รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การพัฒนาเนื้อดินเคลือบเซรามิคและรูปแบบผลิตภัณฑ์ สำหรับผลิตภัณฑ์จอกยางพาราของกลุ่มผลิตเครื่องปั้นดินเผาบ้านวังดินสอ ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก

The development of ceramic bodies and ceramic glazes at low temperature for Rubber Cup Products, Ban Wangdinsor Tumbol Wangnokan Amphur Wangthong, Phitsanulok.

นิวัตร พัฒนะ

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

รายงานนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

พ.ศ. 2559

แบบสรุปผู้บริหาร

[Executive Summary]

1.รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการวิจัย/แผนงานวิจัย

1.1 ชื่อเรื่อง การพัฒนาเนื้อดินเคลือบเซรามิคและรูปแบบผลิตภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์จอกยางพาราของกลุ่มผลิตเครื่องปั้นดินเผาบ้านวังดินสอตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก

The development of ceramic bodies and ceramic glazes at low temperature for Rubber Cup Products, Ban Wangdinsor Tumbol Wangnokan Amphur Wangthong, Phitsanulok.

1.2 ชื่อคณะผู้วิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิวัตร พัฒนะ

หน่วยงานที่สังกัด คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

หมายเลขโทรศัพท์ 091-83996642

1.3 งบประมาณและระยะเวลาทำวิจัย

ได้รับงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 **งบประมาณที่ได้รับ**200,000 **บาท**

ระยะเวลาทำวิจัย ตั้งแต่ 1ปี **ตั้งแต่** 1ธ.ค.2557 **ถึง**1ธ.ค.2558

2. สรุปโครงการวิจัย

ปัจจุบันแหล่งผลิตเครื่องปั้นดินเผาที่ใกล้กับแหล่งเพาะปลูกยางพาราในท้องถิ่นจังหวัดพิษณุโลกและจังหวัดใกล้เคียงนั้น คือแหล่งผลิตเครื่องปั้นดินเผาบ้านวังดินสอ ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งผลิตด้วยเนื้อดินที่มีอุณหภูมิต่ำ และไม่มีการเคลือบ เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อกิจกรรมของกระบวนการผลิตยางพารา และเกิดคุณค่าต่อผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา รวมทั้งเป็นการสร้างรายได้ และเสริมอาชีพแก่คนในท้องถิ่น ผู้วิจัย จึงมีแนวทางที่จะสร้างผลิตภัณฑ์จอกยางพาราชนิดมีการเคลือบที่อุณหภูมิต่ำด้วยส่วนผสมจากวัตถุดิบในท้องถิ่นเป็นหลักให้มีความเหมาะสมกับลักษณะของเคลือบที่เผาด้วยอุณหภูมิไม่สูง มีความประหยัดในการใช้เชื้อเพลิง และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความปลอดภัยต่อกระบวนการผลิตรวมถึงผู้บริโภค

วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อพัฒนาเนื้อดินและเคลือบเซรามิคอุณหภูมิต่ำ สำหรับผลิตภัณฑ์จอกยางพารา ของกลุ่มผลิตเครื่องปั้นดินเผาบ้านวังดินสอ ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีวิธีดำเนินการวิจัยเป็น 3 ขั้นตอนคือ

ขั้นตอนที่ 1 การทดลองสร้างส่วนผสมเนื้อดินถ้วยดินเผาจากดินในท้องถิ่น ร่วมกับ เฟลด์สปาร์ และทราย จำนวนตัวอย่าง 36 ตัวอย่าง

ขั้นตอนที่ 2 การทดลองสร้างส่วนผสมเคลือบสำหรับเคลือบถ้วยดินเผา จากวัตถุดิบ3ชนิดได้แก่ ฟริต เฟลด์สปาร์ และควอตซ์ มีจำนวน 26 สูตรเผาที่อุณหภูมิ 900องศาเซลเซียส

ขั้นตอนที่ 3 เป็นการทดลองขึ้นรูปชิ้นงานจอกยางพาราจากส่วนผสมที่คัดเลือกจากผลการทดลองที่มีความเหมาะสม มาขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จอกยางพาราชุบเคลือบจากส่วนผสมของเคลือบที่คัดเลือก เผาผลิตภัณฑ์จอกยางพารา และนำผลิตภัณฑ์จอกยางพาราไปทดลองใช้ในสวนยางพารา ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ระดับความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราเกี่ยวกับ รูปแบบ ขนาด น้ำหนัก สี การใช้งาน การจัดเก็บรักษา การทำความสะอาดความแข็งแรงทนทาน ราคา และความสะดวกในการจัดซื้อ กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ การเลือกแบบเจาะจงจากเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราในเขต ตำบลบ้านแยง อำเภอ นครไทย จังหวัดพิษณุโลกจำนวน 10 ราย

ผลการวิจัย พบว่าเนื้อดินตัวอย่างที่มีค่าความหดตัวสูงสุด ร้อยละ 14 ทีค่าความหดตัวน้อยที่สุดได้แก่ ร้อยละ6 ความแข็งแรงสูงสุด 80.52 ก.ก./ซ.ม.^{2} ความแข็งแรงต่ำสุด 33.00 ก.ก./ซ.ม.การดูดซึมน้ำสูงสุด ร้อยละ19.33 การดูดซึมน้ำต่ำสุด ร้อยละ 4.87 ลักษณะของเคลือบภายหลังการเผา ส่วนใหญ่จะอยู่ระดับมันแววรองลงมาคือระดับกึ่งด้านกึ่งมันระดับด้าน ด้านการสุกตัวของเคลือบพบว่า ส่วนใหญ่สุก ตำหนิของเคลือบพบว่าเกิดตำหนิรูเข็ม เคลือบแยกตัว ฟองอากาศ และเคลือบราน สีของเคลือบพบว่า มีสีขาวใส และ สีขาวขุ่น และพบว่าเกษตรกรสวนยางพาราได้ทดลองใช้จอกยางพารามีความพึงพอใจทุกด้านในระดับมาก โดย มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเกี่ยวกับน้ำหนักของจอกยางพารา สูงสุด รองลงมาได้แก่ความพึงพอใจด้านการใช้งานและขนาดของจอกยางพาราตามลำดับโดยมีข้อเสนอแนะของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างผู้ทดลองใช้จอกยางพาราต้องการให้มีการเคลือบทั้งด้านนอกและด้านใน

จุดเด่นของผลิตภัณฑ์จอกยางพาราที่ได้จากการวิจัยคือมีขนาดที่เหมาะสมกับการใช้งาน และสามารถผลิตได้โดยกลุ่มผู้ผลิตเครื่องปั้นดินเผาในท้องถิ่นด้วยกระบวนการผลิตที่ไม่ยุ่งยาก กลุ่มเป้าหมายหลักที่จะได้รับประโยชน์โดยตรง คือกลุ่มผลิตเครื่องปั้นดินเผาบ้านวังดินสอ ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก ที่จะมีโอกาสในการสร้างรายได้จากการผลิตจอกยางพารา เพื่อจัดจำหน่ายให้กับเกษตรกรในจังหวัดพิษณุโลกและจังหวัดใกล้เคียงข้อเสนอแนะเชิงนโยบายควรสนับสนุนด้านการฝึกอบรมให้ผู้ผลิตเครื่องปั้นดินเผาในท้องถิ่นได้มีขีดความสามารถในการผลิตจอกยางพารา

ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการ ควรมีการทดลองวิจัยผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ยางพารา เช่นถุงมือยาง ซึ่งจำเป็นต้องมีการทดลองวิจัยเนื้อดินเซรามิกที่มีความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ใช้ในการผลิตถุงมือยาง

ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้ประโยชน์ เกษตรกรผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ควรหมั่นทำความสะอาด จอกยางพาราอย่างสม่ำเสมอ เพื่อความสวยงามน่าใช้

3.บทคัดย่อภาษาไทยและบทคัดย่อภาษาอังกฤษ (Abstract)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเนื้อดินและเคลือบเซรามิคอุณหภูมิต่ำ สำหรับผลิตภัณฑ์จอกยางพารา ของกลุ่มผลิตเครื่องปั้นดินเผาบ้านวังดินสอ ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลกมีวิธีดำเนินการวิจัยเป็น 3 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนที่ 1 การทดลองสร้างส่วนผสมเนื้อดินถ้วยดินเผา36 ตัวอย่าง จากแหล่งบ้านวังดินสอ ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก ร่วมกับ เฟลด์สปาร์ และทราย ขั้นตอนที่ 2 การทดลองสร้างส่วนผสมเคลือบ กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 26 ตัวอย่าง จากวัตถุดิบ ฟริต เฟลด์สปาร์ และควอทซ์ ขั้นตอนที่ 3การทดลองผลิตชิ้นงานจอกยางพาราจากส่วนผสมที่คัดเลือกจากผลการทดลองที่มีความเหมาะสม

ผลการวิจัยพบว่า1) ค่าการหดตัวของเนื้อดินอยู่ระหว่างร้อยละ 6.00- 14.00 ค่าความแข็งแรง อยู่ระหว่าง 33.00-80.52 (ก.ก./ซ.ม.2) และค่าการดูดซึมน้ำ อยู่ระหว่างร้อยละ 3.95-19.33พบว่าตัวอย่างที่มีค่าความหดตัวสูงสุดได้แก่ตัวอย่างที่ 2,4,5,7,8 (ร้อยละ 14) 2) ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของเคลือบพบว่าระดับความมันส่วนใหญ่จะอยู่ระดับมันแววววาวจำนวน 15 สูตร รองลงมาคือระดับกึ่งด้านกึ่งมัน

จำนวน 8 สูตร และระดับด้านจำนวน 3 สูตร การสุกตัวของเคลือบพบว่า ส่วนใหญ่ สุกมีเพียง 4 สูตร ตำหนิของเคลือบ พบว่าเกิดตำหนิรูเข็มจำนวน 14 สูตรรองลงมาคือเคลือบแยกตัวจำนวน 15 สูตร 3)ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์จอกยางพาราพบว่า สูตรเนื้อดิน สูตรที่ 4 (ดินท้องถิ่น ร้อยละ 80 เฟลด์สปาร์ร้อยละ 5 และทราย ร้อยละ15) และเคลือบสูตรที่ 1 (ฟริตร้อยละ 75 เฟลด์สปาร์ร้อยละ 20 และควอทซ์ร้อยละ5) พบว่ามีความพึงพอใจทุกด้านในระดับมาก โดย พึงพอใจเกี่ยวกับน้ำหนักของจอกยางพารา สูงสุด(4.3 SD.823) รองลงมาด้านการใช้งาน(4.0 SD.667) และขนาดของจอกยางพารา (3.8 SD.633) ตามลำดับ โดยมีข้อเสนอแนะของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างผู้ทดลองใช้จอกยางพารา ต้องการให้มีการเคลือบทั้งด้านนอกและด้านใน

ABSTRACT

The purposes of this study was to develop ceramics body and low temperature ceramic glazing. For rubber cup products for the Wangdinsor Group, Wang Thong district Phitsanulok Province. There are three steps to conduct research stages. The first step was to create a mixture of ceramics body in 36 samples from Wangdinsor clay, feldspar and sand. Step 2 the experimental coating mixture of ceramics glaze in 26 samples from frit, feldspar and quartz. Step 3 trial production of rubber cup selected from the results of step 1 and step 2 that are appropriate.

The results showed that 1) The shrinkage of the ceramics body between 6.00- 14.00 percent the strength between 33.00 to 80.52 (kg/cm2) and the water absorption during 3.95 to 19.33 percent. 2) the characteristics of the glazing found that the 15 recipes are bright, the 8 recipes are semi-mat and the 3 recipes are mat. The melting test found that sample 19,24,25,26 are non-melting. The defect of glaze found a pinhole for 14 samples and blister for 15 samples. 3) The analysis of the satisfaction of users for rubber cup found that ceramics body recipes 4 (Wangdinsor Clay, 80 percent, feldspar 5 percent, sand 15 percent) and glaze recipes 1 (frit 75 percent, feldspar 20 percent, quartz 5 percent) were found to have satisfied all the more satisfying by the weight of the rubber cup (4.3, SD.823),the

applications (4.0, SD. 667) and the size (3.8, SD.633). Respectively with the suggestion of the user to make the glaze, both outside and inside

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี โดยได้รับความสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ สาขาวิชาเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ได้สนับสนุนเครื่องมืออุปกรณ์ และสถานที่ในการทดลองวิจัย รวมทั้งเกษตรกรผู้ปลูกยางพารา และนายกองค์การบริหารส่วนตำบลตำบลบ้านแยง อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก ที่ให้ความร่วมมือและอนุเคราะห์ให้ผู้วิจัยได้นำจอกยางพาราที่ได้จากการวิจัยไปทดลองใช้ และอนุเคราะห์ตอบแบบสอบถามเพื่อประเมินผลความพึงพอใจในการใช้งานเป็นอย่างดียิ่ง ตลอดจนสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่อำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัยด้วยดี ผู้วิจัย ขอขอบพระคุณทุกท่านมา ณ.โอกาสนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิวัตร พัฒนะ

2559

หัวข้องานวิจัยเรื่อง การพัฒนาเนื้อดินเคลือบเซรามิคและรูปแบบผลิตภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์จอกยางพาราของกลุ่มผลิตเครื่องปั้นดินเผาบ้านวังดินสอตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก

ชื่อผู้วิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิวัตร พัฒนะ

คณะ/สังกัด คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาวิชาเซรามิกส์

มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2557 จำนวนเงิน 200,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1ธ.ค.2557 ถึง1ธ.ค.2558

คำสำคัญ จอกยางพารา

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเนื้อดินและเคลือบเซรามิคอุณหภูมิต่ำ สำหรับผลิตภัณฑ์จอกยางพารา ของกลุ่มผลิตเครื่องปั้นดินเผาบ้านวังดินสอ ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก มีวิธีดำเนินการวิจัยเป็น 3 ขั้นตอนคือ

ขั้นตอนที่ 1 การทดลองสร้างส่วนผสมเนื้อดินถ้วยดินเผา36 ตัวอย่าง จากแหล่งบ้านวังดินสอ ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก ร่วมกับ เฟลด์สปาร์ และทราย ขั้นตอนที่ 2 การทดลองสร้างส่วนผสมเคลือบ กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 26 ตัวอย่าง จากวัตถุดิบ ฟริต เฟลด์สปาร์ และควอทซ์ ขั้นตอนที่ 3การทดลองผลิตชิ้นงานจอกยางพาราจากส่วนผสมที่คัดเลือกจากผลการทดลองที่มีความเหมาะสม

ผลการวิจัยพบว่า1) ค่าการหดตัวของเนื้อดินอยู่ระหว่างร้อยละ 6.00- 14.00 ค่าความแข็งแรง อยู่ระหว่าง 33.00-80.52 (ก.ก./ซ.ม.^{2}) และค่าการดูดซึมน้ำ อยู่ระหว่างร้อยละ 3.95-19.33พบว่าตัวอย่างที่มีค่าความหดตัวสูงสุดได้แก่ตัวอย่างที่ 2,4,5,7,8 (ร้อยละ 14) 2) ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของเคลือบพบว่าระดับความมันส่วนใหญ่จะอยู่ระดับมันแวววาวจำนวน 15 สูตร รองลงมาคือระดับกึ่งด้านกึ่งมันจำนวน 8 สูตร และระดับด้านจำนวน 3 สูตร การสุกตัวของเคลือบพบว่า ส่วนใหญ่ สุกมีเพียง 4 สูตร ตำหนิของเคลือบ พบว่าเกิดตำหนิรูเข็มจำนวน 14 สูตรรองลงมาคือเคลือบแยกตัวจำนวน 15 สูตร 3)ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์จอกยางพาราพบว่า สูตรเนื้อดิน สูตรที่ 4 (ดินท้องถิ่น ร้อยละ 80 เฟลด์สปาร์ร้อยละ 5 และทราย ร้อยละ15) และเคลือบสูตรที่ 1 (ฟริตร้อยละ 75 เฟลด์สปาร์ร้อยละ 20 และควอทซ์ร้อยละ5) พบว่ามีความพึงพอใจทุกด้านในระดับมาก โดย พึงพอใจเกี่ยวกับน้ำหนักของจอกยางพารา สูงสุด(23./ 4.3 SD.823) รองลงมาด้การใช้งาน($\bar{x}$ 4.0 SD.667) และขนาดของจอกยางพารา($\bar{x}$ 3.8 SD.633) ตามลำดับ โดยมีข้อเสนอแนะของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างผู้ทดลองใช้จอกยางพารา ต้องการให้มีการเคลือบทั้งด้านนอกและด้านใน

Research Title The development of ceramic bodies and ceramic glazes at low temperature for Rubber Cup Products, Ban Wangdinsor Tumbol Wangnokan Amphur Wangthong, Phitsanulok.
Author Assistant Professor. Dr Niwat Pattana
Faculty Industrial Technology
Institute Pibulsongkram Rajabhat University
Year 2016
Keywords rubber cup

ABSTRACT

The purposes of this study was to develop ceramics body and low temperature ceramic glazing. For rubber cup products for the Wangdinsor Group, Wang Thong district Phitsanulok Province. There are three steps to conduct research stages. The first step was to create a mixture of ceramics body in 36 samples from Wangdinsor clay, feldspar and sand. Step 2 the experimental coating mixture of ceramics glaze in 26 samples from frit, feldspar and quartz. Step 3 trial production of rubber cup selected from the results of step 1 and step 2 that are appropriate.

The results showed that 1) The shrinkage of the ceramics body between 6.00- 14.00 percent the strength between 33.00 to 80.52 (kg/cm^2) and the water absorption during 3.95 to 19.33 percent. 2) the characteristics of the glazing found that the 15 recipes are bright, the 8 recipes are semi-mat and the 3 recipes are mat. The melting test found that sample 19,24,25,26 are non-melting. The defect of glaze found a pinhole for 14 samples and blister for 15 samples. 3) The analysis of the satisfaction of users for rubber cup found that ceramics body recipes 4 (Wangdinsor Clay, 80 percent, feldspar 5 percent, sand 15 percent) and glaze recipes 1 (frit 75 percent, feldspar 20 percent, quartz 5 percent) were found to have satisfied all the more satisfying by the weight of the rubber cup ($\bar{x}$ 4.3, SD.823),the applications ($\bar{x}$ 4.0, SD. 667) and the size ($\bar{x}$ 3.8, SD.633). Respectively with the suggestion of the user to make the glaze, both outside and inside.

