: สถาบันราชภัฏพระนคร.

โกมล รักษ์วงศ์. (2542). เตาและการเผา. ในเอกสารประกอบการอบรม เทคโนโลยีเตาเผาเซรามิกส์ : 4. กรุงเทพฯ: สถาบันราชภัฏพระนคร.

คมกฤช จำปาสุต. (2527). อุตสาหกรรมศิลป์ในระดับประถมศึกษา. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พิษณุโลก.

เงินทุนอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, บรรษัท. (2528). เครื่องปั้นดินเผาและเครื่องเคลือบดินเผากับการพัฒนาการทางเศรษฐกิจและสังคมของสยาม. กรุงเทพฯ: รุ่งเรืองวิทย์.

จรัสศรี สมบัติทวี. (2525). เครื่องปั้นดินเผาชนิดเอิทเธินแวร์. การแสดงศิลปะเครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

จรูญ โกมุทรัตนานนท์. (2539). สารานุกรมเครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพฯ : ต้นอ้อ แกรมมี่.

จอห์น ชอว์. (2536). เครื่องปั้นดินเผาไทย. (สมพร วาร์นาโด, เอมอร ตรูวิเชียร และอุษณีย์ ธงไชย, ผู้แปล). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คราฟท์แมน.

จิรวัฒน์ พิระสันต์. (2544). ศิลปกรรมท้องถิ่นจังหวัดพิษณุโลก. พิษณุโลก: โรงพิมพ์ตระกูลไทย.

จีรพันธ์ สมประสงค์. (2535). เทคนิคการสร้างสรรค์ศิลปะเครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

จุมพฏ พงศ์ศักดิ์ศรี. (2542). การทดลองเนื้อดินปั้นไส้กรองน้ำเซรามิกส์. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร.

เฉลียว ปิยะชน. (2544). มรดกเครื่องดินเผาไทย ตุ๊กตาและประติมากรรม. กรุงเทพฯ: เมืองโบราณ.

ชยันต์ วรรธนะภูติ. (2540). ระบบความรู้พื้นบ้านปัจจุบัน : การวิจัยและพัฒนา. กรุงเทพฯ : โครงการศึกษาชาติพันธุ์และการพัฒนา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชลัย ศรีสุข. (2539). ดินบอลเคลย์เพื่ออุตสาหกรรมเซรามิก. วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ. 44(142),33.

ชลัย ศรีสุข. (2546). เคลือบไฟต่ำ. ข่าวสารเซรามิก. 4(9),4-5.

ชาญ จรรยาวนิชย์. (2531). การตรวจสอบคุณสมบัติและวิธีควบคุมวัตถุดิบทางเซรามิกส์. ใน เอกสารประกอบการสัมมนา เทคโนโลยีเซรามิกส์. กรุงเทพฯ: สมาคมไทย-ญี่ปุ่น.

ชาติชาย มุกสง. (2543). พิษณุโลก. กรุงเทพฯ: ศิลป์สยามบรรจุภัณฑ์และการพิมพ์.

ดอกธูป พุทธมลคล และคณะ. (2524). วัสดุช่าง. กรุงเทพฯ: พิทักษ์อักษร.

ดอน ไอน์. (2527). รายงานการอภิปรายเรื่องการสำรวจขุดค้นและข้อสันนิษฐานเบื้องต้นเกี่ยวกับเตาเครื่องปั้นดินเผาที่วัดตาปะขาวหาย. พิษณุโลก: วิทยาลัยครูพิบูลสงคราม.

ถาวร สารวิทย์. (2523). อุตสาหกรรมศิลป์สำหรับครูประถมศึกษา และมัธยมศึกษา. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ทรงพันธ์ วรรณมาศ. (2532). เครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพฯ: โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

ทวี พรหมพฤกษ์. (2523). เครื่องเคลือบดินเผาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : รุ่งเรืองรัตน์.

ทวี พรหมพฤกษ์. (2525). เตาและการเผา. กรุงเทพฯ: จงเจริญการพิมพ์.

ทวี พรหมพฤกษ์. (2529). เครื่องปั้นดินเผาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

นิวัตร พัฒนะ. (2534). การทดลองสัดส่วนของอลูมินาต่อซิลิกาที่ทำให้เกิดลักษณะของเคลือบเฟลด์สปาร์. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

บริบาลบุรีภัณฑ์, หลวง. (2531). เรื่องเมืองพิษณุโลก ฯลฯ ในงานพระราชทานเพลิงศพหลวงบริบาลบุรีภัณฑ์ (ป่วน อินทุวงศ์) ท.ช., ท.ม., ต.จ.ว., (หน้า 193). กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งกรุ๊ฟ.

บัญชา ธนบุญสมบัติ และศุภการญจน์ คำมณี. (2544). จุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนนิงประตูสู่โลกระดับจุลภาค. กรุงเทพฯ: ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC).