สารบัญเรื่อง

บทที่		หน้า
	แบบสรุปผู้บริหาร (Executive Summary)	ก
	กิตติกรรมประกาศ	ข
	บทคัดย่อภาษาไทย	ค
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
	สารบัญเรื่อง	จ
	สารบัญตาราง	ฉ
	สารบัญภาพ	ช
1	**บทนำ**	1
	ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย	1
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
	ขอบเขตของการวิจัย	2
	กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	3
2	**ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	4
	ความรู้เกี่ยวกับจอกยางพารา	4
	ความรู้เกี่ยวกับเนื้อดินปั้น	6
	ความรู้เกี่ยวกับเคลือบเซรามิก	18
	ความรู้เกี่ยวกับการเผาเคลือบ	24
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	28
3	**อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย**	29
	ขั้นตอนที่ 1 การทดลองสร้างส่วนผสมเนื้อดินถ้วยดินเผา	29
	ขั้นตอนที่ 2 การทดลองสร้างส่วนผสมเคลือบสำหรับเคลือบถ้วยดินเผา	32
	ขั้นตอนที่ 3 การทดลองผลิตชิ้นงาน	33
4	**ผลการวิจัย**	35
	ตอนที่ 1 ผลการทดลองเนื้อดิน	35
	ตอนที่ 2 ผลการทดลองสร้างส่วนผสมเคลือบ	36
	ตอนที่ 3 ผลการทดลองผลิตจอกยางพารา	38
5	**สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ**	39

สรุป..... 39
อภิปรายผลการวิจัย..... 41
ข้อเสนอแนะ..... 42

บรรณานุกรม..... 43

ภาคผนวก..... 44

ประวัติผู้วิจัย..... 52

สารบัญตาราง

ตาราง **หน้า**

1 แสดงผลวิเคราะห์ทางเคมี ของ ฟริต..... 2

2 แสดงผลวิเคราะห์ทางเคมี ของโซดาเฟลด์สปาร์..... 2

3 แสดงผลวิเคราะห์ทางเคมีของ ควอตซ์..... 2

4 แสดงส่วนผสมของเนื้อดินกลุ่มตัวอย่าง 30

5 แสดงส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมในเคลือบ..... 32

6 แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติหลังการเผาของเนื้อดินกลุ่มตัวอย่าง..... 35

7 แสดงการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้จอกยางพารา..... 38

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	กรอบแนวคิดของการวิจัยถ้วยรองน้ำยางพารา	3
2	จอกยางพาราชนิดเซรามิก	4
3	จอกยางพาราชนิดพลาสติก	5
4	จอกยางพาราขณะใช้งาน	6
5	แผนภาพตารางสามเหลี่ยม	15
6	หลักการทดสอบหาค่าความแข็งแรงของแท่งทดลองเนื้อดินปั้น	17
7	แผนภาพตารางสามเหลี่ยมกำหนดกลุ่มตัวอย่าง	29

บทที่ 1
บทนำ

1.1ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

จังหวัดพิษณุโลก เป็นจังหวัดที่มีการปลูกยางพารามาก เพื่อรองรับการเจริญเติบโตของอุตสาหกรรมยาง ในกระบวนการกรีดยางพาราจึงเป็นต้องใช้จอกยางพาราเป็นจำนวนมาก ซึ่งพบว่า ในปัจจุบันจอกยางพาราทำจากพลาสติกและเซรามิค ซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างกัน กล่าวคือ จอกยางพาราชนิดที่ทำจากพลาสติกจะมีน้ำหนักที่เบา แม้ว่าราคาถูกและสะดวกต่อการขนย้าย แต่มักประสบปัญหาหลุดร่วงง่ายเมื่อมีลมพัดแรงในขณะการรองรับน้ำยาง และมีความคงทนน้อยกว่าชนิดเซรามิค ซึ่งถ้วยรองน้ำยางชนิดเซรามิคนี้ แม้จะมีน้ำหนักมากกว่าชนิดที่ผลิตจากพลาสติก แต่เมื่อเปรียบเทียบด้านราคากับสภาพการใช้งานและความคงทนต่อการใช้งานแล้ว นับได้ว่ามีความคุ้มค่าเหมาะกับการนำไปใช้ในกระบวนการกรีดยางได้ดียิ่งกว่า

จอกยางพาราชนิดเซรามิค ยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพต่อการใช้งานในกระบวนการกรีดยางให้ดีมากขึ้นด้วยการเคลือบที่ตัวผลิตภัณฑ์ดินเผา ซึ่งประโยชน์ที่ได้จากเคลือบทำให้การกวาดน้ำยางในถ้วยรองน้ำยางเป็นไปได้ง่าย ขี้ยางไม่ติดปากถ้วยและได้เนื้อยางที่มีคุณภาพ ปัจจุบันพบว่า การผลิตถ้วยรองน้ำยางชนิดเซรามิคมักทำการเคลือบผลิตภัณฑ์เพื่อประโยชน์ดังกล่าวข้างต้น และในกระบวนการผลิตเครื่องปั้นดินเผาชนิดที่มีการเคลือบที่อุณหภูมิสูง(ประมาณ 1,200 องศาเซลเซียส) ซึ่งต้องใช้วัตถุดิบและสารเคมีหลายชนิด รวมทั้งปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่มาก ในขณะที่สภาพการใช้งานของจอกยางพาราไม่จำเป็นต้องเป็นเซรามิคที่เผาในอุณหภูมิสูงทำให้มีต้นทุนการผลิตค่อนข้างสูงเกินความจำเป็น

การผลิตจอกยางพาราเซรามิค ที่อุณหภูมิต่ำ(ประมาณไม่เกิน 1,000 องศาเซลเซียส) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติเพียงพอกับสภาพการใช้งาน ซึ่งจะช่วยประหยัดต้นทุน รักษาวัตถุดิบที่มีคุณภาพสูงไว้สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิคประเภทที่มีมูลค่าทางการตลาดสูง รวมทั้งช่วยประหยัดพลังงาน รวมทั้งช่วยเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราลดต้นทุนในการซื้อจอกยางพาราเซรามิคดังในปัจจุบัน และที่สำคัญช่วยให้กลุ่มผู้ผลิตเครื่องปั้นดินเผาในท้องถิ่นได้เป็นผู้ผลิตจอกยางพาราให้กับเกษตรกรในท้องถิ่นเดียวกัน ถือเป็นการพัฒนาเศรษฐกิจท้องถิ่นที่มีการบูรณาการอย่างเป็นรูปธรรม

ปัจจุบันแหล่งผลิตเครื่องปั้นดินเผาที่ใกล้กับแหล่งเพาะปลูกยางพาราในท้องถิ่นจังหวัดพิษณุโลกและจังหวัดใกล้เคียงนั้น คือแหล่งผลิตเครื่องปั้นดินเผาบ้านวังดินสอ ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งผลิตด้วยเนื้อดินที่มีอุณหภูมิต่ำ และไม่มีการเคลือบ

เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อกิจกรรมของกระบวนการผลิตยางพารา และเกิดคุณค่าต่อผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา รวมทั้งเป็นการสร้างรายได้ และเสริมอาชีพแก่คนในท้องถิ่น ผู้วิจัย จึงมีแนวทางที่จะสร้างผลิตภัณฑ์จอกยางพาราชนิดมีการเคลือบที่อุณหภูมิต่ำ ด้วยส่วนผสมจากวัตถุดิบในท้องถิ่นเป็นหลักให้มีความเหมาะสมกับลักษณะของเคลือบที่เผาด้วยอุณหภูมิไม่สูง มีความประหยัดในการใช้เชื้อเพลิง และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความปลอดภัยต่อกระบวนการผลิตรวมถึงผู้บริโภคต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาเนื้อดินและเคลือบเซรามิคอุณหภูมิต่ำ สำหรับผลิตภัณฑ์จอกยางพารา ของกลุ่มผลิตเครื่องปั้นดินเผาบ้านวังดินสอ ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. การสร้างส่วนผสมเนื้อดินถ้วยดินเผาสำหรับจอกยางพารา ให้มีความเหมาะสมต่อการเผาที่อุณหภูมิต่ำ เทียบจากทุ่นทนไฟหรือโคน ชนิดออร์ตอนโคน (Orton Cones) เบอร์ 06 (Cone 06) ซึ่งเทียบได้กับช่วงอุณหภูมิที่ 991-999 องศาเซลเซียส (ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผา : ข้อมูลทางเทคนิคด้านเซรามิค) ซึ่งมีประชากรและกลุ่มตัวอย่างดังนี้

1.1 ประชากร ได้จากการใช้วัตถุดิบหลักในท้องถิ่น จาก แหล่งผลิตเครื่องปั้นดินเผาบ้านวังดินสอ ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก ใช้ร่วมกับ เฟลด์สปาร์ และควอทซ์

1.2 กลุ่มตัวอย่าง ของประชากรแต่ละชุดได้จากการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive sampling) จากตารางสามเหลี่ยม (Triaxial diagram) ได้กลุ่มตัวอย่าง 36 ตัวอย่าง

2. การสร้างส่วนผสมเคลือบ ให้มีความเหมาะสมกับถ้วยดินเผาที่เป็นผลได้จากการสร้างส่วนผสมของเนื้อดินจอกยางพารา ซึ่งมีประชากรและกลุ่มตัวอย่างดังนี้

2.1 ประชากร ได้จากส่วนผสมของวัตถุดิบ ได้แก่ ฟริต โซดาเฟลด์สปาร์ และควอตซ์

2.2 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง(Purposive Sampling) จากตารางสามเหลี่ยมโดยกำหนดวัตถุดิบ ฟริต โซดาเฟลด์สปาร์ และควอตซ์ มีช่วงห่างช่วงละ 5 ซึ่งจะได้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 26 สูตร

1.1. ฟริต ซึ่งมีผลวิเคราะห์ทางเคมีดังตาราง

ตารางที่ 1 ผลวิเคราะห์ทางเคมี ของ ฟริต

SiO_2	Na_2O	K_2O	M_2O	CaO	BaO	ZnO	PbO	Al_2O_3	B_2O_3	Lol
62.22	3.79	4.6	0.2	4.17	2.12	1.55	1	10.17	8.27	1.63

1.2. โซดาเฟลด์สปาร์ ซึ่งมีผลวิเคราะห์ทางเคมีดังตาราง

ตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์ทางเคมี ของโซดาเฟลด์สปาร์

SiO_2	Na_2O	K_2O	M_2O	CaO	$F_{e2}O_3$	TiO_2	Al_2O_3	Lol
72.38	2.27	0.06	0.04	0.31	0.08	0.02	15.5	0.34

1.3. ควอตซ์ ซึ่งมีผลวิเคราะห์ทางเคมี ดังตาราง

ตารางที่ 3 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของ ควอตซ์

SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	$F_{e2}O_3$	Lol
98.70	0.65	0.08	0.12	0.45

3. การผลิตจอกยางพารา พร้อมเคลือบด้วยอุณหภูมิต่ำ เป็นการผลิตถ้วยดินเผามีการเคลือบที่มีความเหมาะสมกันภายหลังการเผา และมีความเหมาะสมกับการนำไปใช้สำหรับรองน้ำยางพาราได้เป็นผลดี

4. การวิเคราะห์ผล เป็นการวิเคราะห์ผลภายหลังการเผา ซึ่งได้แก่

4.1 การวิเคราะห์เนื้อดิน ได้แก่ การวิเคราะห์หาค่าความหดตัว ความแข็งแรง และการดูดซึมน้ำ

4.2 การวิเคราะห์เคลือบ ได้แก่ การวิเคราะห์ระดับความมันของเคลือบ ความสมบูรณ์ของเคลือบ

4.3 การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์จอกยางพาราเซรามิค ได้แก่ การวิเคราะห์ความเหมาะสมของเนื้อดินกับเคลือบ และการวิเคราะห์หาค่าความพึงพอใจของผู้ใช้ ได้แก่เกษตรกรผู้ปลูกยางพารา ในจังหวัดพิษณุโลก

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

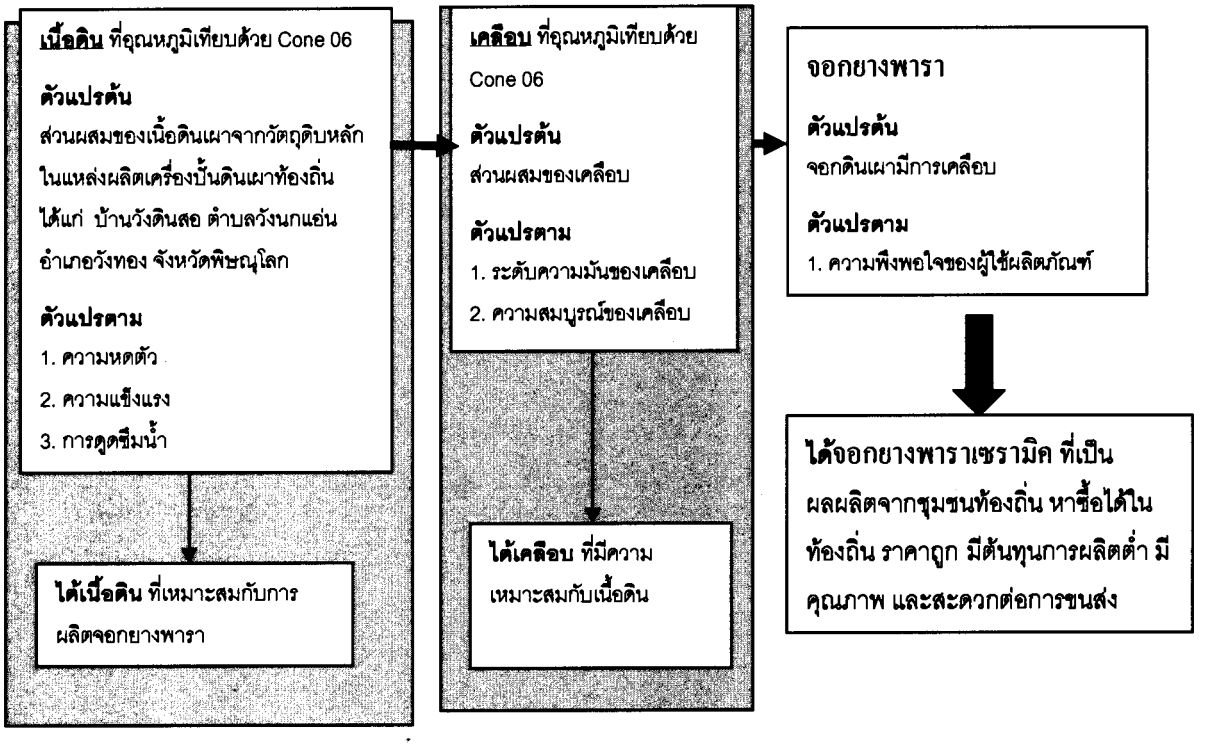
1.4.1 จอกยางพารา หมายถึง ภาชนะที่ใช้สำหรับรองน้ำยางที่ได้จากกระบวนการกรีดยางจากต้นยาง

1.4.2 การวิเคราะห์เนื้อดิน ในการวิจัยครั้งนี้หมายถึง การวิเคราะห์หาค่าความหดตัว ความแข็งแรง และการดูดซึมน้ำ

1.4.3 การวิเคราะห์เคลือบในการวิจัยครั้งนี้หมายถึง การวิเคราะห์ระดับความมันของเคลือบ ความสมบูรณ์ของเคลือบ ภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส

1.4.4 ความพึงพอใจของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ หมายถึงความพึงพอใจของกลุ่มเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อจอกยางพาราทีผลิตจากผลการวิจัยครั้งนี้ภายหลังการทดลองใช้งาน ใน 10 ด้าน ได้แก่ รูปแบบ ขนาด สี น้ำหนัก การใช้งาน การจัดเก็บ การทำความสะอาด ความแข็งแรงทนทาน ราคา และความสะดวกในการจัดซื้อ

1.5 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัยถ้วยรองน้ำยางพารา

บทที่2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสาและงานวิจัยที่เกี่ยงข้องในหัวข้อต่อไปนี้

1. ความรู้เกี่ยวกับจอกยางพารา
2. ความรู้เกี่ยวกับเนื้อดินปั้น
3. ความรู้เกี่ยวกับเคลือบเซรามิก
4. ความรู้เกี่ยวกับการเผาผลิตภัณฑ์
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้เกี่ยวกับจอกยางพารา

ในปัจจุบัน จอกยาง มีให้เลือก 2 ประเภทด้วยกัน คือ จอกยางดินเผาหรือเซรามิก และ อีกประเภท คือ จอกยางพลาสติก

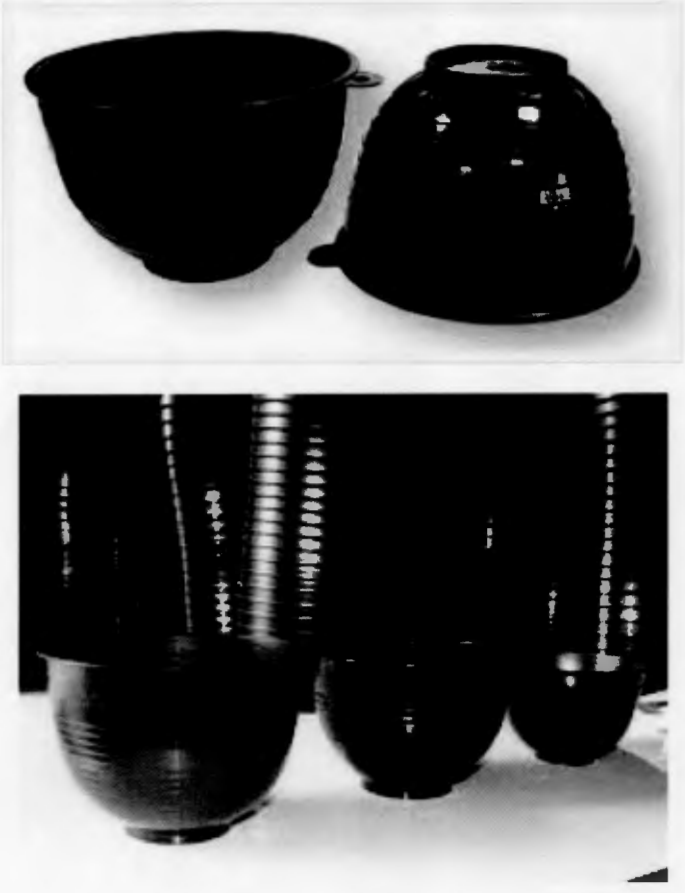
2.1.1จอกยางพาราชนิด เซรามิกมีคุณลักษณะข้อดีต่อการใช้งานคือ

1. ใช้งานได้นาน เป็นสิบปี คุ้มค่ากับราคา
2. ภายในเคลือบน้ำยา มันวาว น้ำยางไม่ติดถ้วย
3. น้ำหนักมาก ลมพัดไม่ปลิว จับถนัดมือ

ภาพที่ 2 จอกยางพาราชนิดเซรามิก

2.1.2 จอกยางพาราชนิด พลาสติกมีคุณลักษณะข้อดีต่อการใช้งานคือ

1. ราคาถูก
2. ใช้พลาสติกอย่างดี น้ำยางไม่ติดถ้วย
3. น้ำหนักเบา ขนย้ายสะดวก
4. ขนาดใหญ่ ใส่น้ำยางได้เยอะ
5. ตกไม่แตก