ประโชติ สังขนุกิจ. (2545). ความเป็นมาเมืองพิษณุโลกและเตาเครื่องปั้นดินเผาวัดตาปะขาวหาย. ในเอกสารประกอบการสัมมนา “ผู้นำวัฒนธรรมท้องถิ่นบ้านตาปะขาวหาย” ตำบลหัวรอ อำเภอเมืองพิษณุโลก (หน้า 7). พิษณุโลก: สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม.

ประเทือง คล้ายสุบรรณ์. (2543). ปริศนาคำทาย. กรุงเทพฯ: สุทธิสารการพิมพ์.

ประสิทธิ์ แก้วฟุ้งรังสี. (2539). การทดลองหาประสิทธิภาพเครื่องปั้นดินเผาประเภทสโตนแวร์ของดินทะเลแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก. วิทยานิพนธ์. กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ปราณี แจ่มขุนเทียน. (2536). แนวทางอนุรักษ์ มรดกทางวัฒนธรรมเมืองพิษณุโลก. เชียงใหม่: ส.ทรัพย์การพิมพ์.

ปราณี แจ่มขุนเทียน. (2545). ชุมชนโบราณบ้านตาปะขาวหาย. ในเอกสารประกอบการสัมมนา “ผู้นำวัฒนธรรมท้องถิ่นบ้านตาปะขาวหาย” ตำบลหัวรอ อำเภอเมืองพิษณุโลก (หน้า 21). พิษณุโลก: สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม.

ปริวรรต ธรรมปรีดากร และกฤษฎา พิณศรี. (2533). ศิลปะเครื่องถ้วยในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แอคมี.

ปรีดา ปัญญาจันทร์. (2529). ราชบุรีมีโอ่ง. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. (2530). เคลือบเซรามิกส์. กรุงเทพฯ: อักษรเจริญทัศน์.

ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. (2539). เซรามิกส์. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ผลิตภัณฑ์โบนไชนา. (2531). วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ. 5(1), 3.

พลเดช ปิ่นประทีป. (2540). พิษณุโลกกับอนาคตการเป็นสี่แยกอินโดจีน. ใน สรุปผลการสัมมนาเรื่อง “พิษณุโลก: เมืองยุทธศาสตร์การพัฒนาเศรษฐกิจ อุตสาหกรรมภาคเหนือตอนล่าง. (หน้า 42). พิษณุโลก: ฝ่ายนโยบายและแผนสำนักงาน จังหวัดพิษณุโลก.

ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์. (2537). รวมสูตรเคลือบเซรามิกส์. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์. (2541). เนื้อดินเซรามิกส์. กรุงเทพฯ: โอ. เอส. พริ้นติ้งเฮ้าส์.

ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์. (2541). เนื้อดินเซรามิกส์. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ไพรัตน์ สูงกิจบูลย์. (2543). เจาะลึกเกาะรัตนโกสินทร์ (30) พระพุทธชินราช. เที่ยวรอบโลก, 18(214), 126.

ภาวดี อังค์วัฒนะ. (ม.ป.ป.). ความรู้เบื้องต้นด้านวัสดุ. กรุงเทพฯ: ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค).

มนัส ขำอ่อน. (2527). การศึกษาน้ำเคลือบผลึก. การค้นคว้าอิสระเชิงวิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มนูญ ประชันคดี. (ม.ป.ป.). อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.

มรดกไทย โครงการสืบสานมรดกวัฒนธรรมาไทย. (2542). เครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพฯ: สตาร์ปริ้นท์.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2529). ภาชนะเซรามิกที่ใช้กับอาหาร: สโตนแวร์. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.

ยุทธพงษ์ นาคโสภณ. (2544). การศึกษาดินขาวอุตรดิตถ์ เพื่อใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาประเภทสโตนแวร์ ด้วยวิธีการขึ้นรูปแบบหล่อน้ำดิน. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ราตรี สรรพศรี. (2539). การศึกษากระบวนการทำหัตถกรรมเครื่องปั้นดินเผาด่านเกวียน จังหวัดนครราชสีมา. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ลดา พันธ์สุขุมธนา และชัยวัฒน์ ธานีรัตน์. (2542). ตำหนิผิวเคลือบไม่เรียบบนเคลือบพอร์ซเลน. เซรามิกส์. 4(10),66.

เลิศชาย สถิตย์พนาวงศ์. (2543). การพัฒนาน้ำเคลือบเซราดอนโดยใช้สารเคมี.วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร.

วนิดา ทองรวย. (2540). ประวัติเครื่องปั้นดินเผาเครื่องใช้บนโต๊ะอาหารของไทย. เซรามิกส์. 2(6), 38.

วรนันท์ กิตติอัมพานนท์. (2531). รายงานการวิจัยบทบาทของเทคโนโลยีในการพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิกส์เพื่อการส่งออก. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรรณา ต.แสงจันทร์. (2545). มารู้จักสีเซรามิกส์หรือสีสะเตนกันเถอะ. เซรามิกส์. 6(14), 50.

วรรณา ต.แสงจันทร์. (2546). เคลือบดี เป็นสี(สัน)แก่งาน. เซรามิกส์. 7(16), 66.