ภาพที่ 3 จอกยางพาราชนิดพลาสติก

ราคาของจอกยางพาราในปัจจุบัน ราคาจอกยางเซรามิกราคาเริ่มต้น ที่ 7-8 บาทในขนาด 12-14 ออนซ์ และ 9-11 บาท ในขนาด 16 ออนซ์ ในขณะที่จอกยางพลาสติก ราคาเริ่มต้นที่ 2.50 บาท จนถึง 6 บาท ขึ้นอยู่กับขนาด และวัสดุ ที่นำมาฉีดขึ้นรูป

จอกยางเซรามิก สามารถใช้งานได้นานหลายสิบปี ปกติ จะมีก้นถ้วยที่หนา หากตกลงบนดินจะไม่ค่อยแตก แต่หากตกโดนรากต้นยางก็อาจแตก ส่วนจอกพลาสติก ใช้ไปนานๆ ก็แห้งกรอบ โดนแดด โดนฝน อายุการใช้งานสั้น อาจจะทำให้พลาสติกเสื่อมสภาพได้ แต่ปัจจุบัน มีการใช้พลาสติกที่หนาขึ้น ทำให้ทนทานมากยิ่งขึ้น แต่ข้อหนึ่งที่ จอกยางพลาสติก ยังเป็นรองคือ เรื่องน้ำหนัก แม้จะตกไม่แตกก็จริง แต่ก็มักจะโดนว่า

ลมพัดมาแรงๆแล้วปลิวหาย ทำให้เวลากรีดยางแล้วหาถ้วยใส่ไม่ได้ ซึ่งปัจจุบัน จอกพลาสติกก็ได้แก้ไขโดยทำหูที่มีรูเอาไว้เกี่ยวกับลวดรัดต้นยาง อันนี้ผู้เขียนยอมรับว่า ยังสู้จอกยางเซรามิกไม่ได้ เพราะการโกยน้ำยางแล้วต้องเอามาเกี่ยว สู้การโกยแล้ววางไม่ได้ ข้อดีอีกประการของจอกยางเซรามิกคือน้ำยางไม่ติดถ้วย จอกพลาสติกใช้ไปนานๆ สักปีหรือ สองปี น้ำยางจะเริ่มติดถ้วย กวาดไม่ค่อยเกลี้ยง

2.1.3 ขนาดสำหรับใช้งานของจอกยางพารา โดยส่วนใหญ่ ชาวสวนยาง ชอบซื้อ จอกยางที่มีขนาดใหญ่เนื่องด้วยอาจจะเสียดาย หากน้ำยางออกมากจนล้นวย ซึ่งในความเป็นจริงหากไม่มีการใช้สารเร่งใดๆ น้ำยางก็จะไหลไม่เกิน 6-10 ออนซ์ ต่อต้นขนาดของจอกยาง จึงไม่มีผลมากนัก แต่มีผลทางจิตวิทยากับผู้ซื้อเป็นอย่างมาก สังเกตได้จากการที่ผู้ซื้อ นิยมซื้อจอกขนาด 16 ออนซ์ (พลวัฒน์ พันเสรีวงศ์.โพสต์เมื่อ 17th August 2012)

ภาพที่ 4 จอกยางพาราขณะใช้งาน

จอกยางพารา ในแบบดั้งเดิมใช้จากวัสดุกะลามะพร้าว ต่อมาใช้ถ้วยจากพลาสติก และถ้วยดินเผา ซึ่งถ้วยรองน้ำยางพาราที่ทำจากพลาสติกมีข้อเสียคือ น้ำยางจะติดถ้วย และเมื่อตากฝนหรือแดด พลาสติกจะกรอบและแตกหักง่าย ส่วนถ้วยรองน้ำยางพาราชนิดดินเผานั้น มีความคงทนแข็งแรงกว่า และมีการผลิตมากในภาคใต้ ซึ่งเป็นแหล่งเพาะปลูกยางพาราดั้งเดิมของไทย ซึ่งปัจจุบันมีการเพาะปลูกในภาคอื่น เช่น ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ ซึ่งเมื่อมีความต้องการกรีดยางและต้องการใช้ถ้วยรองน้ำยาง หากซื้อจากแหล่งผลิตทางภาคใต้อาจส่งผลให้ต้นทุนสูงได้ จังหวัดพิษณุโลกซึ่งเป็นจังหวัดที่อยู่ในแถบภาคเหนือ มีแหล่งผลิตเครื่องปั้นดินเผา โดยเนื้อดินมักเป็นสีแดง เผาด้วยอุณหภูมิต่ำ และหากทำการเคลือบผลิตภัณฑ์เคลือบที่ใช้จึงต้องมีจุดหลอมตัวต่ำ เพื่อความเหมาะสมกับเนื้อผลิตภัณฑ์ด้วย

2.2 ความรู้เกี่ยวกับเนื้อดินปั้น

2.2.1 ความหมายของเนื้อดินปั้น

เนื้อดินปั้น(Bodies) หมายถึง ซิงเกอร์(Sonja S. Singer,1960,p.393)กล่าวว่า เนื้อดินปั้น (ceramic bodies) หมายถึงส่วนผสมของดินเหนียวที่ใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ อาจจะมีดินเพียงชนิดเดียวที่มีคุณสมบัติเฉพาะเจาะจงและเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์นั้น แต่โดยทั่วไปส่วนใหญ่เนื้อเซรามิกจะประกอบด้วยส่วนผสมของดินหลายชนิดที่แตกต่างกัน รวมทั้งอาจเติมแร่ หรือสารเคมีอื่นลงในส่วนผสม เพื่อให้มีคุณสมบัติตรงตามความต้องการ ตัวอย่างเช่น ในส่วนผสมอาจจะเพิ่มวัตถุดิบบางอย่างเพื่อช่วยให้การปั้นหรือการขึ้นรูปสะดวกขึ้น หรือเพื่อช่วยลดหรือเพิ่มอุณหภูมิในการเผา หรือแม้กระทั่งเพื่อเป็นการเปลี่ยนสีของเนื้อเซรามิกหลังการเผา

2.2.2 ประเภทของเนื้อดินปั้น เนื้อดินปั้นมีอยู่มากมายหลายประเภท สามารถสร้างส่วนผสมได้อย่างไม่มีที่สิ้นสุด ตามแต่คุณสมบัติที่เหมาะสมกับความต้องการใช้งาน และเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไป แต่โดยทั่วไปแบ่งประเภทเนื้อปดินปั้นในงานเครื่องปั้นดินเผาไว้ 3 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่

2.2.2.1 เอิทเทิ่นแวร์(earthenware) เป็นเนื้อเซรามิกที่ใช้ทำเครื่องปั้นดินเผาประเภท, เมโจริกา(Majorica),หรือเทอราคอทต้า(terra-cotta) มีรูพรุนมาก มีสีตามธรรมชาติของแหล่งดิน แต่อาจมีการปรับปรุงสีให้มีความสวยงามตามต้องการ นิยมใช้ในงาน ศิลปะและงานประดับตกแต่งสถานที่ เป็นเนื้อเซรามิกที่มีรูพรุน มีการผลิตได้อย่างง่ายๆ มีช่วงของการดูดซึมน้ำร้อยละ 10-15

2.2.2.2 สโตนแวร์(Stonware) เป็นเนื้อเซรามิกสำหรับทำผลิตภัณฑ์ภาชนะต่างๆ ที่มีความหนาแน่นสูง แต่ราคาไม่แพงนัก มันเป็นสีตามธรรมชาติของแหล่งดิน ทึบแสง มีความแข็งแรง ทำจากเนื้อดินที่มีความเหนียวที่สามารถปั้นขึ้นรูปให้มีรูปร่างต่างๆ และเป็นชิ้นขนาดใหญ่มากได้ดี

2.2.2.3 พอร์สเลน(porcelains) เป็นเนื้อเซรามิกชั้นดี มีสีขาวหรือสีงาช้าง และโปร่งแสง แต่เดิมทำในยุโรปเพื่อจำลองนำเข้าเครื่องลายครามจากประเทศจีน ซอพท์พอร์สเลน(Soft porcelains) อุณหภูมิที่เผาประมาณเป็น Cone 7-11 ฮาร์ทพอร์สเลน(Hard porcelain) เป็นเนื้อเซรามิกชั้นดี ที่มีสีขาวบริสุทธิ์ เป็นเนื้อเดียวกันอย่างสมบูณณ์, โปร่งแสง แข็งแกร่งมากเป็นพิเศษ ส่วนผสมโดยมากกำหนดโดยแผนภาพตารางสามเหลี่ยม(Triaxial diagram) Triaxial มากวัตถุดิบต้องบริสุทธิ์ และต้องใช้ความสามารถสูงในการการขึ้นการเผา อุณหภูมิที่เผาประมาณเป็น Cone 12-15โบนไชน่า(Bone china) เป็นเนื้อเซรามิกชั้นดี มีส่วนผสมของขี้เถ้ากระดูก มีความโปร่งแสงสูงเป็นพิเศษ สีงาช้าง ถึงสีขาว บอบบาง สวยงาม นิยมใช้ทำผลิตภัณฑ์ภาชนะอาหาร งานประดับตกแต่ง และงานศิลปะ

2.2.3 วัถุดิบที่ใช้ในการทำเนื้อดินปั้น

ซิงเกอร์(Sonja S. Singer,1960,p. 398)กล่าวว่าองค์ประกอบของเนื้อดินปั้นนั้นอยู่ภายในข้อจำกัดบางอย่าง ประกอบด้วยวัตถุดิบ 3 กลุ่มได้แก่

2.2.3.1ดิน (Clays)เป็นวัตถุดิบที่มีความเหนียว สำหรับปัจจัยคุณสมบัติเกี่ยวกับความเหนียวของ คือต้องมีความเหนียวเพียงพอต่อการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

2.2.3.2หินควอทซ์(Quartz) หรือ ทราย(Sand) เป็นวัตถุดิบมีความสำคัญต่อกระบวนการอบแห้ง(Drying) และการเผา(Firing) ที่ไม่ส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์ เกิดการแตกร้าว ซึ่งเกิดจากให้มีการหดตัวลงในช่วงที่แห้ง(Drying shrinkage)และการหดตัวลงในช่วงที่เผา(Firing shrinkage) ส่วนใหญ่ป้องกันการแตกร้าวโดยการผสมวัตถุดิบที่ไม่มีความเหนียว ได้แก่

2.2.3.3 เฟลด์สปาร์ (Feldspar), คอร์นิชสโตน (cornish stone)เป็นวัตถุดิบที่ทำหน้าที่การลดอุณหภูมิในการหลอมเหลว(fluxing) ของเนื้อดินปั้น

ดิน (Clays) เป็นวัตถุดิบที่สำคัญมากที่สุดในงานเซรามิกส์ประเภทเครื่องปั้นดินเผา ซึ่งเกิดขึ้นในธรรมชาติ โดยเป็นแร่ที่ประกอบด้วย อะลูมินา ซิลิกา และน้ำ ตามปกติไม่ค่อยบริสุทธิ์เนื่องจากมักจะมีแร่ธาตุอื่น ๆ ปะปนอยู่ด้วยเสมอ แต่ด้วยสมบัติเฉพาะที่สำคัญ คือ ความเหนียว เมื่อผสมกับน้ำ ทำให้สามารถนำมาขึ้นรูปทรงด้วยวิธีการต่าง ๆ ได้หลากหลาย เช่น การปั้นอิสระ การหล่อน้ำดิน การขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน การขึ้นรูปด้วยใบมีด เป็นต้น ได้ตามต้องการ ดินจะมีความแข็งแรงเมื่อแห้งช่วยให้การหยิบจับเพื่อการตกแต่งสะดวก จึงทำให้ดินเป็นวัตถุดิบที่มี บทบาทสำคัญในการสร้างผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ตลอดมา อีกทั้งปริมาณของดินที่มีอยู่มากมายนั้น ก็เป็นปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่ทำให้ต้องเลือกใช้ดินเป็นวัตถุดิบหลักในงานเซรามิกส์ เนื่องจากดินแต่ละแหล่งทั่วโลกมีลักษณะการเกิดระยะเวลาในการทับถม และสภาพแวดล้อมที่หลากหลายมาก ทำให้มีความแตกต่างกันทั้งในสมบัติทางด้านเคมีและด้านฟิสิกส์ นักเซรามิกส์ทุกคนจึงมีความจำเป็นที่จะต้องเรียนรู้และทำความเข้าใจในสมบัติด้านต่าง ๆ ของดินอย่างละเอียดที่สุด เพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างเพียงพอในการเลือกใช้ดินแต่ละแหล่งให้เหมาะสม สามารถวิเคราะห์และแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากดินได้อย่างถูกต้องต่อไป ซึ่งในปัจจุบันมีเทคโนโลยีและเครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ช่วยให้การศึกษาสมบัติของดินเป็นไปได้อย่างสะดวกยิ่งขึ้น

การแบ่งประเภทของดิน

ดินที่ใช้ในงานด้านเซรามิกส์นั้นมีอยู่หลายชนิด และเพื่อความสะดวกในการศึกษาได้มีผู้แบ่งดินออกเป็นประเภทไว้หลายลักษณะ เช่น

1) วอร์แรล (Worrall, 1964, p. 55) ได้แบ่งประเภทของดินตามหลักธรณีวิทยาไว้ 2 ประเภท ซึ่งเป็นการแสดงถึงดินที่พบอยู่ในแหล่งหรือบริเวณที่แตกต่างกัน ได้แก่

1.1)ดินแหล่งต้นกำเนิด (Residual Clays)

ดินแหล่งต้นกำเนิด เป็นดินที่ปรากฏอยู่ในบริเวณต้นกำเนิดของดินภายหลังจากที่หินแกรนิต เช่น เฟลด์สปาร์ ได้ผุพังแปรสภาพเป็นดิน และยังไม่ถูกการพัดพาเคลื่อนย้ายไปยังบริเวณอื่น มักพบตามภูเขาหรือที่ราบสูง ดินประเภทนี้จึงมีลักษณะเป็นหินแข็งเนื่องจากยังคงมีหินต่าง ๆ ปะปนอยู่ ดังนั้นก่อนนำมาใช้งานจะต้องทำการบดย่อยและล้าง เพื่อแยกเอาเนื้อดินออกมาให้ได้ปริมาณมากที่สุด เนื้อดินจึงค่อนข้างหยาบและมีความเหนียวไม่มาก ส่วนใหญ่จะเป็นชนิดดินขาว (Kaolin)

1.2) ดินแหล่งที่ถูกพัดพามาตกตะกอน (Sedimentary Clays)

ดินแหล่งที่ถูกพัดพามาตกตะกอน เป็นดินที่พบอยู่ในบริเวณที่ดินจากแหล่งต้นกำเนิดถูกพัดพาด้วยกระแสน้ำ หรือการละลายของภูเขาน้ำแข็งมาตกตะกอนสะสมอยู่ในบริเวณนั้น ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นที่ราบลุ่ม ลักษณะของเนื้อดินจะมีความละเอียดและเหนียวกว่าดินแหล่งต้นกำเนิด แต่จะมีสิ่งเจือปนมากกว่า สีจึงไม่ขาว เช่น ดินเหนียว (Ball clays) ดินทนไฟ (Fire clays) เป็นต้น

2)**นอร์ตัน** (Norton, 1952, p. 20) ได้แบ่งประเภทของดินไว้ 6 ประเภท ตามลักษณะสมบัติเฉพาะเพื่อการนำมาใช้งานดังนี้

2.1) ดินที่มีสีขาวภายหลังการเผา (White-burning Clays) ดินที่มีสีขาวภายหลังการเผา เหมาะสำหรับการสร้างผลิตภัณฑ์สีขาว (White ware) ได้แก่ ดินขาว (Kaolin) ดินเหนียวขาว (Ball clays)

2.2) ดินที่ทนความร้อนอุณหภูมิสูง (Refractory Clays)

ดินที่ทนความร้อนอุณหภูมิสูง หมายถึง ดินที่มีจุดหลอมเหลวสูงกว่า 1600 องศาเซลเซียส ได้แก่ ดินขาว ดินทนไฟ ดินไฮอะลูมินา (High Alumina Clays)

2.3) ดินที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง (Heavy Clays or Product Clays) ดินที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง ส่วนมากจะเป็นดินที่มีความเหนียวน้อย แต่จะมีสารช่วยหลอมเหลว (Fluxs) ในปริมาณมาก ใช้ผลิตอิฐปูพื้น (Paving Brick) ท่อน้ำ (Sewer-pipe)

2.4) ดินสโตนแวร์ (Stoneware Clays) ดินสโตนแวร์ เป็นดินที่มีความเหนียวมาก และมีสารช่วยหลอมเหลวอยู่ปริมาณมาก จุดสุกตัวจึงต่ำ สามารถนำมาทำผลิตภัณฑ์ประเภทสโตนแวร์ซึ่งมีการปรับปรุงเนื้อดินเพียงเล็กน้อย

2.5) ดินที่ทำอิฐ (Brick Clays) ดินที่ทำอิฐ ดินประเภทนี้จะมีความเหนียวมากและมี Fe_2O_3 ผสมอยู่มาก นิยมใช้ทำผลิตภัณฑ์เทอรา-คอตตา (Terra-cotta) และอิฐมอญ (Common Bricks)

2.6) ดินสลิป (Slip Clays) ดินสลิป ได้แก่ ดินที่สะสมอยู่ในแหล่งที่มีน้ำขังตลอดปี มักจะมี Fe_2O_3 ปะปนอยู่มาก บางครั้งนำมาใช้ตกแต่งผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการเอ็นโกบ (Engobe)

ดินเนียวหรือ บอลเคลย์ จะมีบทบาทอย่างมากต่อการผลิตเครื่องปั้นดินเผา เป็นดินที่เกิดจากการพัดพามาตกตะกอนสะสมอยู่ในที่ลุ่มในระยะเวลาหลายสิบปี จึงมีปริมาณอินทรีย์วัตถุและสิ่งเจือปนมาก จึงมีสีออกคล้ำถึงดำเป็นส่วนใหญ่ มีเม็ดดินละเอียด ความหนาแน่นมากกว่าดินขาว เมื่อขุดขึ้นมาจากพื้นดินจะมีลักษณะเป็นก้อนแข็งหรือก้อนกลม (Balls) ซึ่งเป็นที่มาของคำว่า "บอลเคลย์" ในการทำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผามีความจำเป็นต้องอาศัยสมบัติบางประการของบอลเคลย์ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ต้องใช้บอลเคลย์ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ คือ (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ, 2539, หน้า 53)

1. บอลเคลย์จะช่วยเพิ่มความสะดวกในการขึ้นรูปทรงต่าง ๆ ได้ดี
2. บอลเคลย์จะช่วยเพิ่มความแข็งแรงก่อนเผา ทำให้มีความสะดวกในการเคลื่อนย้าย ผลิตภัณฑ์
3. ความละเอียดของบอลเคลย์ช่วยให้การขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อแบบพิมพ์เพื่อให้การหล่อเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ
4. บอลเคลย์ช่วยให้การเกิดปฏิกิริยาของมวลสาร ระหว่างทำการเผาดีขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อแน่นเป็นเนื้อเดียวกัน

แม้ว่าบอลเคลย์จะมีพบเห็นอยู่ทั่วไปแต่ปัญหาและข้อจำกัดของบอลเคลย์ก็คือสิ่งเจือปนที่ลดความขาวของดิน เช่น ปริมาณของ Fe_2O_3 และ TiO_2 ซึ่งในบอลเคลย์ส่วนใหญ่จะมีสิ่งเจือปนเหล่านี้อยู่มาก จึงทำให้ไม่สามารถนำดินเหนียวทุกแหล่ง มาใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาที่ต้องการความขาวได้ ดังนั้นจึงมีบอลเคลย์เพียงไม่กี่แหล่งในโลก ซึ่งมีสมบัติทั้งด้านความเหนียวและความขาวภายหลังการเผา

ปัญหาที่สำคัญในการนำบอลเคลย์มาใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินโดยทั่ว ๆ ไปก็คือ

1. มี Fe_2O_3 และ TiO_2 ผสมอยู่มากทำให้ความขาวของเนื้อดินลดลง โดยเฉพาะถ้ามี TiO_2 อยู่มากจะไม่สามารถขจัดออกไปได้โดยง่าย

2. ในกรณีที่จะทำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความโปร่งแสง ดินเหนียวจะเป็นตัวลดความโปร่งแสง

3. ดินเหนียวมีความละเอียดมากจึงต้องใช้ปริมาณน้ำมากในการผสมขึ้นรูป ส่งผลให้มีการหดตัวมาก ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการแตกร้าวของผลิตภัณฑ์

4. ดินเหนียวมักจะมีส่วนประกอบไม่คงที่ จึงมีปัญหาต่อการควบคุมคุณภาพของเนื้อดินที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์

วอร์แรล (Worrall, 1964, p. 58) ได้สรุป ส่วนประกอบทางเคมีของบอลเคลย์โดยทั่ว ๆ ไป ดังนี้

SiO_2	40–60	%
Al_2O_3	25–40	%
Fe_2O_3	0.5–4.0	%
Na_2O_3	0–0.75	%
K_2O	0.5–4.0	%

สำหรับส่วนประกอบทางแร่นั้น บอลเคลย์จะมีปริมาณของแร่เคโอลิไนต์ ไมกา และ ควอตซ์อยู่มาก มีปริมาณของมอนต์มอริลโลไนต์ อิลไลต์ คาร์บอเนตต่าง ๆ เพียงเล็กน้อย นอกจากนั้น จะเป็นพวกสารอินทรีย์ เช่น ลิกไนต์ (Lignite) ไขมัน (Waxes) เรซิน (Rasins) และฮิวมัส (Humus) รวมทั้งพวกเกลือซัลเฟต และเกลือคลอไรด์ของ Al, Fe, Ca, Mg, K และ Na เป็นต้น

บอลเคลย์ที่มีคุณภาพดีนั้นจะต้องมีสมบัติทนไฟที่อุณหภูมิสูง มีความหดตัวน้อย มีทรายหรือสิ่งเจือปนน้อย มีความเหนียวดี ในด้านความละเอียดนั้นควรมีการค้างตะแกรงขนาด 325 เมช ไม่เกินร้อยละ 5 และที่สำคัญภายหลังการเผาควรมีสีขาวถึงสีครีม แต่ถ้าบอลเคลย์ที่มีคุณภาพด้อยกว่านี้ ซึ่งมีอยู่ทั่ว ๆ ไปในปริมาณมากมักจะเรียกรวม ๆ ว่า ดินเหนียว (Plastic Clays)

สารอินทรีย์ในบอลเคลย์

สารอินทรีย์ที่อยู่ในลักษณะที่มีความละเอียด (Organic Colloid) มักมีปะปนอยู่ในบอลเคลย์ นอกจากจะทำให้มีสีดำหรือคล้ำ ยังเป็นสารที่มีทั้งผลดีและผลเสียต่อเนื้อดินปั้นดังนี้

1. ข้อดีของสารอินทรีย์

1.1 ช่วยเพิ่มความเหนียวในการขึ้นรูป

1.2 ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงเมื่อแห้ง

1.3 ถ้ามีปริมาณพอเหมาะจะช่วยให้น้ำดิน (Slip) ทำการหล่อได้ง่าย

2. ข้อเสียของสารอินทรีย์

2.1 บอลเคลย์มักเกิดร่วมกับลิกไนต์ ซึ่งมีกำมะถัน (Sulphur) ปะปนอยู่ เมื่อถูก oxidise เป็นซัลเฟต (Sulphate) ซึ่งถ้ามีมากเกินไปจะทำให้น้ำดิน (Slip) ขึ้นรูปได้ลำบาก หรือขึ้นรูปไม่ได้เลย

2.2 บอลเคลย์ที่มีซัลเฟตมาก เมื่อเผาจะมีตำหนิที่ผิวผลิตภัณฑ์

2.3 ถ้าเป็นสารอินทรีย์ ที่มีสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็กปะปนอยู่ เมื่อเผาแล้วจะทำให้เกิดเป็นจุดสีดำ

2.4 ถ้ามีสารอินทรีย์อยู่มาก อาจจะเผาไล่คาร์บอนไม่หมด ทำให้เกิดแกนดำ หรือที่เรียกว่า อาการไส้ดำ (Black core) ในเนื้อผลิตภัณฑ์ โดยเกิดอาการปูดบวมหรือระเบิดได้ บางครั้งทำให้บรรยากาศในการเผาเป็นแบบรีดักชัน

ดังนั้นการเลือกใช้บอลเคลย์แหล่งต่าง ๆ ควรให้ความสำคัญต่อปริมาณของสารอินทรีย์ และมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการเกิดปฏิกริยาการสลายตัวของสารอินทรีย์แต่ละชนิด ที่มีขนาดเป็นคอลลอยด์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง บอลเคลย์ที่ได้จากแหล่งที่มีลิกไนต์ปะปนอยู่

การนำบอลเคลย์มาใช้งาน ตามปกติการทำเหมืองบอลเคลย์จะมีกระบวนการไม่ยุ่งยากมากถ้าไม่มีการล้าง ซึ่งการขุดบอลเคลย์ขึ้นมาใช้งานมี 2 แบบ คือ เปิดบริเวณผิวหน้านำสิ่งสกปรกที่ปกคลุมออกแล้วจึงขุดเข้าโรงงานล้างดินหรือจำหน่ายได้เลย อีกวิธีคือการขุดเป็นลักษณะอุโมงค์สั้น ๆ ในทิศทางต่าง ๆ กัน และถ้ามีการล้างดินจะนิยมใช้วิธีอาศัยลมทำให้เกิดการลอยตัว (Air–float) ด้วยการผ่านก้อนดินไปยังเครื่องแยกสลายแบบหมุน ทำการหมุนเม็ดดินที่ละเอียดจะถูกลมร้อนพัดออกไป วิธีการนี้นิยมใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องของสหรัฐอเมริกา สำหรับดินเหนียวในประเทศไทยไม่นิยมล้าง เนื่องจากดินเหนียวมีความละเอียดมากทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย

จะเห็นได้ว่าดินเป็นวัตถุดิบที่มีอยู่ทั่วๆไป ถ้าได้มีการศึกษาวิจัย ทดลอง ก็จะพบว่ายังมีแหล่งดินอีกมากมายที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาได้โดยเฉพาะดินสโตนแวร์ เป็นดินที่ค่อนข้างเหนียวเนื้อละเอียด คล้ายกับบอลเคลย์ เพียงแต่มีปริมาณฟลักซ์อยู่มาก ทำให้จุดสุกตัวต่ำ รวมทั้งพวกเหล็กออกไซด์จึงไม่เหมาะที่จะนำไปทำผลิตภัณฑ์สีขาว ดินสโตนแวร์ชั้นดีบางแหล่งสามารถนำมาสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ได้เลย โดยไม่ต้องผสมวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ

หินควอทซ์(Quartz) หรือ ทราย(Sand)เป็นวัตถุดิบที่มีสารประกอบหลักคือซิลิกาซึ่งเป็นสารประกอบที่มีคุณลักษณะเด่นเหมาะสมกับงานเซรามิกส์อย่างมาก เนื่องจากซิลิกาสามารถรวมตัวได้อย่างอิสระกับออกไซด์อื่น โดยเฉพาะออกไซด์ที่เป็นด่าง จึงทำให้เกิดสารประกอบที่ซับซ้อนหลายรูปแบบ ในธรรมชาติซิลิกาจะรวมตัวกับสารประกอบอื่นจนเกิดเป็นแร่ชนิดซิลิเกต (Silicate) ได้จำนวนมาก จนอาจกล่าวได้ว่าสารประกอบซิลิกามีมากที่สุดในส่วนประกอบของเปลือกโลกเลยทีเดียว โดยเฉพาะโครงสร้างของซิลิกาในลักษณะควอตซ์ ส่วนโครงสร้างแบบไทรไดไมต์ และคริสโทบาไลต์นั้นพบน้อยมากในธรรมชาติ เนื่องจากเป็นโครงสร้างที่เกิดจากการกระทำของพลังงานความร้อนในอุณหภูมิสูงนั่นเอง และถ้าเราต้องการซิลิกา ในลักษณะไทรไดไมต์ หรือคริสโทบาไลต์ หากเพียงแต่นำซิลิกาในลักษณะควอตซ์มาเผาให้ถึงอุณหภูมิ 870-1470 องศาเซลเซียส จะได้โครงสร้างแบบไทรไดไมต์ และถ้าต้องการโครงสร้างแบบ คริสโทบาไลต์ ก็เผาให้อุณหภูมิสูงตั้งแต่ 1470 องศาเซลเซียส ขึ้นไป จนถึงจุดหลอมละลาย หรือใส่สารประกอบที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการหลอมละลายลงไปในควอตซ์ แล้วเผาที่อุณหภูมิเหมาะสมก็จะสามารถสร้างซิลิกาให้มีลักษณะโครงสร้างแบบไทรไดไมต์ หรือคริสโทบาไลต์ได้

ซิลิกาเป็นสารประกอบหลักของเซรามิกส์ประเภทซิลิเกต เช่น งานเครื่องปั้นดินเผา ทุกชนิดจะมีซิลิกาทั้งในเนื้อดินปั้นและในเคลือบ โดยซิลิกาจะทำหน้าที่เป็นโครงสร้าง ลดการหดตัว ป้องกันการแตกร้าวและบิดเบี้ยวเมื่อแห้ง หรือเพิ่มความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น และทำหน้าที่เป็นเนื้อแก้วในเคลือบและในงานผลิตวัสดุประเภทแก้ว (Glass) ซึ่งจะต้องใช้กรรมวิธีหลอมซิลิกาให้เป็นของเหลวก่อนนำไปขึ้นรูป ซิลิกาจึงมีบทบาทสูงสุดในอุตสาหกรรมประเภทนี้

ด้วยสมบัติที่พิเศษคือ สามารถรวมตัวได้กับออกไซด์อื่น ๆ ได้อย่างอิสระจึงก่อให้เกิดสารประกอบชนิดใหม่ที่มีความซับซ้อนขึ้นอย่างมากมาย ในธรรมชาติซิลิกาจะรวมตัวกับสารประกอบออกไซด์อื่น โดยเฉพาะออกไซด์ประเภทด่างจนเกิดเป็นโครงสร้างของแร่ต่าง ๆ ได้หลายชนิด เช่น แร่ดินขาว (Kaolin) เฟลด์สปาร์ (Feldspar) ทัลก์ (Talc) เป็นต้น ถ้านำซิลิกามาสร้างเป็นวัสดุชนิดใหม่ ๆ โดยผสมกับสารประกอบชนิดอื่นก็สามารถกระทำได้เช่นกัน

1) **ควอตซ์ (Quartz) แร่ ควอตซ์ หรือ หินแก้ว** เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า **หินเขี้ยวหนุมาน** เป็นหินที่มีปริมาณของซิลิกาอยู่มาก เป็นแร่ที่มีผลึกเนื้อแน่น ผลึกมีหลายขนาด ความแข็งอยู่ในระดับ 7 ความถ่วงจำเพาะ 2.65 รอยแตกเว้า แววววาวคล้ายแก้ว บางทีก็คล้ายเทียนไข อาจมีสีขาวหรือไม่มีสี และถ้ามีสิ่งเจือปนอยู่จะทำให้เกิดสีต่าง ๆ ที่สวยงาม สูตรทางเคมีของควอตซ์ คือ SiO_2 แสดงว่ามีซิลิกาอยู่ในส่วนประกอบเพียงอย่างเดียว จึงถือว่าเป็นสารที่มีความบริสุทธิ์มากและมีสมบัติทางฟิสิกส์ค่อนข้างคงที่ แต่อาจจะมีแร่อื่น ๆ ปะปนอยู่บ้างเล็กน้อย เช่น ลิเทียม โซเดียม โพแตสเซียม อะลูมิเนียม เหล็ก แมงกานีส และไทเทเนียม ซึ่งควอตซ์แต่ละแหล่งจะมีปริมาณของซิลิกาใกล้เคียงกัน แตกต่างกันที่ปริมาณของธาตุที่ปะปนอยู่

ควอตซ์มีอยู่หลายชนิด ซึ่งวิธีการทางแร่จะแบ่งเป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือ พวกที่เกิด เป็นผลึกหรือมีผลึกหยาบ (Coarsely Crystalline Varielies) เช่น ผลึกควอตซ์ใส (Rock Crystal) ซึ่งไม่มีสิ่งเจือปนอยู่เลย ควอตซ์สีม่วง (Amethyst) จะมีเหล็กปะปนอยู่ ควอตซ์สีชมพู (Rose Quartz) มีไทเทเนียมปะปนอยู่ หรืออะเวนจูรีน (Aventurine) ซึ่งเป็นผลึกขนาดเล็กของควอตซ์ เป็นต้น และควอตซ์ที่เกิดเป็นผลึกละเอียดมากจนมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น (Cryptocrystalline Varieties) เช่น คาร์เนเลียน (Carnelian) มีสีส้มอมแดง ซาร์ด (Sard) ออกสีแดงทึบ เป็นต้น และอีกพวกหนึ่งคือ ควอตซ์ที่มีลักษณะเป็นมวลเมล็ด (Granular Varieties) เช่น หินเหล็กไฟ (Flint) เป็นต้น (กรมทรัพยากรธรณี, 2526, หน้า 222-230)

2) ทราย(Sand) ตามความหมายของวิชาตะกอนศาสตร์(Sedimentology) จะหมายถึงเม็ดวัตถุตะกอนที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ตั้งแต่ 2.000 - 0.063 มิลลิเมตร ซึ่งประกอบ ด้วยวัตถุที่เป็นเศษหินเศษแร่ ขนาดเล็ก มีลักษณะร่วนซุยไม่เกาะติดกัน อาจเป็นแร่เขี้ยวหนุมาน (quartz) ทรายมีการเกิดตามธรรมชาติด้วย กระบวนการกัดกร่อน และผุสลายจากหินและแร่ที่เป็นต้นกำเนิด จากนั้นอาจถูกกระแสน้ำ คลื่นแรงโน้มถ่วง และลม พาไปสะสมอยู่ในบริเวณภูมิประเทศลักษณะต่างๆ ทรายที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติมีทั้งทรายที่สะสมตัวบนบก โดยกระบวนแม่น้ำลำธาร กระแสลม และทรายที่สะสมในทะเลที่สัมพันธ์กับคลื่นและกระแสน้ำ สำหรับตะกอนกรวด (gravel) นั้น จะหมายถึงตะกอนที่มีขนาดใหญ่กว่า 2.00 ทรายที่ใช้ในอุตสาหกรรม หรือ ทรายอุตสาหกรรม จะหมายถึงทรายแก้ว (silica sand) เป็นทรายที่มีปริมาณซิลิกาไดออกไซด์ (SiO_2) มากกว่าร้อยละ 95 และมีสารประกอบอื่นๆ เจือปนอยู่ได้ในปริมาณเล็กน้อย โดยเฉพาะมีเหล็กหรือเฟอร์ริกออกไซด์ควรไม่เกินร้อยละ 1 เป็นวัตถุดิบหลักในอุตสาหกรรมกระจก แก้ว

ทรายแก้วเป็นแร่ควอตซ์มีส่วนประกอบทางเคมีที่เป็นธาตุสำคัญ ได้แก่ ซิลิกอนและออกซิเจนจับตัวกันเป็นสารประกอบซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) หรือซิลิกา มีลักษณะปั้นเม็ด มีเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 0.0625-2 มิลลิเมตร ทรายมีความแข็ง 7 ตาม Mohr's scale ทำให้มีความคงทนต่อการผุกร่อนสูง มีความถ่วงจำเพาะ 2.6 ทรายแก้วเป็นทรายบริสุทธิ์ที่มีซิลิกามากกว่าร้อยละ 95 มีจุดหลอมเหลวที่ 1,710 องศาเซลเซียส สีใส ขาว สะอาด แต่อาจมีสีอื่นปน ไม่มีแนวแตกเรียบ มีรอยแตกแบบฝาหอย สิ่งเจือปนที่มักพบได้แก่ เหล็ก แร่ดินและสารอินทรีย์ซึ่งมีผลทำให้แก้วไม่โปร่งใสและสูญเสียความแข็ง โดยเฉพาะ Fe_2O_3 ควรน้อยกว่าร้อยละ 1 Cr_2O_3 ควรมีน้อยกว่า ร้อยละ 0.00006 และ Al_2O_3 ควรมีน้อยกว่า ร้อยละ 4 แร่ที่ทำให้เกิดทรายแก้วมี 6 ชนิด ได้แก่ ควอตซ์ (quartz) คาลซิโนี (chalcedony) โอปอ (opal)ไทรดิไมต์ (tridymite) คริสโทบาไลต์ (cristobalite) และเลอชาเทเลียไรต์ (lechatelierite) ซึ่งล้วนมีส่วนประกอบทางเคมี คือ SiO_2 (พิทักษ์ รัตนจารุรักษ์ ,ปรับปรุง จาก อัศวิน ไตรญาณ2550:www.dmr.go.th)

เฟลด์สปาร์ (Feldspar)หรือ หินฟันม้า เป็นแร่ในกลุ่มซิลิเกตที่มีความสำคัญชนิดหนึ่ง ซึ่งเกิดจากการแปรสภาพของหินแกรนิต มีลักษณะเป็นหินทึบสีขาวนวล มีธาตุอะลูมิเนียม ซิลิกอน โพแทส-เซียม โซเดียม และแคลเซียม เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ผลึกอยู่ในระบบโมโนคลินิกและ ไทรคลินิก มีแนวแตกเรียบ 2 แนว

เกือบจะตั้งฉากกัน มีความแข็งประมาณ 6 มีความถ่วงจำเพาะ 2.55-2.76 มีอยู่ด้วยกันหลายชนิด แตกต่างกันที่ส่วนประกอบทางเคมีและลักษณะอื่น ๆ