วัชรินทร์ ศรีรักษา. (2533). แนวโน้มการผลิตเครื่องปั้นดินเผาภาคอีสาน. วารสารศึกษาศาสตร์. 14(2), 31.

วัตถุดิบเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก. (2545). เซรามิกส์. 6(14), 59.

วาสนา ฆ้องวงศ์. (2543). อิทธิพลของพลังงานความร้อนต่อวัตถุดินเซรามิก. ในเอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง การตรวจวิเคราะห์วัตถุดิบเซรามิกตามมาตรฐานสากล. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

วิบูลย์ ลี้สุวรรณ. (2527). ศิลปหัตถกรรมไทย. กรุงเทพมหานคร: ปาณยา.

ศรีศักร์ วิลลิโภดม. (2546). ลุ่มน้ำน่าน ประวัติศาสตร์โบราณคดีของพิษณุโลก “เมืองอกแตก”. กรุงเทพฯ: พิฆเณศ พริ้นติ้ง เซ็นเตอร์.

ศาลหลักเมือง จังหวัดพิษณุโลก. (2540). พิษณุโลก: รัตนสุวรรณ์3.

ศิริชัย โพธิตาปนะ. (ม.ป.ป.). เทคโนโลยีการผลิตผลิตภัณฑ์ White Were. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.

ศิริพร ลาภเกียรติถาวร. (2543). สีความขาวและความสว่าง. ในเอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง การตรวจวิเคราะห์วัตถุดิบเซรามิกตามมาตรฐานสากล. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

ศุภกา ดอกไม้. (2535). การทดลองเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ จากอัตราส่วนระหว่างดินปากเกร็ด ดินขาว หินเขี้ยวหนุมาน และแทลคัม. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาภาคเหนือ. (2538ก). เอกสารวิชาการชุดที่ 1: ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเซรามิก. ลำปาง: กระทรวงอุตสาหกรรม.

ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาภาคเหนือ. (2538ข). รายงานทางวิชาการ ศพค. Vol. 1. ลำปาง: กระทรวงอุตสาหกรรม.

สมชัย ว่องอรุณ. (2544). ขีดความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมเซรามิกไทยในตลาดโลก. ในเอกสารประกอบการสัมมนาเชิงปฏิบัติการ "SMEs : เซรามิกไทยก้าวไกลในตลาดโลก". ลำปาง: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

สมถวิล อุรัสยะนันท์. (2530). เซรามิก ปั้นดินให้เป็นศิลปะ. สารคดี. 3(29), 75.

สมศักดิ์ ธรรมาปรีชากร. (2530). ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องถ้วย. เครื่องถ้วยในเอเชียอาคเนย์ระหว่างพุทธศตวรรษที่ 15-22. กรุงเทพฯ: บริษัทโอสถสภา (เต็กเฮงหยู) จำกัด.

สมศักดิ์ โพธิสัตย์. (2543). วัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกส์. ในเอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง การตรวจวิเคราะห์วัตถุดิบเซรามิกตามมาตรฐานสากล. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

สมศักดิ์ โพธิสัตย์. (2544). วัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกส์. เซรามิกส์. 5(13), 95.

สมศักดิ์ วังศิริกุล. (2534). การทดลองเนื้อดินจังหวัดกำแพงเพชร เพื่อใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผาประเภทสโตนแวร์. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

สมหวัง นรพัลลภ. (2524). เอกสารทางวิชาการเรื่อง เนื้อดินปั้น สี และน้ำเคลือบ. กรุงเทพฯ: วิทยาลัยครูพระนคร.

สรรค์ วรอินทร์ และคณะ. (2541). รายงานการวิจัยโครงการประเมินสถานภาพองค์ความรู้จังหวัดพิษณุโลก. (หน้า 39). พิษณุโลก: สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม.

สาธร ชลชาติภิณโญ. (2544). รอยมือจากแป้นหมุนความงามที่สัมผัสได้. เซรามิกส์. 5(12). 79.

สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน. (2529). เทคโนโลยีเซรามิกส์เบื้องต้น. กรุงเทพฯ: องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.

สุขสวัสดิ์ ลิ้มรุ่งเรือง และวีระพงษ์ เจตน์พิพัฒนพงษ์. (2544). "นายรอบรู้" นักเดินทาง: พิษณุโลก. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์กรุงเทพฯ.

สุจิตต์ง วงษ์เทศ. (2546). ชำระประวัติศาสตร์แคว้นสุโขทัย กรณี เมืองพิษณุโลก. ในเอกสารประกอบโครงการประชุมวิชาการ เรื่อง เมืองพิษณุโลกในประวัติศาสตร์ราชอาณาจักรสยาม. (หน้า 69). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สุพจน์ จินันทุยา และคณะ. (2543). เมืองพิษณุโลก หลักฐาน และแนวความคิดใหม่ๆ ทางประวัติศาสตร์. รายงานการดำเนินงาน โครงการวันสมเด็จพระนเรศวรมหาราช 29 กรกฎาคม 2542 มหาวิทยาลัยนเรศวร (หน้า 211). พิษณุโลก: พิษณุโลกดีเวลโลปเมตน์แอนด์ทราเวิลกรุ๊ป.

สุมาลี ลิขิตวนิชกุล. (2531). วิธีการเตรียมและควบคุมน้ำเคลือบ. (หน้า 1). ใน เอกสารประกอบการสัมมนาเทคโนโลยีเซรามิก (หน้า 4). กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.

สุรเกียรติ ยอดวิเศษ และอัมพรธิดา ยอดวิเศษ. (2538). งานปั้นเซรามิค. กรุงเทพฯ: สยามสปอร์ตซินดิเคท.

สุรพล ดำริห์กุล. (2542). ล้านนา สิ่งแวดล้อม สังคม และ วัฒนธรรม. กรุงเทพฯ: รุ่งอรุณพับลิชชิ่ง.

สุรพินโญ พลาพล. (2543). การอนุรักษ์และสืบสานวัฒนธรรมเครื่องปั้นดินเผาวัดตาปะขาวหาย อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. (2534). น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.

สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. (2542). การควบคุมเตาเผาและเทคโนโลยีการเผา. ในเอกสารประกอบการอบรม เทคโนโลยีเตาเผาเซรามิกส์. กรุงเทพฯ: สถาบันราชภัฏพระนคร.

เสริมศักดิ์ นาคบัว. (2535). เคลือบขี้เถ้า. การแสดงศิลปะเครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติ ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

เสริมศักดิ์ นาคบัว. (2536). เคลือบขี้เถ้าพืช. กรุงเทพฯ: เจ.ฟิลม์ โปรเซส.

อนันต์ภักดิ์ โชติมงคล. (2538ก). คุณรู้จักเซรามิกดีขนาดไหน. วารสารเซรามิกส์. 1(1), 52.

อนันต์ภักดิ์ โชติมงคล. (2538ข). คลินิกเซรามิก. วารสารเซรามิกส์. 1(3), 56.

อายุวัฒน์ สว่างผล. (2543). วัตถุดิบที่ใช้แพร่หลายในงานเซรามิกส์. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

อารี ธนบุญสมบัติ และคณะ. (2544). เซรามิกส์ วัสดุอัศจรรย์. กรุงเทพฯ: ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ.

อำพน วัฒนรังสสรค์. (2531). การเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์. ในเอกสารประกอบการสัมมนาเทคโนโลยีเซรามิก. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.

อำพน วัฒนรังสสรค์. (2540). เตาเผาเซรามิก. วารสารเซรามิกส์. 3(8), 29.

อุตรากร วรวรรณ, ม.ร.ว. (2531). ความรู้ทั่วไปทางเซรามิกส์. ในเอกสารประกอบการสัมมนาเทคโนโลยีเซรามิก. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.

อุบลศรี ชัยสาม และเยาวลักษณ์ นิสสภา. (2527). คุณลักษณะของแร่ตามมาตรฐานการใช้งาน กรุงเทพฯ. กรมทรัพยากรธรณี.

เอกวิทย์ ณ ถลาง. (2540). ภูมิปัญญาชาวบ้านสี่ภูมิภาค: วิถีชีวิตและกระบวนการเรียนรู้ชาวบ้านไทย. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.

เอิบเปรม วัชรางกูร. (2546). เครื่องถ้วยจากใต้ทะเลไทย. เซรามิกส์. 7(15), 15.

โอสถสภา (เต็กเฮงหยู). (2530). เครื่องถ้วยในเอเชียอาคเนย์ ระหว่างพุทธศตวรรษที่ 15-22. กรุงเทพฯ: (ม.ป.พ.).

Andrews, A.I. (1957). Ceremic Test and Calculation. New York: John Milley and Sons.

Bronson, Bennet. (1976). Excavations at Chansen and the Cultural Chronology of Protohistoric Central Thailand. Ph.D. diss., University of Pennsylvania, Philadelphia. Ann Arbor: University Microfilms.

Endo, T., Yamamoto, S., Honna, T., Eneji, A.E. (2002). Sodium-Calcium Exchange Selectivity an Influenced by Clay Minerals and Composition. Soil Science, vol. 167, no. 2, pp. 117-125.

Faure, G. (1998). Principles and Applications of Geochemistry. 2nd edition, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.

Gouy, G. (1910). Constitution of the electric charge at the surace of an electrolyte. J. Phys. Theor. Appl., 9, 457-468.

Green, David. A Handbook of Pottery Glazes. London: Faber and Faber.

Grim, R.E. (1968). Clay Mineralogy. 2nd edition, McGraw-Hill Book Company.

Hamiltion, David. (1982). Stonewere and Porcelain. London: Themes and Hudson.

Helmholtz, H. (1879). Studien uber electrische grenzschichten. Ann. Phys., 243, 337-382.

Holtz, R.D. and Kovacs, W.D. (1981). An Introduction to Geotechnical Engineering. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.

Lin, L.C. and Benson, C.H. (2000). "Effect of Wet-Dry Cycling on Swelling and Hydraulic Conductivity of GCLs," Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, vol. 126, no. 1, pp. 40-49.