การนำเฟลด์สปาร์มาใช้ในงานด้านเซรามิกส์นั้น จะใช้เป็นตัวเชื่อมประสานเพื่อก่อให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดเนื้อแก้วในส่วนผสมของเซรามิกส์ โดยเป็นตัวส่งเสริมให้เกิดมีการหลอมตัวเป็นเนื้อแก้วและช่วยให้มีความโปร่งแสงได้ดียิ่งขึ้น มักใช้เฟลด์สปาร์เป็นตัวช่วยลดจุดหลอมละลาย (Flux) เบื้องต้นที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส ทั้งในเคลือบและในเนื้อดินปั้น หรือ เอ็นโกบ (Engobe) เฟลด์สปาร์หลายชนิดเริ่มต้นหลอมที่อุณหภูมิ 1180 องศาเซลเซียส ไปจนเป็นของเหลวในอุณหภูมิ 1500 องศาเซลเซียส(Fourner, 1977, p. 81)

เฟลด์สปาร์ ถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ทั้งเครื่อง ปั้นดินเผาและแก้ว ด้วยมีสมบัติที่สำคัญ 2 ประการคือ

1. จุดหลอมตัวต่ำ ผงเฟลด์สปาร์ที่ผสมอยู่ในโครงสร้างของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ในปริมาณที่เหมาะสมจะหลอมตัวเยิ้มเป็นแก้วภายในเนื้อเซรามิกส์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อแข็งแกร่ง ซึ่งสมบัตินี้จะได้จากสารประกอบโพแทสเซียม (K_2O) และโซเดียม (Na_2O) ที่มีอยู่ในแร่ โดยเฟลด์สปาร์ที่มีปริมาณโซเดียมมากกว่าโพแทสเซียมจะมีจุดหลอมตัวต่ำกว่า จึงนิยมใช้ในอุตสาหกรรมแก้ว ส่วนอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผานิยมใช้เฟลด์สปาร์ที่มีปริมาณโพแทสเซียมมากกว่าโซเดียม

2. แร่เฟลด์สปาร์มีอะลูมินา (Al_2O_3) และซิลิกา (SiO_2) แร่เฟลด์สปาร์จะมีอะลูมินา (Al_2O_3) และซิลิกา (SiO_2) อยู่ในส่วนประกอบ เมื่อหลอมตัวอะลูมิเนียม (Al) สามารถเข้าแทนที่ซิลิกอน (Si) ในซิลิกาได้ ทำให้แก้วหรือเคลือบมีความเหนียว ทนทานต่อการกระทบเสียดสีความกดดัน ทนต่อกรดและด่าง รวมทั้งต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว (Thermal Shock)

โดยทั่วไปเฟลด์สปาร์ประกอบด้วยสารประกอบ 3 ชนิด คือ อะลูมินา (Al_2O_3) ซิลิกา (SiO_2) และอัลคะไลส์ (Alkalies) เช่น K_2O, Na_2O, Li_2O หรืออัลคะไลน์เอิร์ท (Alkaline Earth) เช่น CaO และ BaO เป็นต้น การแบ่งชนิดของเฟลด์สปาร์ จะแบ่งตามชนิดของสารประกอบในกลุ่มอัลคะไลส์ หรืออัลคะไลน์เอิร์ทเป็นหลัก

ชนิดของเฟลด์สปาร์เฟลด์สปาร์มีอยู่หลายชนิด โดยจำแนกตามส่วนประกอบทางเคมี ที่สำคัญและพบมากมีอยู่ 2 ชนิด คือ

1) โพแทสเฟลด์สปาร์ (Potash Feldspar) เป็นเฟลด์สปาร์ชนิดที่มีสูตรทางเคมี คือ $K_2O.\ Al_2O_3.\ 6SiO_2$ มักพบอยู่ในรูปของแร่ 2 ชนิด คือ

1.1) ออร์โทเคลส (Orthoclase) มีรูปผลึกระบบโมโนคลินิก เป็นผลึกขนาดใหญ่เนื้อสมานกันแน่น ไม่ค่อยพบผลึกขนาดเล็ก ๆ มีแนวแตกเรียบ 2 แนว ทำมุม 90 องศา มีความแข็งระดับ 6 ความถ่วงจำเพาะ 2.57 มีความแวววาวคล้ายแก้ว มีหลายสี เช่น สีขาว เทา แดงเข้ม หรือไม่มีสี สีผงขาวชนิดที่ไม่มีสีจะโปร่งใสถึงโปร่งแสง เรียกว่า อะดูลาเรีย (Adularia) สีเหลือบขาวนวลคล้ายแสงจันทร์เรียกว่า มูนสโตน (Moonstone) หรือจันทรกานต์ และซานิดีน (Sanidine) มีลักษณะคล้ายแก้ว เนื้อผลึกโปร่งใส เป็นต้น

ออร์โทเคลส เกิดในขณะที่มีการตกผลึกของหินอัคนี และอาจเกิดจากสารละลายน้ำแร่ร้อน (Hydrothermal Solution) เกิดในหินเพกมาไทต์ (Pegmatite) เกิดในหินอัคนีชนิดต่างๆ เช่น หินแกรนิต ไซยาไนต์ (Syenite) และเนฟิลีน-ไซยาไนต์ (Nepheline-Syenite) หรือเกิดร่วมกับควอตซ์ (Quartz) มัสโคไวต์ (Muscovite) และแอลไบต์ (Albite)

1.2) ไมโครไคลน์ (Microcline) มีส่วนประกอบทางเคมีเช่นเดียวกับออร์โทเคลส แตกต่างกันที่ผลึกขนาดเล็กเป็นระบบไตรคลินิก อาจเกิดเป็นผลึกแฝด แนวแตกเรียบ 2 แนว

ทำมุมเอียงไปเล็กน้อยไม่ตั้งฉาก มีความแข็งระดับ 6 ความถ่วงจำเพาะ 2.54-2.57 วาวคล้ายแก้ว สีขาว เหลืองอ่อนหรือสีแดง ชนิดที่มีสีเขียว เรียกว่า อะแมซอนสโตน (Amazon Stone) ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องประดับที่สวยงามได้ชนิดหนึ่ง

โพแทสเฟลด์สปาร์ ทั้ง 2 ชนิด มักเกิดในแหล่งเดียวกัน ในประเทศไทยพบอยู่ในหินแกรนิต เพกมาไทต์และไนส์ (Gneiss) ทุกแหล่ง เช่น ราชบุรี เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน กาญจนบุรี อุทัยธานี และตาก ส่วนในต่างประเทศพบมากที่นอร์เวย์ และสหรัฐอเมริกา

2) แพลจิโอเคลสเฟลด์สปาร์ (Plagioclase Feldspar) แพลจิโอเคลสเฟลด์สปาร์ (Plagioclase Feldspar) เป็นเฟลด์สปาร์ที่เกิดในลักษณะโซลิดโซลูชั่น (Solid Solution) คือ จากแอลไบต์ที่บริสุทธิ์ หรือโซดาเฟลด์สปาร์ ($Na_2O. Al_2O_3. 6SiO_2$) ถึงอะนอร์ไทต์บริสุทธิ์ หรือแคลเซียมเฟลด์สปาร์ ($CaO. Al_2O_3. 2SiO_2$) แคลเซียมจะเข้าแทนที่โซเดียมในสัดส่วนเท่าใดก็ได้ และในขณะเดียวกันอะลูมิเนียมจะเข้าแทนที่ ซิลิกอนอย่างเป็นสัดส่วนกัน

แพลจิโอเคลสเฟลด์สปาร์ ซึ่งบางครั้ง เรียกว่า โซดาไลม์เฟลด์สปาร์ (Soda-Lime Feldspar) เป็นรูปผลึกไทรคลินิก ที่อาจเกิดเป็นผลึกแผดตรงผิวหน้าผลึกหน้าใดหน้าหนึ่ง หรือ ทั้ง 2 หน้า จะมีร่องขนาดถี่ๆ เห็นได้ชัดมาก มีทั้งชนิดเนื้อสมานแน่น หรืออาจเกิดเป็นมวลเมล็ดในหินอัคนี แนวแตกเรียบ 2 แนวเอียงทำมุมกันมากกว่า 90 องศา คือ แอลไบต์ทำมุม 93 องศา 34 ลิปดา และอะนอร์ไทต์ ทำมุม 99 องศา 12 ลิปดา มีความแข็งระดับ 6 ความถ่วงจำเพาะของแอลไบต์ 2.62 และจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีปริมาณแคลเซียมเพิ่ม ซึ่งเมื่อเป็นอะนอร์ไทต์จะมีความถ่วงจำเพาะสูงที่สุด 2.76 สีของแพลจิโอเคลส มีสีขาว เทา เขียว แดงเข้ม หรือไม่มีสี แววววาวคล้ายแก้วและมุก เนื้อผลึกมีลักษณะโปร่งใสถึงโปร่งแสง

แพลจิโอเคลสเฟลด์สปาร์ เป็นแร่ประกอบอยู่ในหินอัคนี หินแปร และหินชั้น มักเกิดร่วมกับออร์โทเคลสและไมโครไคลน์ในหินแกรนิต ไซยาไนต์ ไรโอไลต์ (Rhyorite) และทราไคต์ (Trachite) การแบ่งชนิดของหินอัคนีส่วนใหญ่ดูจากปริมาณของเฟลด์สปาร์เป็นหลัก คือ ถ้ามีเปอร์เซ็นต์ของซิลิกาในหินมากขึ้นเท่าใด หินนั้นก็จะยิ่งมีสีอ่อน (Color Index) และถ้ามีโพแทสเฟลด์สปาร์มากก็จะมีแพลจิโอเคลสเฟลด์สปาร์จำพวกโซเดียมมากขึ้น

แหล่งเฟลด์สปาร์ในประเทศไทยได้มีการสำรวจพบแร่เฟลด์สปาร์อยู่กระจัดกระจายเกือบทั่วทุกภาคของประเทศ ยกเว้น ภาคตะวันออก เฉียงเหนือ โดยพบทั้งประเภทโพแทชเฟลด์สปาร์ โซดาเฟลด์สปาร์ และเฟลด์สปาร์ผสม สำหรับบริเวณที่มีศักยภาพ ทางแร่เฟลด์สปาร์ สามารถจำแนกตามภาคต่างๆ ได้ดังนี้ (กรมทรัพยากรธรณี. www.dmr.go.th)

1. ภาคเหนือ บริเวณอำเภอฮอด อำเภอจอมทอง และอำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ บริเวณอำเภอลี้ จังหวัดลำพูน

2. ภาคกลาง บริเวณอำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี

3. ภาคตะวันตก บริเวณ อำเภอสามเงา อำเภอบ้านตาก และ อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก บริเวณอำเภอบ่อพลอย และอำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี บริเวณกิ่งอำเภอสวนผึ้ง และอำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี บริเวณอำเภอทับสะแก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

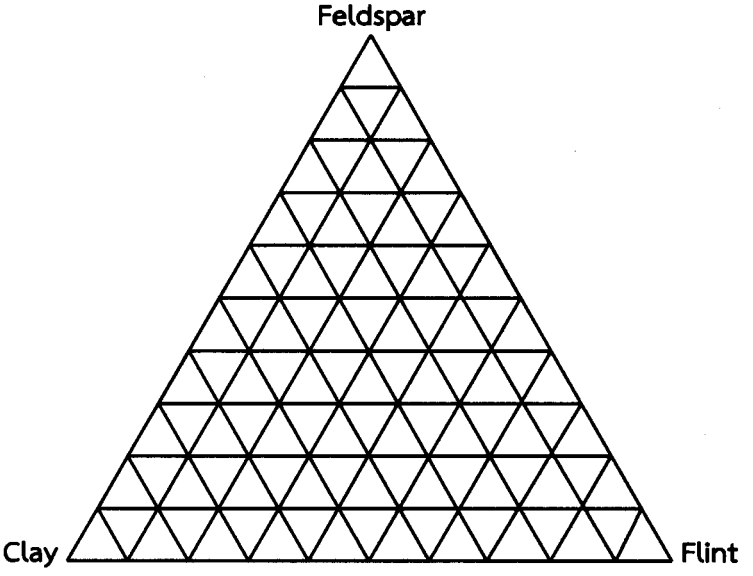
4. ภาคตะวันตก บริเวณอำเภอทับสะแก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

5. ภาคใต้ บริเวณอำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช

2.2.4 การกำหนดส่วนผสมเนื้อดินปั้นจากตารางสามเหลี่ยม

จากปัจจัยทั้งสามประการที่ส่งผลต่อการกำหนดส่วนผสมให้ได้คุณสมบัติของเนื้อเซรามิกตาม ความต้องการ เนื้อเซรามิกแบบดั้งเดิมซึ่งผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ใช้งานกันมากในชีวิตประจำวันนั้น จะเป็นเนื้อเซรามิก

ประเภทที่มีดินเป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งมีส่วนประกอบพื้นฐานของวัตถุดิบหลักสามกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มดิน ที่ช่วยให้มีความเหนียวในการขึ้นรูป กลุ่มควอทซ์ ช่วยในด้านการป้องกันการแตกร้าวในกระบวนการทำให้แห้ง และการเผา และ กลุ่มเฟลด์สปาร์ ที่ช่วยในการลดอุณหภูมิในการหลอมเหลว ซึ่งการกำหนดส่วนผสมจะแสดงสูตรส่วนผสมของวัตถุดิบทั้ง 3 กลุ่มในตารางสามเหลี่ยม(Triaxial diagram) ที่แสดงให้เห็นว่าในแต่ละจุดภายในแผนภาพตารางสามเหลี่ยมนั้นจะมีคุณสมบัติของเนื้อเซรามิกที่เหมาะกับการนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันไปเนื้อเซรามิกประเภทนี้จะเรียกว่า **"เนื้อเซรามิก Triaxial"**



ภาพที่ 5 แผนภาพตารางสามเหลี่ยม (Triaxial diagram) (Sonja S. Singer,1960,p. 398)

จากแผนภาพตารางสามเหลี่ยมจะเห็นได้ว่า ในส่วนผสมที่มีดินอยู่ในปริมาณน้อย อาจมีความเหนียวไม่เพียงพอ สำหรับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์นิยมแก้ปัญหาโดยใช้เบนโทไนต์ (Bentonite) ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีความเหนียวมากกว่าดินเหนียวธรรมดา 2-3 เท่า เป็นสารเพิ่มเติมในปริมาณเล็กน้อย หรืออาจใช้สารอินทรีย์บางอย่างที่มีคุณสมบัติด้านความเหนียว ซึ่งในทางทฤษฎีกาที่จะใช้สารนินทรีย์ใดๆผสมในการเตรียมเนื้อเซรามิกนั้นจะไม่ส่งผลต่อคุณสมบัติหลังการเผา

การกำหนดสูตรส่วนผสมของวัตถุดิบในเนื้อเซรามิกโดยแผนภาพตารางสามเหลี่ยมนั้นนิยมใช้กับงานเซรามิกแบบดั้งเดิม ซึ่งการสร้างส่วนผสมที่ให้มีความเหมาะสมกับความต้องการนั้นอาจใช้การปรับเปลี่ยนไปได้โดยการใช้วัตถุดิบทั้ง 3 ชนิดจากแหล่งที่แตกต่างกัน จะทำให้ได้ข้อมูลใหม่ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแหล่งวัตถุดิบ ดังนั้นการนำเสนอองค์ประกอบของเนื้อเซรามิกในลักษณะเปรียบเทียบจึงเป็นเรื่องยากมาก แต่วิธีการการกำหนดสูตรส่วนผสมของวัตถุดิบในเนื้อเซรามิกโดยแผนภาพตารางสามเหลี่ยมถือได้ว่าเป็นธรรมชาติมากที่สุด แต่องค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อเซรามิกจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุดิบที่แตกต่างกันไปจากแหล่งต่างๆ จึงทำให้ไม่สามารถนำสูตรส่วนผสมมาใช้โดยได้ตรงกับดิน เฟลด์สปาร์ และควอทซ์ ที่แตกต่างกัน

วิธีแก้ปัญหานี้จำเป็นต้องนำสูตรส่วนผสมจากแผนภาพตารางสามเหลี่ยมมาประยุกต์ใช้ โดยกระบวนการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และและทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของ ดิน, ควอทซ์และ

เฟลด์สปาร์ ซึ่งจะได้ข้อมูลที่บ่งบอกถึงองค์ประกอบที่แท้จริงของส่วนผสมเนื้อเซรามิกนั้น ซึ่งจะมีประโยชน์และประสบผลสำเร็จในการนำมาประยุกต์ใช้งานกับวัตถุดิบแหล่งอื่นได้เป็นอย่างดี

2.2.5 การทดสอบสมบัติของของเนื้อดินปั้นหลังการเผา

เป็นการทดสอบสมบัติภายหลังจากการเผาเนื้อดินปั้นที่อุณหภูมิที่ต้องการ เพื่อศึกษาถึงความแตกต่างของสมบัติในหลาย ๆ ด้าน โดยทั่วไปแล้วควรมีการทดสอบในหัวข้อต่อไปนี้

2.2.5.1 **สิ่งที่สูญหายไปหลังจากการเผา (Loss on Ignition)**

สิ่งที่สูญหายไปหลังจากการเผา (Loss on Ignition) หรือ LOI เป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณของน้ำ สารอินทรีย์ และก๊าซต่าง ๆ ที่ปะปนอยู่ในดิน ซึ่งส่งผลต่อขนาดและน้ำหนักของเนื้อดินปั้นหรือผลิตภัณฑ์หลังจากเผา โดยใช้การสุ่มตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักแล้วเผาที่อุณหภูมิสูงถึงจุดสุกตัว เมื่อออกจากเตาเผาแล้วชั่งน้ำหนักอีกครั้งจึงใช้วิธีคำนวณเช่นเดียวกับการหาความชื้น กล่าวคือ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ของ LOI} = \frac{\text{น้ำหนักหลังการเผา}}{\text{น้ำหนักก่อนการเผา}} \times 100$$

2.2.5.2 **การหดตัวหลังจากเผา (Firing Shrinkage or Burning Shrinkage)**

การหดตัวหลังจากเผา ใช้วิธีการเช่นเดียวกับการหาค่าความหดตัวเมื่อแห้ง ทั้งหดตัวตามปริมาตร และหดตัวตามเส้น เป็นวิธีที่จะช่วยให้เราทราบว่าควรจะสร้างต้นแบบของผลิตภัณฑ์เท่าใดจึงจะได้ขนาดหลังเผาตามต้องการ โดยใช้สูตรดังนี้

$$\%\text{การหดตัวตามเส้น} = \frac{\text{ความยาวก่อนเผา} - \text{ความยาวหลังเผา}}{\text{ความยาวก่อนเผา}} \times 100$$

$$\%\text{ การหดตัวตามปริมาตร} = \frac{\text{ปริมาตรก่อนเผา} - \text{ปริมาตรหลังเผา}}{\text{ปริมาตรก่อนเผา}} \times 100$$

หรือ

$$\%\text{ การหดตัวตามเส้น} = \frac{\left[1 - \sqrt[3]{\%\text{การหดตัวตามปริมาตรหลังเผา}}\right]}{100} \times 100$$

2.2.5.3 การดูดซึมน้ำ (Water Absorption)

การดูดซึมน้ำ ภายหลังจากเผาที่อุณหภูมิต่าง ๆ แล้ว ควรมีการทดสอบการดูดซึมน้ำซึ่งช่วยให้ทราบถึงภาวะที่เหมาะสมกับการชุบเคลือบ หรือทราบว่าถึงจุดสุกตัวหรือไม่ ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำดินนั้นมาใช้งาน การทดสอบด้วยการนำแท่งทดลองที่ผ่านการเผาแล้วมาชั่งน้ำหนักแล้วแช่น้ำให้อิ่มตัว บางครั้งอาจใช้การต้มด้วยหม้อต้มแรงดัน (Autoclave) เพื่อให้น้ำแทรกเข้าไปอยู่ตามช่องว่างหรือรูพรุนได้อย่างทั่วถึง หลังจากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งก่อนนำไปคำนวณตามสูตร

$$\%\text{การดูดซึม น้ำ} \frac{(sf - wf)}{wf} \times 100$$

เมื่อ sf = น้ำหนักของแท่งทดลองที่อิ่มน้ำ

wf = น้ำหนักของแท่งทดลองหลังเผา

2.2.5.4 สีหลังเผา (Fired Colour)

สีหลังเผา (Fired Colour) โดยทั่วไปดินมักจะไม่บริสุทธิ์ สีของดินหลังเผาจึงแตกต่างกันไปตามชนิดและปริมาณของสารที่ปะปนอยู่โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Fe_2O_3 และ TiO_2 จะเป็นตัวลดความขาวของดินลงอย่างชัดเจน ดังนั้นการทดสอบสีของดินหลังเผาจะช่วยในการพิจารณาเลือกใช้ดินได้เหมาะสมกับงานที่ต้องการ ในกรณีถ้าต้องการลักษณะสีขาวจะต้องพิจารณาเป็นพิเศษ ปกติสามารถเปรียบเทียบสีของดินจากแหล่งต่าง ๆ ได้ด้วยตาเปล่า แต่ถ้าสีใกล้เคียงกันมากอาจใช้เครื่อง "Spectro Photometer" เป็นอุปกรณ์ในการเปรียบเทียบสีก็ได้

2.2.5.5 ความแข็งแรงหลังเผา (Firing Strangth)

ความแข็งแรงหลังเผา (Firing Strangth) เป็นการทดสอบหาค่าความต้านทานต่อแรงที่มากระทำต่อเนื้อดินปั้น โดยทั่วไปจะทำการทดสอบด้วยแรงกด (Compressive Strength) ซึ่งการทดสอบนี้จะช่วยให้เราสามารถวางแผนกระบวนการผลิต และการกำหนดขนาดของผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมได้ สำหรับการคำนวณหาค่าความแข็งแรงหรือค่าความต้านทานต่อแรงกดของดินแห้งมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นแรก นำตัวอย่างเนื้อดินปั้นมาทำการขึ้นรูปเป็นแท่งที่มีขนาด กว้าง ยาวและหนาชัดเจน เช่น กว้าง ½ นิ้ว ยาว 3 นิ้ว และหนา ½ นิ้ว หรือขนาดอื่นตามความเหมาะสม แต่ไม่ควรเล็กเกินไปเพราะอาจเกิดการคลาดเคลื่อนในการวัดขนาดและการโค้งงอเมื่อแห้งได้

ขั้นที่สอง นำแท่งตัวอย่างมาอบให้แห้งสนิท นำเข้าเตาเผาตามอุณหภูมิที่กำหนด แล้วนำมาทดสอบความต้านทานต่อแรงกดด้วยเครื่อง "Modulus Of Rupture (MOR) Machine" โดยวางแท่งทดลองบนคานทั้งสองข้างแล้วใช้แรงกดลงตรงกึ่งกลางที่ยึดเอาระยะห่างระหว่างคานทั้งสองเป็นหลัก จนกระทั่งแท่งทดลองนั้นหักลง พร้อมทั้งทำการบันทึกค่าน้ำหนักที่ทำให้แท่งทดลองหัก ซึ่งอาจใช้หน่วย กิโลกรัม (kg.) หรือปอนด์ (lbs.) ก็ได้ ขึ้นอยู่กับประเภทของมาตราที่เราใช้เป็นหลักในการวัดขนาดของแท่งทดลอง

ขั้นที่สาม คำนวณหาค่าความแข็งแรงตามสูตร

$$m = \frac{3pl}{2bd^2}$$

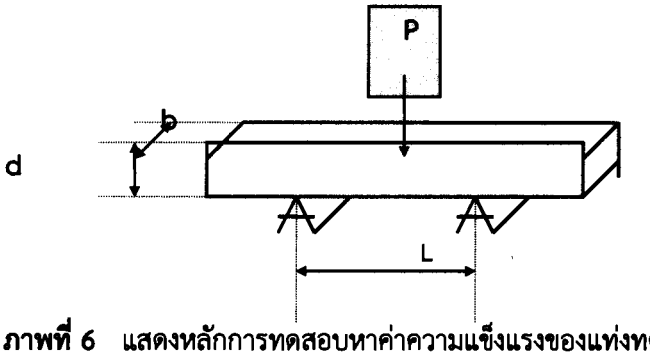
เมื่อ m = ค่าความแข็งแรง (MOR) มีหน่วยเป็น กิโลกรัม/ตารางเซ็นติเมตร ($kg./cm^2$) หรือ ปอนด์/ตารางนิ้ว (lbs/in^2)

p = น้ำหนักที่ทำให้แท่งทดลองหัก

l = ความยาวระหว่างคานทั้งสอง

b = ความกว้างของแท่งทดลอง

d = ความหนาของแท่งทดลอง



ภาพที่ 6 แสดงหลักการทดสอบหาค่าความแข็งแรงของแท่งทดลองเนื้อดินปั้น

2.3 ความรู้เกี่ยวกับเคลือบ

2.3.1 ความหมายของเคลือบเซรามิก

Budnikov(1964: 460) กล่าวว่า เคลือบหมายถึง วัสดุชนิดหนึ่งที่มีลักษณะคล้ายแก้ว ฉาบอยู่บนผิวผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาหนาประมาณ 0.1-0.3 ม.ม.

โกมล รักษ์วงศ์(2531:62)กล่าวว่า เคลือบ(Glazes) เป็นวัสดุชนิดหนึ่งที่เป็นสารประกอบที่ได้จากการนำวัตถุดิบจากธรรมชาติและสารเคมีประเภทออกไซด์ต่างๆมาบดผสมกันในสัดส่วนที่เหมาะสมนำมาเคลือบผิวผลิตภัณฑ์เซรามิกแล้วเผาให้หลอมเป็นเนื้อเดียวกัน

ปรีดา พิมพ์ขาวขำ (2547:153)กล่าวว่า เคลือบคือ ชั้นบาง ๆ ของแก้วที่ฉาบอยู่บนผิวผลิตภัณฑ์เซรามิกอย่างต่อเนื่อง โดยทั่วไปแล้วเตรียม ได้จากการหลอมส่วนผสมของสารประกอบซิลิเกต หรืออาจพูดได้ว่า เคลือบคือสารประกอบซิลิเกตซึ่งเมื่อถูก ความร้อนแล้วจะหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกันฉาบอยู่บนผิวของผลิตภัณฑ์ มีลักษณะโปร่งใส แข็งแกร่ง ทนต่อกรดและด่างได้เป็นอย่างดี โดยทั่วไปแล้วเคลือบมีสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีคล้ายแก้ว คือ มีความแข็ง ไม่ละลายหรือละลายได้น้อยมากในสารละลายเคมี นอกจากกรดกัดแก้ว(HF) และด่างแก่ (Strong base) และไม่ยอมให้ของเหลวและก๊าซซึมผ่านได้ แต่เคลือบจะมีส่วนประกอบทางเคมีซับซ้อนกว่าแก้ว เคลือบที่พบเห็นโดยทั่วไปจะมีความมันวาวและสะท้อนแสงได้ สามารถมองเห็นเนื้อดินที่เคลือบ เคลือบชนิดนี้เรียกว่า เคลือบใส (Transparent or clear glaze) แต่ถ้าผิวไม่มัน เรียกว่าเคลือบด้าน (Matt glaze) ส่วนเคลือบที่สามารถปิดบังผิวของเนื้อดินได้เรียกเคลือบชนิดนี้ว่า เคลือบทึบ (Opaque glaze) จะมีสี หรือไม่มีสีก็ได้ขึ้นอยู่กับส่วนผสมของเคลือบ

สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ (2531:1)กล่าวว่าเคลือบคือสารประกอบซิลิเกต(Silicate) ผสมกับสารประกอบอย่างอื่นที่เป็นตัวช่วยหลอมเหลวซึ่งเรียกว่าฟลักซ์(Flux) อาจมีออกไซด์ของโลหะผสมลงไปด้วยเพื่อทำให้เกิดสีและทึบแสงในเคลือบ เมื่อเผาถึงจุดหลอมเหลวแล้วจะมีลักษณะเหมือนแก้วบางๆฉาบติดอยู่บนผิวผลิตภัณฑ์

อาจสรุปได้ว่า เคลือบหมายถึงวัสดุชนิดหนึ่งที่มีลักษณะคล้ายแก้ว ฉาบอยู่บนผิวผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาหนาประมาณ 0.1-0.3 ม.ม.ทำจากสารประกอบซิลิเกต(Silicate) ผสมกับสารประกอบอย่างอื่นที่เป็นตัวช่วยหลอมเหลวซึ่งเรียกว่า ฟลักซ์ (Flux)อาจมีออกไซด์ของโลหะผสมลงไปด้วยเพื่อทำให้เกิดสีหรือลักษณะพิเศษตามที่ต้องการเมื่อเผาถึงจุดหลอมเหลว

2.3.2 วัตถุประสงค์ของการเคลือบ

การเคลือบผลิตภัณฑ์เซรามิกมีวัตถุประสงค์ดังนี้(ทวี พรหมพฤกษ์.2523:95)

2.3.2.1 เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ความสวยงาม

2.3.2.2 เพื่อป้องกันผลิตภัณฑ์ของเหลว และก๊าซซึมผ่าน

2.3.2.3 เพื่อให้ง่ายต่อการทำความสะอาดผิวผลิตภัณฑ์

2.3.2.4 เพื่อเพิ่มให้ผลิตภัณฑ์ความแข็งแกร่ง และทนต่อการกัดกร่อน

2.3.2.5 เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความทนทานต่อการเสียดสี

2.3.2.6 เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีสมบัติเฉพาะอย่าง เช่น ทางด้านไฟฟ้า แสง เคมี เป็นต้น

2.3.3 การจำแนกชนิดของเคลือบ

เคลือบเซรามิกนั้นมีอยู่หลายชนิด โดยทั่วไปการจำแนกชนิดของเคลือบทำได้หลายลักษณะ ซึ่งมีหลายเกณฑ์ในการแบ่งชนิดดังนี้(สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ 2531:27-28)

2.3.3.1แบ่งตามวัตถุดิบหลักที่ใช้ในส่วนผสม ได้แก่

1) เคลือบตะกั่ว(Lead Glazes)

2) เคลือบเกลือ(Salt Glazes)

3) เคลือบบอแรกซ์ (Borosilicate Glazes)

4)เคลือบเฟลด์สปาร์ (Feldsparthic Glazes)

5) เคลือบขี้เถ้า (Ash Glazes)

2.3.3.2 แบ่งตามลักษณะที่มองเห็น หรือหรือตามลักษณะของผิวเคลือบหลังการเผา ได้แก่

1) เคลือบใส (Transparent or Clear glaze) เป็นเคลือบที่มีลักษณะใสเหมือนแก้วมองเห็นเนื้อดินใต้ผิวเคลือบ

2) เคลือบทึบ(Opaque glaze) เป็นเคลือบที่ใช้ปิดบังผิวของเนื้อดินที่มีสีหรือสีไม่ขาว

3) เคลือบผลึก (Crystalline glaze) เป็นเคลือบที่มีผลึกลอยอยู่ในชั้นของเคลือบ อาจเป็นผลึก รูปเข็ม รูปพัด หรือเป็นดอกดวง ซึ่งจะต้องเผาให้เย็นตัวช้ากว่าปกติผลึกที่มีลักษณะเป็นดอกคล้ายรูปพัดเกิดจากผลึกของวิลเลมไมต์ (willemite) หรือ สังกะสีออกไซด์(Zinc Oxide)

4) เคลือบด้าน (Matt glaze) เป็นเคลือบที่มีลักษณะผิวเรียบไม่มัน เนื่องจากการตกผลึกเล็กๆ ของสารบางตัว หรือการที่สารบางตัวไม่หลอมหรือหลอมไม่หมด

5) เคลือบราน (Crackle glaze) เป็นเคลือบที่มีรอยแตกรานทั่วทั้งผิวของเคลือบ มักนิยมใช้ หมึกสีดำหรือแดงทำให้แทรกซึมลงไปตามรอยแตก ทำให้สวยงามมากขึ้น แต่ไม่เหมาะที่จะใช้ เป็นภาชนะใส่อาหาร เพราะการทำความสะอาดอาจไม่ทั่วถึง

6) เคลือบสี (Colored glaze) เคลือบที่มีสีต่างๆ เตรียมได้จากการผสมสีผงเซรามิก(Stain) หรือออกไซด์ที่ให้สี (Coloring Oxide) เข้าไปในส่วนผสมของเคลือบ

7) เคลือบประกายมุก (Luster glaze) เป็นเคลือบที่มีผิวมัน แววววาวมาก มีประกายคล้ายหอยมุก เมื่อใส่สารให้สี (Coloring oxide) เช่น NiO, Fe_2O_3 จะได้เคลือบสีที่ลักษณะเฉพาะตัวสวยงามมาก เหมาะสำหรับใช้ตกแต่งผลิตภัณฑ์พวกเครื่องประดับตกแต่ง ไม่เหมาะ กับผลิตภัณฑ์ใช้ใส่อาหารเพราะมักมีส่วนผสมของตะกั่ว

2.3.3.3 แบ่งตามอุณหภูมิของเคลือบ (Temperature)

1)เคลือบไฟต่ำ (Low temperature glaze) สุกตัวที่อุณหภูมิประมาณ 800-1,100 องศาเซลเซียส

2)เคลือบไฟกลาง(Medium temperature glaze)สุกตัวที่อุณหภูมิประมาณ 1,150-1,200 องศาเซลเซียส

3)เคลือบไฟสูง(High temperature glaze) สกุตัวที่อุณหภูมิประมาณ 1,230-1,300 องศาเซลเซียส

2.3.3.4 แบ่งตามกรรมวิธีการเตรียมเคลือบ ได้แก่

10 เคลือบดิบ (Raw glaze) เตรียมโดยนำส่วนผสมทุกตัวมาบดผสมในหม้อบดกับน้ำแล้วกรอง ผ่านตะแกรงร่อน นำไปเคลือบผลิตภัณฑ์

2) เคลือบฟริต (Fritted glaze) เตรียมโดยนำส่วนผสมบางอย่างที่ละลายน้ำ เช่น ตะกั่วออกไซด์ บอแร็กซ์ หรือโซดาแอช มาหลอมเป็นฟริตก่อน แล้วจึงนำฟริตที่ได้ไปบดผสมกับส่วนผสมอื่น ๆ อีกครั้ง

2.3.3.5 แบ่งตามส่วนผสมของตะกั่วในเคลือบ

1) เคลือบตะกั่ว (Lead glaze) มีตะกั่วเป็น flux

2) เคลือบที่ไม่มีตะกั่ว (Leasless glaze) มีสารประเภทด่าง (Alkalies) เป็น flux เช่นบอแร็กซ์, โซเดียมคาร์บอเนต(Na_2CO_3), หินฟันม้า เป็นต้น

2.3.4 ความรู้เกี่ยวกับเคลือบฟริต

เคลือบไฟต่ำ (Low fire glazes) เป็นเคลือบที่ต้องใช้อุณหภูมิการเผาต่ำ 1,000 องศาเซลเซียส วัตถุดิบที่ใช้เป็นตัวช่วยหลอม (Flux) ส่วนมากเป็นพวกตะกั่ว (Lead) และบอแรกซ์ (Borax) เนื่องจากเผาที่อุณหภูมิต่ำ จึงทำให้เนื้อดินปั้นไม่สุกตัว ทำให้เนื้อดินปั้นกับเนื้อเคลือบเกาะกันไม่แน่นนัก เนื้อเคลือบมีความแข็งน้อยทำให้ไม่คงทนต่อการขีดข่วน และไม่ทนต่อการกัดกร่อนของกร่อนและด่าง แต่ผิวเคลือบมักมีความแวววาวและสีสดสวย การเผาต้องระวังมาก เพราะเคลือบส่วนมากมีการไหลตัว (Fluidity) ที่ดี (สุรศักดิ์ โกสิยพันธุ์. 2534 : 48

2.3.5 วัตถุดิบที่ใช้ในการทำเคลือบ (Glaze materials)

วัตถุดิบที่ใช้ในการทำเคลือบนั้นส่วนมากมักเป็นสารประกอบที่สามารถแบ่งกลุ่มตามสมบัติทางเคมี ได้ 3 กลุ่ม คือ(สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ 2531:3)

2.3.5.1สารประกอบที่มีสมบัติเป็นด่าง(Bases Group)เป็นสารปรักอบที่มีหน้าที่เป็นตัวช่วยลดจุดหลอมเหลวมี 2 ชนิด

1) อัลคะไลส์ (Alkalis)สัญลักษณ์ทั่วไป คือ R_2O จะมีสมบัติเป็นฟลักซ์ที่ดี (Str0ng Flux) คือช่วยในการหลอมเหลว เพิ่มการไหลตัวของเคลือบ(Fluidity) และเพิ่มความมันแวววาว(Luster) ส่วนมากละลายน้ำได้สารประกอบกลุ่มนี้ที่นิยมใช้ได้แก่ โซเดียมออกไซด์ (Na_2O) โปแตสเซียมออกไซด์ (K2O)และลิเที่ยมออกไซด์(Li_2O)

2) อัลคะไลน์ เอิร์ท (Alkaline Earths) สัญลักษณ์ทั่วไปคือ RO มีสมบัติคล้ายกับอัลคะไลส์ แตกต่างกันทันคือด่างชนิดนี้ ไม่ละลายน้ำ สารประกอบกลุ่มนี้ที่นิยมใช้ได้แก่ตะกั่วออกไซด์ (PbO) ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) แมกนีเซี่ยมออกไซด์(MgO) แคลเซี่ยมออกไซด์(CaO) แบเรี่ยมออกไซด์(BaO)

2.3.5.2 สารประกอบที่มีสมบัติเป็นกลาง (Intermediates or Neutral Group) สัญลักษณ์ทั่วไปคือ R_2O_3 มี อะลูมินา(Al_2O_3) เป็นสารประกอบหลักทำหน้าที่เป็นตัวทนไฟ และเพิ่มความหนืดของเคลือบ นอกจากนี้ยังเป็นสารประกอบที่ให้สีในเคลือบได้แก่ เฟอร์ริกออกไซด์(Fe_2O_3)โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3) โบรอนออกไซด์ (B_2O_3)