McBride, M.B. (1994). Environmental Chemistry of Soils. New York: Oxford University Press.

Mesri, G. and Olson, R.E. (1971). Mechanisms Controlling the Permeability of Clays. Clays and Clay Minerals, vol. 19, no. 3, pp. 151-158.

Mitchell, J.K. (1993). Fundamentals of Soil Behavior. New York: John Wiley and Sons, Inc.

Moore, D.M., and R.C. Reynolds, Jr. (1997). X-ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals. 2nd ed. New York: Oxford Univ.

Nagoya International Training Center. (1978). The Fundamentals of the glaze preparation. Nagoya: Nagoya International Training Center.

Nagumo, Ryu. (1974). Creative Ceramic. Tokyo: Japan Publicaiton Inc.

Niahimura, Okada. (1978). Technology Testing for Ceramics Products in Ceramics Engineering. Nagoya: Nagoya International Training Center.

Rhodes, Danial. (1974). Clay and Glazes for the Potter. New York: Chiltion Book.

Robert, Foumier. (1977). Illustrated Dictionary of Practical Pottery. London: Van Nostrand Reinhold Company.

Singer, Fellix and Sonja S.Singer. (1963). Industrial Ceramic. New York: Chemical Publishing Co.

Sposito, G. (1989). The Chemistry of Soils. London: Oxford University Press.

Stern, O. (1924). The theory of the electrolytic double layer. Z. Elektrochem. Angew. Phys. Chem. 1924, 30, 508-516.

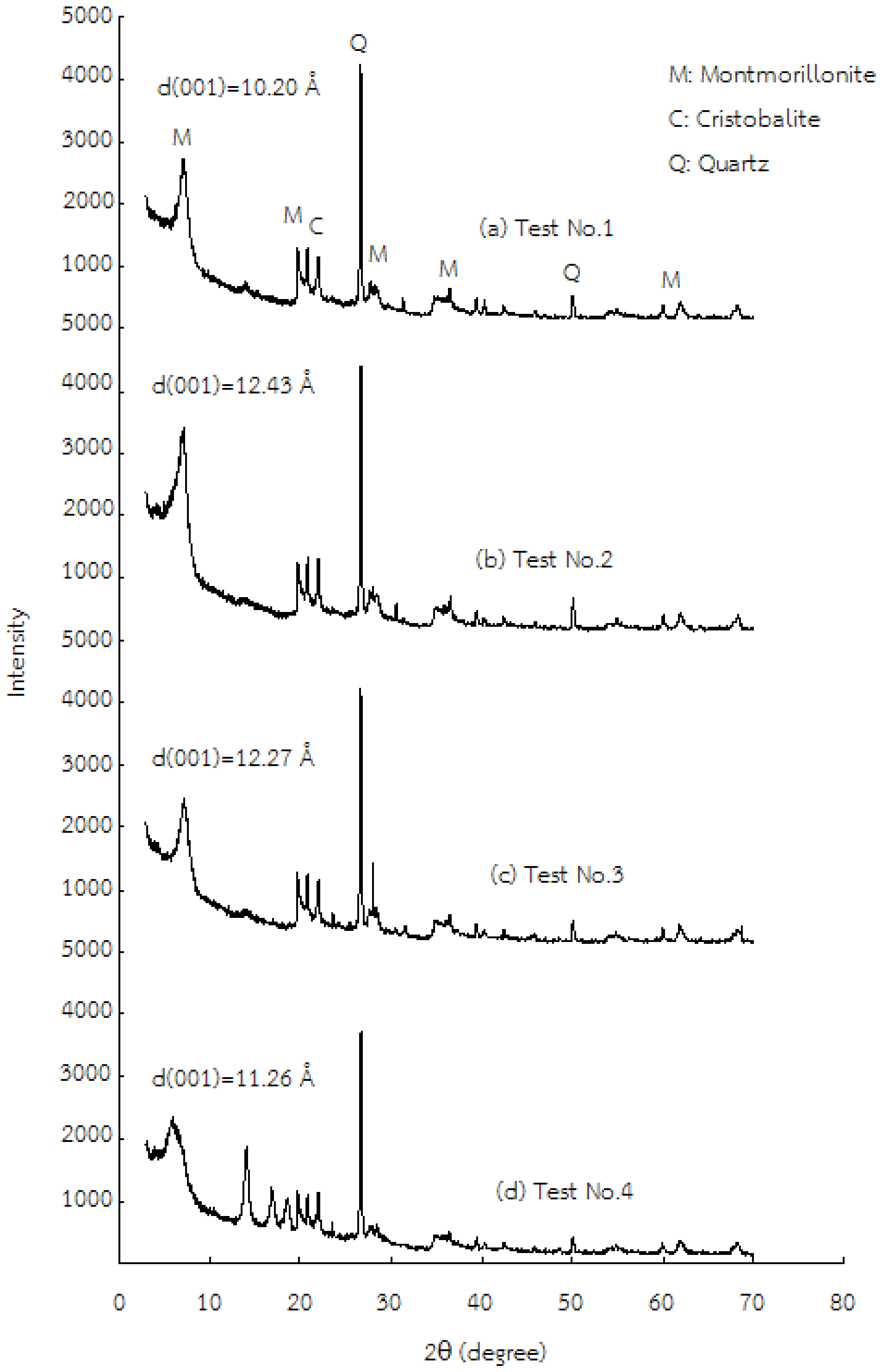
van Olphen, H. (1977) An Introduction to Clay Colloid Chemistry. 2nd edition. New York: John Wiley & Sons, 57 120.