2.3.5.3 สารประกอบที่มีสมบัติเป็นกรด (Acids Group) สัญลักษณ์ทั่วไปคือ RO_2 เป็นสารประกอบที่ทำหน้าที่ให้เกิดแก้วในเคลือบ(Glass Forming) และเป็นตัวทึบแสงในเคลือบ(Opacifier) สารประกอบกลุ่มนี้ที่นิยมใช้ได้แก่ ซิลิกา(SiO_2)เซอโคเนียมออกไซด์(ZrO_2)ไทเทเนี่ยมออกไซด์(TiO_2) และดีบุกออกไซด์(SnO_2)

2.3.6 การเตรียมเคลือบ

หลังจากได้ค่าร้อยละของส่วนผสมวัตถุดิบแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การนำส่วนผสมนั้นมาผลิตให้เป็นน้ำเคลือบ ซึ่งต้องคำนึงถึงความสะอาดและควรมีความระมัดระวังในการใช้วัตถุดิบ และเครื่องมือต่างๆให้ถูกต้องและเหมาะสม เพื่อให้ได้เคลือบที่ถูกต้องที่สุดประหยัดเวลาและพลังงานต่างๆ(ปรีดาพิมพ์ขาวขำ.2547: 56) ซึ่งสิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการเตรียมเคลือบได้แก่

1. วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมเคลือบ
2. ขั้นตอนในการเตรียมเคลือบ
3. สภาวะของผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาเคลือบ
4. วิธีการชุบเคลือบ
5. ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเคลือบ

2.3.6.1 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมเคลือบ สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ (2531:67) กล่าวไว้ว่าวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นในการเตรียมน้ำเคลือบที่ต้องให้ความสำคัญเนื่องจากจะส่งผลต่อสมบัติของเคลือบโดยตรง ได้แก่

1)วัตถุดิบในส่วนผสม
2) เครื่องชั่ง
3) เครื่องบดผสม
4) อุปกรณ์การกรอง

วัตถุดิบในส่วนผสม ผู้ที่ทำหน้าที่เตรียมเคลือบจะต้องมีความแม่นยำในการใช้วัตถุดิบเนื่องจากวัตถุดิบส่วนใหญ่จะนำมาใช้ในลักษณะที่เป็นผงละเอียด ซึ่งแค่ละชนิดนั้นจะมีลักษณะทางกายภาพที่สังเกตด้วยตาเปล่าได้ไม่แตกต่างกันมาก ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงความถูกต้องเป็นสำคัญในการนำวัตถุดิบมาใช้ในการเตรียมเคลือบ หากมีความผิดพลาดในขั้นตอนนี้จะส่งผลเสียหายโดยตรงต่อตัวผลิตภัณฑ์ที่จะไม่ได้สมบัติของเคลือบตามต้องการและอาจส่งผลเสียหายต่อกระบวนการเผาด้วย

เครื่องชั่ง ควรเป็นเครื่องชั่งน้ำหนักที่มีความเที่ยงตรงและมีความไวสูง และต้องใช้เครื่องชั่งตัวเดียวกันตลอดการชั่งวัตถุดิบทุกชนิดในส่วนผสมเคลือบ เนื่องจากหากเครื่องชั่งมีปัญหาจะทำให้ส่วนผสมต่างๆของเคลือบมีความคลาดเคลื่อนได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเตรียมรยมเคลือบปริมาณน้อยๆในห้องทดลอง เครื่องชั่งควรมีมาตรฐานสูง

เครื่องบดผสม โดยทั่วไปแล้วเครื่องบดผสมมีอยู่ 2ชนิดได้แก่โกร่งบด และหม้อบด

1) โกร่งบด (Apothe Cory's Mortar) เป็นเครื่องมือซึ่งค่อนข้างหาได้ง่ายและราคาไม่แพงนัก ใช้กำลังคนในการบด ทำด้วยเนื้อพอร์สเลนแข็งแกร่งมาก มีขนาดปากกว้าง 6" , 10" และ 12" ภายนอกเคลือบด้วยสีขาวทึบ ส่วนภายในไม่เคลือบเพื่อต้องการให้มีผิวหยาบช่วยในการบดได้ดี

2) หม้อบด (Ball Mill) มีหลายขนาด เช่น ขนาดบรรจุ ½ กิโลกรัม 5 กิโลกรัม 50 กิโลกรัม 100 กิโลกรัม เป็นต้น

2.1) หม้อบดขนาดเล็ก (Jar Mill) คือ หม้อบดที่มีขนาดบรรจุตั้งแต่ 5 กิโลกรัมลงมา ทำจากเนื้อพอร์สเลนหนาประมาณ 1 – 1 ½ นิ้ว เคลือบภายนอก ส่วนภายในไม่เคลือบ ปัจจุบันหม้อบดขนาดเล็กสามารถตั้งเวลาบดได้ นับว่าสะดวกดีมากเหมาะกับงานทดลองทำน้ำเคลือบ

2.2) หม้อบดขนาดใหญ่ (Ball Mill) เป็นหม้อบดที่มีขนาดความจุตั้งแต่ 50 กิโลกรัมขึ้นไป ภายนอกหุ้มด้วยแผ่นเหล็ก ส่วนภายในกรุด้วยวัสดุที่ทนต่อแรงกระแทกและแรงเสียดสีได้สูง เช่น Rubber, Silex, Porcelain, Steatite และ Hight Density Porcelain

สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ (2531 : 68) กล่าวว่า ทั้งหม้อบดขนาดเล็กและขนาดใหญ่หมุนโดยกำลังไฟฟ้า ด้ยความเร็วประมาณ 30 รอบต่อนาที ภายในบรรจุด้วยลูกบด (Balls) ขนาดต่างๆ วัสดุที่นิยมใช้ทำลูกบด ได้แก่ ก้อนกรวด (Flint Pebbles) และก้อนพอร์สเลน (Porcelain Balls) ก้อนกรวดนิยมใช้ทั่วไปเพราะราคาถูก และมีความแข็งแกร่งพอสมควรแต่มีประสิทธิ ภาพในการบดไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากมีรูปทรงและขนาดไม่แน่นอน ส่วนลูกบดพอร์สเลนนั้นราคาค่อนข้างแพง แต่ประสิทธิภาพในการบดจะสูงกว่าชนิดก้อนกรวด เนื่องจากลูกบดพอร์สเลนมีขนาดและรูปทรงที่แน่นอนกว่า

นอกจากนี้ ปรีดา พิมพ์ขาวขำ (2530:60) ยังกล่าวถึงลูกบดไว้ว่า ขนาดของลูกบดที่ใหญ่ที่สุดนั้นควรมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 นิ้ว ส่วนลูกบดที่ใญ่กว่านี้จะมีประโยชน์
ก็ต่อเมื่อใช้บดวัตถุดิบที่มีความเหนียวมากและขนาดค่อนข้างใหญ่ ซึ่งลูกบดนี้ควรจะมีหลายๆ ขนาดแตกต่างกันไป จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการบดให้ดียิ่งขึ้น

สำหรับระยะเวลาที่ใช้ในการบดนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของหม้อบด ขนาดและปริมาณของลูกบด ปริมาณของวัตถุดิบที่ต้องการบด เส้นผ่าศูนย์กลางและอัตราความเร็วของการบด (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2530:62) รวมทั้งขนาด ความแข็ง และความเหนียวของวัตถุดิบที่ต้องการบดนั้นๆ ด้วย

เครื่องกรอง โกมล รักษ์วงศ์ (2530:52) กล่าวว่า เครื่องกรองใช้ตะแกรงร่อน (Sieve) ทำด้วยทองเหลือง หรือสแตนเลส และรูดส์ (Rhodes.1972:143) กล่าวว่า ขนาดที่ใช้ในการกรองน้ำเคลือบ คือ ตะแกรงเบอร์ประมาณ 100 เมช (Mesh)

ขั้นตอนการเตรียมน้ำเคลือบ การเตรียมน้ำเคลือบ หมายถึง การนำวัตถุดิบต่างๆ มาบดผสมให้เข้ากันกับน้ำ ซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนในการเตรียมเป็นขั้นๆ ดังนี้ (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์.2531 : 69)

1. การชั่งส่วนผสม จะต้องให้ถูกต้องแน่นอนตรงตามสูตร

2. การบดผสม ถ้าเตรียมเคลือบน้อยๆ เพื่อทำการทดลอง ใช้โกร่งบดผสมก็เพียงพอแต่ถ้าต้องการเตรียมจำนวนมากและให้ได้ดีสม่ำเสมอ ควรจะบดด้วยหม้อบดมากกว่า ส่วนจะบดนานเท่าใดก็ขึ้นอยู่กับส่วนผสมหรือชนิดของน้ำเคลือบ น้ำเคลือบบางชนิดถ้าบดนานเกินไปอาจมีผลทำให้เคลือบเปลี่ยนแปลง แต่เคลือบบางชนิดต้องการเวลาบดนานพอสมควร ซึ่งอาจจะถึง 12 – 15 ชั่วโมง เช่น เคลือบที่ใช้วิธีเคลือบโดยการพ่น ส่วนมากเป็นเคลือบไฟสูงหรือเคลือบเฟลด์สปาร์ และการบดน้ำเคลือบไม่ควรใช้น้ำเกินร้อยละ 85 ของน้ำหนักส่วนผสม โดยทั่วไปจะใช้น้ำประมาณร้อยละ 30-40

1. การกรอง น้ำเคลือบเมื่อผ่านการบดผสมเรียบร้อยแล้วจะต้องผ่านการกรองด้วยตะแกรง (Sieve) เพื่อให้ได้ความละเอียดความต้องการ

สภาวะของผลิตภัณฑ์ที่นำไปเคลือบ สภาวะของผลิตภัณฑ์ที่จะนำไปเคลือบ มี 2 สภาวะ คือ (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2531:70)

1. ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในสภาพที่อยู่ในดินดิบ (Greenware) การเคลือบผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในสภาพดินดิบนี้ต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ เพราะผลิตภัณฑ์ที่จะมีลักษณะเปราะหักง่ายโดยเฉพาะการใช้วิธีชุบเคลือบแบบจุ่ม ส่วนใหญ่ใช้ในโรงงานเซรามิกส์ขนาดใหญ่ เพราะประหยัดเชื้อเพลิงและแรงงานมาก ส่วนใหญ่มักเคลือบด้วยวิธีพ่น (Spraying)

2. ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในสภาวะเผาดิบ (Biscuitware) ซึ่งนิยมเผากันประมาณ 800 – 900 องศาเซลเซียส (1,472 – 1,652 องศาพาเรนไฮต์) และถ้าเผาดิบอุณหภูมิสูงเกินไปจะมีผลให้เคลือบไม่ค่อยติด เพราะเนื้อดินมีความพรุนตัวน้อยเกินไป ถ้าเผาต่ำเกินไปจะมีผลทำให้เกิดตำปนิในเคลือบได้ เนื่องจากมีความพรุนตัวมากทำให้ดูดน้ำเคลือบเข้าไปมากเกิน อาจทำให้เคลือบขรุขระหรือแตกได้ ผลิตภัณฑ์ในสภาวะนี้สะดวกในการเคลื่อนย้ายจึงเหมาะที่จะใช้ตามสถานศึกษา และยังเป็นที่นิยมตามโรงงานเซรามิกส์ทั่ว ๆ ไป

สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ (2531:70) กล่าวว่า "ผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะนำไปเคลือบต้องผ่านการขจัดฝุ่นละอองออกให้หมดเสียก่อน เพราะถ้าหากมีผิวผลิตภัณฑ์มีฝุ่นละอองเกาะติดอยู่จะเป็นเหตุให้เคลือบส่วนนั้นหลุดออกจากผลิตภัณฑ์ทำให้ผิวเคลือบมีตำหนิได้ การทำความสะอาสดผิวผลิตภัณฑ์อาจใช้ฟองน้ำที่จุ่มน้ำหมาดๆแล้วเช็ดหรือใช้ลมเป่าก็ได้"

2.3.7 การชุบเคลือบ

วิธีการชุบเคลือบ โดยทั่วไปการชุบเคลือบมีอยู่ด้วยกัน 4 วิธี_ ได้แก่ การพ่นเคลือบ(Spraying) การเทราด (Pouring) การทาด้วยแปรงหรือพู่กัน (Painting) และการจุ่ม (Dipping) โดยเฉพาะการชุบเคลือบด้วยการจุ่ม ทำได้รวดเร็วและง่ายกว่าวิธีอื่นรวมทั้งความหนาของเคลือบจะสม่ำเสมอกว่าวิธีอื่น เหมาะกับผลิตภัณฑ์ขนาดเล็ก น้ำหนักเบาเป็นวิธีที่ประหยัดและนิยมใช่กันมาก (Rhodes. 1972 : 133 - 134)

ปรีดา พิมพ์ขาวขำ (2530 : 70) กล่าวถึง การชุบเคลือบด้วยวิธีการจุ่มไว้ว่าความสำเร็จของการชุบเคลือบด้วยวิธีขึ้นอยู่กับประสบการณ์ การตัดสินใจและการกะระยะเวลา เพราะว่าจะต้องปรับปรุงสภาพที่เหมาะสมของน้ำเคลือบ กับสภาพผลิตภัณฑ์ให้เข้ากันได้อย่างดี คือ ผลิตภัณฑ์อาจมีสภาพหลายอย่าง เช่น ยังไม่เคยผ่านก่รเผา ผลิตภัณฑ์ที่ดูดน้ำได้ดี หรือผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อเนียน รูปร่างและขนาดของผลิตภัณฑ์และเวลาในการจุ่มผลิตภัณฑ์ที่ดูดซึมน้ำได้ดี แต่ความหนาของผลิตภัณ์ชนิดนี้จะได้ก็โดยการทดลอง และสรุปการทดลองในหลาย ๆ กรณี ผลการทดลองที่ต้องสรุปแล้วนำไปใช้ก็คือ ความหนาแน่นและสภาพที่เหมาะสมของน้ำเคลือบที่ใช้ สรุปเคลือบโดยวิธีจุ่มนี้จะต้องกวนน้ำผสมน้ำเคลือบอยู่เสมอ พร้อมกับการทดลองความหนาแน่นของน้ำเคลือบ ระหว่างการชุบเคลือบเป็นครั้งคราว

2.3.8 ความถ่วงจำเพาะของน้ำเคลือบ ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเคลือบจะเป็นตัวบ่งบอกความหนาแน่นของน้ำเคลือบ ผลิตภัณฑ์ที่ดูดซึมน้ำได้ดีจะมีความพรุนตัวสูง เมื่อจุ่มผลิตภัณฑ์ลงในน้ำเคลือบ น้ำจะถูกดูดซึมเข้าเนื้อผลิตภัณฑ์ และสะสมเนื้อผสมของเคลือบดิบไว้บนผิวผลิตภัณฑ์เพราะฉะนั้นความหนาแน่นของน้ำเคลือบควรจะมีค่าต่ำ คือ มีค่าความถ่วงจำเพาะ 1.40 และมีการไหลตัวดี การนำผลิตภัณฑ์ดิบ (Green Ware) มาทำการชุบเคลือบที่มีความหนาแน่นสูง เคลือบไม่ควรมีความเหนียวมากนัก และควรมีการกระจายลอยตัวดี ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อเนียนเนื้อผลิตภัณฑ์จะไม่มีการดูดซึมน้ำ การยึดเกาะระหว่างเคลือบดิบกับผลิตภัณฑ์ต้องอาศัยความเหนียวน้ำเคลือบที่ได้ชุบต้องข้น คือ ต้องมีความถ่วงจำเพาะสูง เช่น น้ำเคลือบที่ใช้ชุบผลิตภัณฑ์เครื่องสุขภัณฑ์ควรมีความถ่วงจำเพาะ 1.53 และถ้วยจานชั้นดีใช้ความถ่วงจำเพาะ 1.74 ทั้งนี้ พาร์เมลี (Parmelee. 1951 : 65) ได้สรุปว่า ความถ่วงจำเพาะสามารถวัดได้ด้วยไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer) ซึ่งค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเคลือบนี้ขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ที่นำมาชุบเคลือบ ได้แก่

Forsoft burned biscuit and raw body	1.43 - 1.47
Forsoft burned biscuit and raw body	1.43 - 1.47
Medium hard biscuit	1.5 - 1.6

Hard biscuit	1.6 - 1.7
Medium soft biscuit	1.46 - 1.5

2.3.9 ตำหนิบนผิวเคลือบ (Glaze Defects)

สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ (2531 : 73-77) ได้สรุปลักษณะซึ่งถือว่าเป็นตำหนิหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกับเคลือบภายหลังจากการเผาเคลือบไว้ดังนี้

2.3.9.1 รูเข็ม (Pinholes) มีลักษณะเป็นรูเล็กๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวเคลือบ ถ้ามีขนาดใหญ่เรียกว่า " Blisters "

2.3.9.2การราน (Crazing) เป็นตำหนิเคลือบที่พบกันอยู่เสมอ มีลักษณะคล้ายลายเส้นตาข่าย หรือที่เรียกกันว่า เคลือบแตกลายงา มีทั้งรานเป็นเส้นฝอย และรานเป็นเส้นห่าง

2.3.9.3 การแตกร่อนตามบริเวณริมขอบ (Shivering) เป็นปรากฏการณ์ที่เผาเคลือบแล้วเคลือบไม่ติดตามริมขอบของผลิตภัณฑ์

2.3.9.4 การร่อนออกจากเนื้อดินปั้น (Peeling) เป็นปรากฏการณ์ที่เคลือบร่อนหลุดออกมาเป็นแผ่นๆ เกิดจากการแยกตัวออกจากเนื้อดินโดยเด็ดขาด

2.3.9..5 แยกตัวออกจากกันของเคลือบ (Crawling) เป็นปรากฏการณ์ที่เคลือบแยกออกจากกันคล้ายเคลือบเคลื่อนหนี ทำให้เกิดรอยว่างไม่มีเคลือบติดผิวผลิตภัณฑ์

2.3.9.6 ผิวเคลือบด้านไม่ตรงตามความเป็นจริง (Loss of Glaze) เป็นตำหนิเคลือบที่เกิดจากการสูญเสียส่วนผสมของเคลือบ ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นจากการเผาไฟเกินทำให้สารบางอย่างที่ระเหยได้ง่ายระเหยไปหมด

2.3.9.7การไหลตัวของเคลือบ (Running of Glaze) เป็นตำหนิที่พบเห็นกันบ่อยๆ เคลือบที่มีการไฟลตัวมากเกินไปมักจะไหลมารวมที่ก้นผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นเหตุให้ผลิตภัณฑ์และพื้นรองในเตาเผาเสียหายได้

2.5 ความรู้เกี่ยวกับการเผาเคลือบ (Glost Firing)

การเผาเคลือบ หมายถึง การเผาให้น้ำเคลือบที่ชุบบนผลิตภัณฑ์ละลายเป็นเนื้อเดียวกันมีความมันวาว บางชนิดเป็นเคลือบด้าน ผิวเรียบมีความแข็ง สามารถต้านทานต่อกรดและด่างได้เป็นอย่างดี (ทวี พรหมพฤกษ์.2523 : 155)