Warshaw, C.M. and Roy, R. (1961). Classification and A Scheme for The Identification of Layer Silicates. Geological Society of America Bulletin, vol.72, no. 10, pp. 1455-1492.

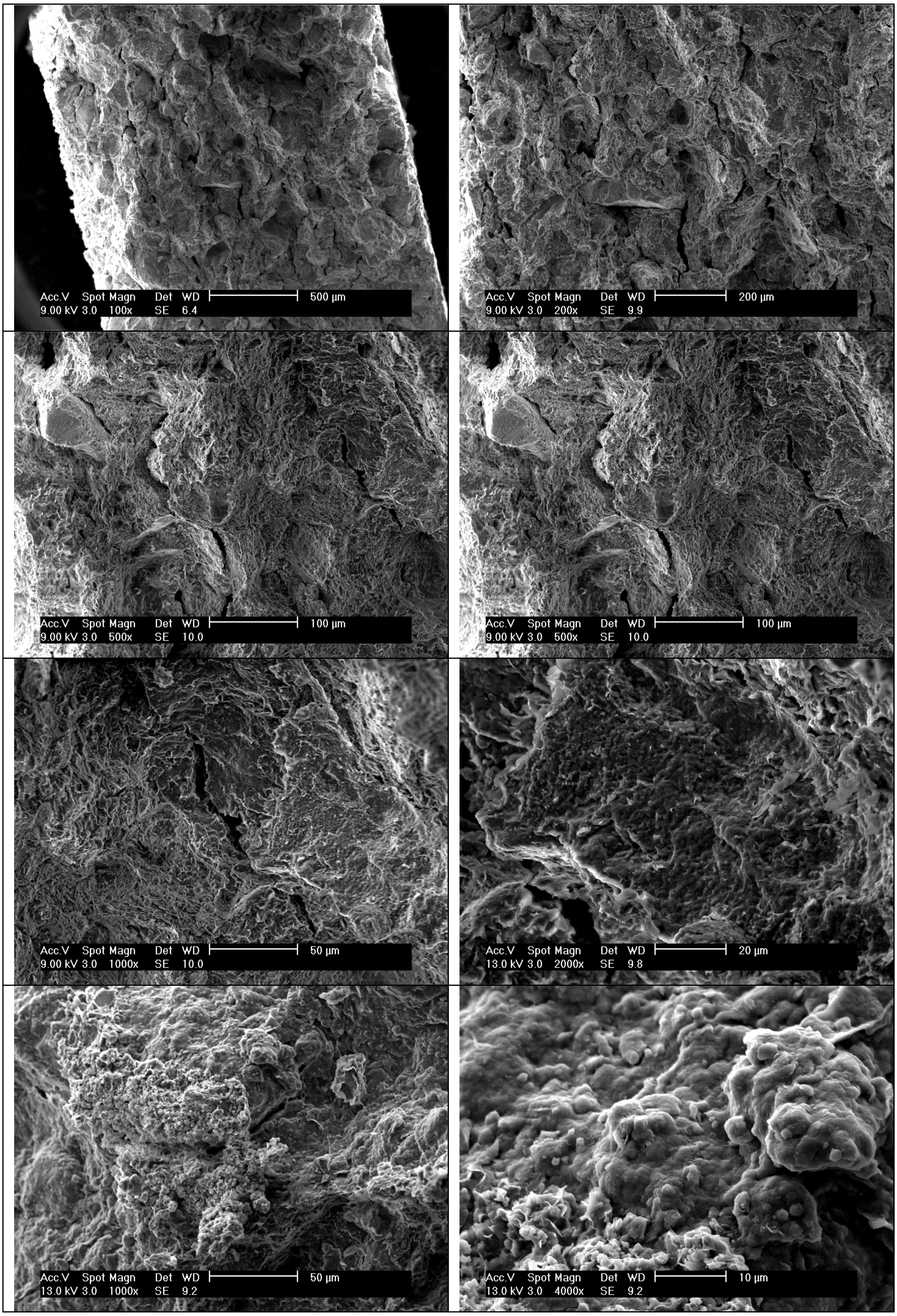
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชุมชนบ้านแก่งเป้า

ภาคผนวก ข ลักษณะการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ของเนื้อดินปั้นชุมชนบ้านแก่งเป้า



ภาคผนวก ค โครงสร้างทางจุลภาคของเนื้อดินปั้น



ภาคผนวก ง ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) ดร. เอนกพงศ์ ธรรมาธิวัฒน์
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Dr. Anekpong Thammathiwat
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3679800154743
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำ
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก
   สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
   คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
   ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail) : anekpong_l@hotmail.com
5. ประวัติการศึกษา
   วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ) สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
   วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
   ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ
   วิศวกรรมโยธา
   วิศวกรรมปฐพี
   วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ
   7.1 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

<u>หัวหน้าแผนงานวิจัย</u>

1) “การสร้างระบบเตือนภัยและเฝ้าระวังภัยพิบัติของจังหวัดเพชรบูรณ์” แหล่งทุนงบประมาณแผ่นดิน โดยผ่านความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2557

ประกอบด้วยโครงการวิจัย

1.1) การสร้างเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายสำหรับระบบเตือนภัยและเฝ้าระวังน้ำหลากของจังหวัดเพชรบูรณ์

1.2) การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเพื่อการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินโคลนถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาของจังหวัดเพชรบูรณ์

1.3) การประเมินระดับกำลังต้านทานแผ่นดินไหวสำหรับอาคารสาธารณะในจังหวัดเพชรบูรณ์ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม

1.4) การสร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้เพื่อเฝ้าระวังภัยพิบัติของจังหวัดเพชรบูรณ์

<u>หัวหน้าโครงการวิจัย</u>

1) “เครื่องอบข้าวเปลือกพลังงานไมโครเวฟอัตโนมัติ” แหล่งทุน เครือข่ายการวิจัยภาคเหนือตอนล่าง มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีงบประมาณ 2554

2) “การมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการน้ำของจังหวัดเพชรบูรณ์ตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงอย่างยั่งยืน” แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ปีงบประมาณ 2555

3) “การพัฒนาศักยภาพโรงไฟฟ้าพลังน้ำท้ายอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลาโดยใช้กระบวนการแบบมีส่วนร่วม” แหล่งทุน สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ พ.ศ.2555

4) “การประยุกต์ใช้งานไมโครเวฟในการผลิตคอนกรีตมวลเบาสำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้างไทย” แหล่งทุน มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีงบประมาณ 2556

5) “การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเพื่อการพัฒนาหลักสูตรภาษาอังกฤษของสถานศึกษาระดับประถมศึกษาที่สนองการอยู่ร่วมกันอย่างสันติสุขของประชาคมอาเซียนอย่างยั่งยืน” แหล่งทุน งบประมาณแผ่นดิน โดยผ่านความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2556

6) “การศึกษารายละเอียดของโรงไฟฟ้าพลังน้ำห้วยป่าเลา” แหล่งทุน มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีงบประมาณ 2558

7) “การศึกษาคุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบสำหรับผลิตเครื่องปั้นดินเผา บ้านแก่งเป้า อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์” แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ปีงบประมาณ 2558

<u>ผู้ร่วมโครงการวิจัย</u>

1) “การบูรณาการการจัดการระบบการผลิตของกลุ่มผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ บ้านสะเดียง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ในเชิงธุรกิจชุมชน” แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ปีงบประมาณ 2554

2) “การศึกษาความหลากหลายทางภาษาและวัฒนธรรมของจังหวัดเพชรบูรณ์” แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ปีงบประมาณ 2555

3) “การวิจัยเพื่อพัฒนาครูภายในจังหวัดเพชรบูรณ์ด้วยภูมิปัญญาการทอผ้ามุก” แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ปีงบประมาณ 2555

4) “การวิจัยกระบวนการพัฒนาทักษะการวิจัยของนักศึกษาคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์” แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ปีงบประมาณ 2556

5) “การพัฒนาสังคมแห่งความหลากหลายทางภาษาและวัฒนธรรมของจังหวัดเพชรบูรณ์สู่สังคมแห่งการเรียนรู้อย่างยั่งยืน” แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ปีงบประมาณ 2557

7.4 ผลงานตีพิมพ์วารสารวิชาการและการประชุมวิชาการ

1) Thammathiwat, A. and Chim-oye, W. “Behavior of Strength and Pore Pressure of Soft Bangkok Clay under Cyclic Loading” Thammasat International Journal of Science and Technology, Vol. 9, No. 4, October-December, 2004, pp. 21-28

2) Thammathiwat, A. “Application of cyclic behavior of soft clay to the road settlement prediction” International Conference on Civil and Environmental Engineering (ICCEE-2004) July 27 to 28, 2004 Faculty Club (Gakushi-Kaikan), Hiroshima University Higashi-Hiroshima, Japan, pp. 241-250

3) Thammathiwat, A. and Chim-oye, W. “Effect of Permeant Liquid on the Swell Volume and Permeability of Geosynthetic Clay Liners” The Electronic Journal of Geotechnical Engineering, Vol.15, 2010, pp.1183-1197

4) เอนกพงศ์ ธรรมาธิวัฒน์, วีรยา ฉิมอ้อย “การคาดคะเนการทรุดตัวของถนน โดยใช้ผลการทดสอบแรงอัดสามทิศทางแบบวัฏจักร”, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 9, ชะอำ, จ.เพชรบุรี, 19-21 พฤษภาคม 2547

5) วีรยา ฉิมอ้อย, เอนกพงศ์ ธรรมาธิวัฒน์ “อิทธิพลของสารละลายที่มีต่อคุณสมบัติการพองตัวและการซึมผ่านของแผ่นใยสังเคราะห์ดินเหนียว” วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 16, 3 (ก.ย.-ธ.ค. 2551)

6) Anekpong Thammathiwat, Dr.Samran Tao-Ngoen, “Application of H.M. the King’s Sufficiency Economy Philosophy in Integrated Water Resources Management”, The International Conference : Education, Language, Society, Science and Engineering in ASEAN its Neighbors, Kunming, China, 23-28 February 2013

7) เอนกพงศ์ ธรรมาธิวัฒน์ “การประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำท้ายอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์”, การประชุมวิชาการวิจัยรำไพพรรณี ครั้งที่ 7 เนื่องในวโรกาสคล้ายวันพระราชสมภพสมเด็จพระนางเจ้ารำไพพรรณี ครบ 109 ปี “การเตรียมความพร้อมของท้องถิ่นเพื่อก้าวสู่อาเซียน”, มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จังหวัดจันทบุรี, 19-20 ธันวาคม 2556

8) Anekpong Thammathiwat, Boonchuey Suthiraksa, Nisit Ongoad, Assit.Nutis Eiamsai and Sonthaya Chompoo, “Development Potential of Hydroelectric power plants of Huai Pa Law Reservoir by Participatory Action Process”, The 2nd NEU National and International Research Conference 2014, North Eastern University, Khon Kaen Thailand, 24 May 2014

ภาคผนวก จ รายงานสรุปการเงิน

รายงานสรุปการเงิน ประจำปีงบประมาณ 2558
เลขที่โครงการ (2558A14562002)
โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยแห่งชาติ
สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
ชื่อ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

โครงการ : การศึกษาคุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบสำหรับผลิตเครื่องปั้นดินเผา บ้านแก่งเป้า อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน ดร.เอนกพงศ์ ธรรมาธิวัฒน์
รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 15 ธันวาคม 2557 ถึง วันที่ 15 ตุลาคม 2558
ระยะเวลาดำเนินการ 10 เดือน ตั้งแต่วันที่ 15 ธันวาคม 2557 ถึง วันที่ 15 ตุลาคม 2558

รายจ่าย

หมวด	งบประมาณรวมทั้งโครงการ	ค่าใช้จ่ายงวดปัจจุบัน	คงเหลือ (หรือเกิน)
1.ค่าตอบแทน	47,200	33,040	14,160
2.ค่าจ้าง	-	-	-
3.ค่าวัสดุ	76,000	53,200	22,800
4.ค่าใช้สอย	180,800	126,560	54,240
5.ค่าใช้จ่ายอื่นๆ			
5.1 ค่าใช้จ่ายในการเข้าร่วมจัดประชุมในเครือข่ายเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้	38,000	22,600	11,400
5.2 ค่าธรรมเนียมมหาวิทยาลัยฯ 10%	38,000	22,600	11,400
รวม	**380,000**	**266,000**	**114,000**

จำนวนเงินที่ได้รับและจำนวนเงินคงเหลือ

จำนวนเงินที่ได้รับ

งวดที่ 1 152,000 บาท เมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2558
งวดที่ 2 114,000 บาท เมื่อวันที่ 26 กันยายน 2558
รวม **266,000 บาท (สองแสนหกหมื่นหกพันบาทถ้วน)**

....
ดร.เอนกพงศ์ ธรรมาธิวัฒน์
ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

....
ดร.เอนกพงศ์ ธรรมาธิวัฒน์
ลงนามเจ้าหน้าที่การเงินโครงการ

ภาคผนวก ฉ ผลผลิต (Output) ที่เกิดขึ้นในช่วงที่ได้รับทุน

<u>ผลงานที่เป็นรูปธรรม</u>

1 บทความวิจัย

1.1 ☑ บทความวิจัย

ตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ ตามเกณฑ์ ก.พ.อ.

จำนวน.............เรื่อง

1.2 ☑ บทความวิจัย

ตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติ ที่อยู่ในฐานข้อมูล Thai-Journal Citation Index (TCI)

จำนวน............เรื่อง

2 อนุสิทธิบัตร/สิทธิบัตร

จำนวน.....................................เรื่อง

3 หนังสือ

จำนวน.....................................เล่ม

4 สื่อการเรียนการสอน เช่น VDO คู่มือการสอน เป็นต้น

จำนวน.....................................เรื่อง/เล่ม

5 การเผยแพร่ผลงานในสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ เช่น หนังสือพิมพ์ นิตยสาร เป็นต้น

จำนวน.....................................เรื่อง

6. ผลงานวิชาการที่ถ่ายทอดสู่สังคม ภาคการผลิตหรือภาคบริการ ซึ่งส่งผลให้เกิดประโยชน์เชิงประจักษ์

จำนวน.....................................เรื่อง

7 อื่น ๆ

การประชุมวิชาการระดับชาติ 1 เรื่อง

....