ปรีดา พิมพ์ขาวขำ (2532 : 287) กล่าวถึง การเกิดปรากฏการณ์ต่างๆในแต่ละขั้นของการเผาเคลือบไว้ดังนี้

1. ระยะการอบแห้ง ผลิตภัณฑ์ดิบเมื่อชุบเคลือบ ส่วนผสมของเคลือบจะเกาะบนผิวผลิตภัณฑ์เป็นชั้นบางๆ ส่วนผสมของเคลือบอาจประกอบด้วย ฟริต หินแก้ว แคลเซียม คาร์บอเนต ตะกั่ว คาร์บอเนต เฟลด์สปาร์ และน้ำ บางกรณีอาจอาจจะมีสารอินทรีย์ที่ช่วยทำให้เกิดความเหนียว เมื่อเริ่มเผา

ความชื้นจะถูกขจัดออกไป ความหนาของชั้นเคลือบจะลดลงพร้อมกับการหดตัว ถ้าเคลือบมีการเตรียมดีจะมีการหดตัวน้อยมาก ถ้าชั้นของเคลือบมีคุณสมบัติยืดหยุ่นตัวที่ดีเคลือบจะไม่แตกละแหงเนื่องจากความเครียด

2. การออกซิเดชั่นพวกสารอินทรีย์ ระหว่างอุณหภูมิ 500 - 600 องศาเซลเซียส(932 - 1,112 องศาฟาเรนไฮต์) อินทรีย์สารจำนวนหนึ่งจะถูกออกซิไดซ์ จะทำให้ชั้นของเคลือบพรุนตัวมากขึ้นร้อยละ 30 - 50

3.การขจัดกลุ่มไฮดรอกไซด์ (OH) ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส (932 องศาฟาเรนไฮต์) กลุ่ม OH ในโครงสร้างของดินจะถูกขจัดออกไป ซึ่งจะทำให้ชั้นของเคลือบพรุนตัวมากขึ้น

4. จุดเริ่มต้นการเกิดแก้ว ที่อุณหภูมิประมาณ 700 องศาเซลเซียส (1,292 องศาฟาเรนไฮต์) ในเคลือบที่มีฟริตจะเริ่มเยิ้มตัวและละลายส่วนผสมอื่นๆ ในเคลือบชนิดอื่นๆ จุดเริ่มต้นของการเกิดแก้วจะเกิดที่อุณหภูมิสูงกว่า แต่ในทุกกรณีจะมีแก้วเกิดขึ้นที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส (2,012 องศาฟาเรนไฮต์)

5. การละลายตัวของวัตถุดิบที่ใช้ในส่วนผสมของเคลือบ เมื่อเริ่มเกิดแก้วแล้วในขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น เนื่องจากวัตถุดิบอื่นๆ ละลายลงในเนื้อแก้ว มีแต่หินแก้วเท่านั้นที่ยังทนอยู่ได้และสามารถทนอยู่ได้จนเกือบถึงจุดสุกตัวของเคลือบ การละลายของหินแก้ว ทำให้มีความหนืดสูงขึ้น ซึ่งช่วยไม่ให้เคลือบไหลตัวได้ดีเกินไป

6. การกำจัดฟองอากาศต่างๆ ขั้นแรกของส่วนผสมของเคลือบขณะชุบเคลือบใหม่ๆ จะมีรูพรุนร้อยละ 40 – 50 ซึ่งจะมีอากาศอยู่เต็ม ขณะบางส่วนของเคลือบหลอมตัว ฟองอากาศบางส่วนจะหนีออกไปได้ แต่ส่วนใหญ่จะถูกกักอยู่ในเนื้อเคลือบ นอกจากนี้ยังมีฟองอากาศบางส่วนที่เกิดจากการสลายตัวของพวกคาร์บอเนต ในวัตถุดิบที่ใช้ทำส่วนผสมของเคลือบมีจุดสุกตัวของเคลือบ ความเหนียวของเคลือบจะลดลง ฟองอากาศส่วนใหญ่จะลอยตัวขึ้นมาที่ผิวเคลือบและหนีออกไป

7. ปฏิกิริยาระหว่างเนื้อเคลือบกับเนื้อผลิตภัณฑ์ เนื้อเคลือบจะละลายเนื้อผลิตภัณฑ์ตรงบริเวณที่สัมผัสกัน แต่การละลายจะไม่เท่ากันทุกจุด ดังนั้นจะทำให้เกิดผิวขรุขระ และทำให้เคลือบติดกับเนื้อผลิตภัณฑ์ได้ดี

นอกจากนี้ ทวี พรหมพฤกษ์ (2523:155) ได้กล่าวถึง การเผาเคลือบว่าไม่ว่าจะเป็นเคลือบชนิดไฟต่ำหรือไฟสูงจะต้องเผาให้ได้อุณหภูมิตามข้อกำหนดของน้ำเคลือบแต่ละชนิด มิฉะนั้นการเผาจะเกิดการเสียหายได้ เช่น การเผาที่ไฟเกิน (Coverfire) ย่อมทำให้น้ำเคลือบไหลมาก อาจติดพื้นเตาหรือชั้นรองทำให้เสียหายได้ และการเผาที่อุณหภูมิไม่ถึงจุดสุกตัวทำให้เคลือบไม่เป็นมันเท่าที่ควร

ทวี พรหมพฤกษ์ (2523:156) กล่าวถึง เทคนิคในการเผาเคลือบไว้ว่า การเผาเคลือบที่ดีควรให้อัตราเร่งในการเผา 50-100 องศาเซลเซียส (122 – 212 องศาฟาเรนไฮต์) ต่อชั่วโมง ไม่ควรเผาให้รวดเร็วเกินไป การเผาที่ใช้โคน (Cone) เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิประกอบด้วยนั้น ภายหลังจากที่โคนล้มแล้วควรเผายืนไฟไว้ที่อุณหภูมิเดิมนั้นอีกประมาณครึ่งชั่วโมง (Soaking Period) จะทำให้การเผาสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และในการปิดเตา หลังจากการเผาเคลือบได้ที่แล้ว ควรปล่อยเตาทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่งโมง อัตราการลดความร้อนควรใช้ 100 องศาเซลเซียส (212 องศาฟาเรนไฮต์) ต่อชั่วโมง จะทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่แตกหักเสียหายได้

2.5.1บรรยากาศในการเผาเคลือบ

2.5.1.1บรรยากาศการเผาแบบออกซิเดชั่น (Oxidation Atmosphere) สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ (2527 : 78) ระบุว่า การเผาบรรยากาศแบบออกซิเดชั่นเป็นการเผาแบบการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ไม่มีควัน

2.5.1.2 บรรยากาศการเผาแบบรีดักชั่น (Reduction Atmosphere) สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ (2527 : 78) กล่าวว่า การเผาบรรยากาศแบบรีดักชั่น เป็นการเผาแบบการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ (หรือการ

เผาที่เกิดควัน) โฟเนียร์ (Fournier.1977 : 189 – 190) ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับรีดักชั่นไว้ว่า ถ่านหิน แก๊ส และน้ำมันที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์เนื่องจากมีคาร์บอนที่เกิดจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ไม่หมด เป็นตัวหลักในการทำรีดักชั่นและในการทำรีดักชั่นนั้นควรจะให้มีรากฐานมาจากทางเคมี คือ คาร์บอนโมโนออกไซด์ (CO) ต่อคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2) และก๊าซไฮโดรเจน (H2) ต่อน้ำ (H2O) เป็นสัดส่วนที่ควบคุมเปอร์เซ็นต์ของรีดักชั่น รวมถึงธาตุเดิมของรีดักชั่น และเป็นไปได้ที่จะวัดจากความยาวของเปลวไฟที่ออกจากช่องสำหรับดูไฟ การทำรีดักชั่นในวันร้อนชื้นจะดีกว่าวันที่อากาศแห้ง การรีดักชั่นที่เริ่มก่อน 800 องศาเซลเซียส (1,472 องศาฟาเรนไฮต์)อาจจะทำให้เกิดสีเทาหรือสีดำในเคลือบหรือเนื้อดิน ซึ่งไม่สามารถจัดออกไปได้ เราสามารถทำรีดักชั่นจากอุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส (1,832 องศาฟาเรนไฮต์) นานเท่าที่อุณหภูมิจะสามารถเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ หรือ 55 นาทีของทุก ๆ ชั่วโมง จาก 1,000 - 1,240 องศาเซลเซียส (1,832 - 2,264 องศาฟาเรนไฮต์) หลังจากนั้นจะใช้เวลาประมาณครึ่งชั่วโมงในการทำออกซิเดชั่น นอกจากนี้ในบางครั้งสามารถใช้บรรยากาศปานกลางเข้าไปหลังจาก 1,050 องศาเซลเซียส (1,922 องศาฟาเรนไฮต์) แล้วทำรีดักชั่นช่วงหลังก็ได้ หรือเวลาครึ่งชั่วโมงในการรีดักชั่นที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส (1,832 องศาฟาเรนไฮต์) 1,100 องศาเซลเซียส (2,012 องศาฟาเรนไฮต์) และ 1,200 องศาเซลเซียส (2,192 องศาฟาเรนไฮต์) หรือเริ่มรีดักชั่นที่อุณหภูมิสูงสุดและต่อเนื่องไปในระหว่างที่กำลังเย็นตัวจนถึง 800 องศาเซลเซียส (1,472 องศาฟาเรนไฮต์)

2.5.2เตาแก๊สทางลมร้อนลง (Gas Down Draft Kiln)

ทวี พรหมพฤกษ์ (2525 : 33) กล่าวว่า เตาแก๊สชนิดทางลมร้อนลงนี่เป็นเตาที่ออกแบบสร้างส่วนมากเป็นเตาขนาดใหญ่ และเผาผลตภัณฑ์ได้จำนวนมาก การบรรจุผลิตภัณฑ์โดยการใช้รถ (Kiln Car) กำลังเป็นที่นิยมกันอย่างมาก เตาชนิดนี้จะต้องสร้างให้มีปล่องซึ่งจะช่วยให้การเผาไหม้หรือสันดาปได้อย่างดี สามารถเผาได้ค่อนข้างสะอาดและให้อุณหภูมิสูง (High Temperature) มีความสะดวกต่อการใช้งาน ประหยัดเชื้อเพลิง ปลอดภัย เป็นเตาที่สามารถเผาแบบรีดักชั่นได้

2.5.3 อุปกรณ์และเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

ทวี พรหมพฤกษ์ (2525:107) กล่าวว่า เครื่องมือที่จำเป็นในการใช้วัดอุณหภูมิในการเผาผลิตภัณฑ์เพื่อให้มีคุณภาพดีนั้น ปัจจุบันได้มีผู้คิดอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ หลายชนิด ซึ่งชนิดที่ใช้วัดอุณหภูมิอย่างสูงได้แน่นอน คือ

1)ไพโรมิเตอร์ (Pyrometer)

2)ไพโรเมตริก โคน (Pyrometric Cone)

ไพโรมิเตอร์ (Pyrometer) ไพโรมิเตอร์อาศัยหลักการการเกิดกระแสไฟฟ้าจากความร้อน (Thermo Electric Pyrometer) โดยนำเอาโลหะสองชนิดมาเชื่อมปลายติดกัน เรียกว่า " Hot Junction " แต่โลหะทั้งสองชนิดจะต้องมีคุณสมบัติแตกต่างกันใส่ในเตาให้ได้รับความร้อน (Thermocouple) ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งต่อเข้ากับเครื่องวัดอุณหภูมิ (Indicator) แล้วเข็มจะชี้บอกอัตราความร้อนตามความมากน้อยของกระแสไฟฟ้า จะมีตัวเลขเทียบอุณหภูมิเป็นองศาเซลเซียสและฟาเรนไฮต์ ปลายของโลหะที่ต่อไปยังหน้าปัดเรียกว่า " Cold Junction Thermocouple " ที่วัดอุณหภูมิสูงๆ จะมีเครื่องป้องกัน (Protectube) ทำด้วยวัตถุทนไฟป้องกันอีกชั้นหนึ่ง (ทวี พรหมพฤกษ์. 2525:107)

ไพโรเมตริก โคน (Pyrometric Cone) ไพโรเมตริก โคน หรือเรียกสั้นๆ ว่า โคน (Cone) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดอุรหภูมิภายในเตา การใช้ก็ง่ายและสะดวก ผู้ที่คิดทำโคนเป็นครั้งแรก ได้แก่ ชาวเยอรมัน ชื่อ เซกเกอร์ (Segger) ตั้งชื่อว่า เซกเกอร์ โคน (Segger Cone) โดยนำเอาวัตถุดิบผสมกับฟลักซ์ ตามสัดส่วนต่างๆ มาทำเป็นปิรามิดสามเหลี่ยม ซึ่งใช้วัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 585 องศาเซลเซียส (1,085 องศาฟาเรนไฮต์) ขึ้นไปจนถึง 2,015 องศาเซลเซียส (3,659 องศาฟาเรนไฮต์) และแบ่งออกเป็นหมายเลขต่างๆ ถึง 42 หมายเลข ระบบการจัดหมายเลขอุณหภูมิต่ำจะให้ตัวเลขศูนย์นำหน้า เช่น อุณหภูมิที่ต่ำที่สุด 022 อุณหภูมิสูดสุด หมายเลข 42 เป็นต้น โคนที่ใช้เป็นมาตรฐานในปัจจุบัน คือ ของเซกเกอร์ โคน และออร์ตัน โคน (Orton Cone) ทวี พรหมพฤกษ์ (2525:107)

โดยเฉพาะออร์ตัน โคน มี 2 ขนาด คือ ขนาดใหญ่ (Large Cone) และ ขนาดเล็ก (Small Cone)

นอกจากนี้ ปรีดา พิมพ์ขาวขำ (2532:248 - 249) ได้กล่าวเพิ่มเติมว่าการวัดอุณหภูมิด้วยโคนในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ นอกจากจะประหยัดแล้วยังให้ผลที่เที่ยงตรงต่อเคลือบและเนื้อดินอีกด้วย จุดสุกตัวของเคลือบนั้นมักเรียกตามหมายเลขของโคนเมื่อโคนหมายเลขนั้นล้มก็หมายถึงเคลือบนั้นสุกพอดี และหมายเลขโคนมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมเซรามิกส์ โดยเฉพาะคือ

ช่วงที่ 1 หมายเลข 010 ถึงหมายเลข 05 หรืออุณหภูมิ 894 องศาเซลเซียส (1,641 องศาฟาเรนไฮต์) ถึงอุณหภูมิ 1,046 องศาเซลเซียส (1,915 องศาฟาเรนไฮต์) ซึ่งอุณหภูมินี้เป็นอุณหภูมิที่ใช้ในการเผากระเบื้องประดับและกระเบื้องมุงหลังคาที่เคลือบด้วยเคลือบตะกั่ว เคลือบบอแรกซ์ เป็นต้น

ช่วงที่ 2 หมายเลข 6 ถึงหมายเลข 10 หรืออุณหภูมิ 1,222 องศาเซลเซียส (2,232 องศาฟาเรนไฮต์) ถึงอุณหภูมิ 1,305 องศาเซลเซียส (2,381 องศาฟาเรนไฮต์) ซึ่งอุณหภูมิของการเผาถ้วยชามและผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาทั่วๆ ไป

ช่วงที่ 3 หมายเลข 26 ถึงหมายเลข 28 หรืออุณหภูมิ 1,595 องศาเซลเซียส (2,900 องศาฟาเรนไฮต์) ถึงอุณหภูมิ 1,615 องศาเซลเซียส (2,940 องศาฟาเรนไฮต์) เป็นอุณหภูมิที่มีความสำคัญในการทดสอบวัสดุทนไฟของโรงงานที่ผลิตวัสดุทนไฟ

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นิวัตร พัฒนะ(.2545:บทคัดย่อ)ได้ทำการวิจัยการวิจัยเพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของดินจากแหล่งดินวัดตาปะขาวหาย จังหวัดพิษณุโลก เพื่อทดลองหาอัตราส่วนผสมระหว่าง ดินวัดตาประขาวหาย ปริมาณร้อยละ 45-90 ผสมกับกับดินขาวลำปาง และเฟลด์สปาร์ โดยศึกษาสมบัติทางกายภาพหลังการเผาที่อุณหภูมิ 800,900,1000,1200 และ 1250องศาเซลเซียส และเพื่อทดลองขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาจากเนื้อดินปั้นที่อัตราส่วนผสมเหมาะสมที่สุด เผาที่อุณหภูมิ อุณหภูมิ 800,900,1000,1200 และ 1250 องศาเซลเซียส กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ เนื้อดินปั้นที่เกิดจากส่วนผสมของดินวัดตาปะขาวหายและดินขาวลำปาง และเฟลด์สปาร์ จำนวน 10 ส่วนผสม โดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง

ผลการวิจัยพบว่าสมบัติทางกายภาพของดินวัดตาปะขาวหายก่อนการเผาค่าความหดตัวร้อยละ 5 ค่าความแข็งแรง 25.50 kg/cm ^{2} ภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 800 $^\circ$C มีความหดตัวร้อยละ 6.00 และที่อุณหภูมิ 1250 $^\circ$C มีค่าความหดตัวร้อยละ 13.00 ที่อุณหภูมิ 800°C ค่าการดูดซึมร้อยละ 20.50 ที่อุณหภูมิ 1250 $^\circ$C ค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 0.10 ที่อุณหภูมิ 800 $^\circ$C ค่าความแข็งแรง 30.30 kg/cm ^{2} ที่อุณหภูมิ 1250 $^\circ$C มีความแข็งแรง 165.40 kg/cm ^{2} สีภายหลังการเผา เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นสีของเนื้อดินปั้นจะเข้มขึ้นโดยการเกิดสีตั้งแต่ น้ำตาลส้ม – น้ำตาลดำ และสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นตามส่วนผสมทั้ง 10 ส่วนผสม พบว่า

ภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 800 °C มีความหดตัวร้อยละ 6.00–7.00 ที่อุณหภูมิ 1250 °C มีความหดตัวร้อยละ 14.80–15.00 ที่อุณหภูมิ 800 °C มีการดูดซึมน้ำร้อยละ 18.30 – 20.40 ที่อุณหภูมิ 1250 °C มีการดูดซึมน้ำร้อยละ 0.00–0.06 เผาที่อุณหภูมิ 800 °C มีความแข็งแรง 32.92-37.38 kg/cm ^{2} ที่อุณหภูมิ 1250 °C มีความแข็งแรง 190-214 kg/cm ^{2} สีภายหลังการเผา เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นสีของเนื้อดินปั้นจะเข้มขึ้นโดยการเกิดสีตั้งแต่ น้ำตาลส้ม-น้ำตาลดำ ความเหมาะสมกับการขึ้นรูปทั้งวิธีการหล่อและแป้นหมุนอยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก

จากการศึกษาวิจัยเรื่อง "การพัฒนาเคลือบฟริต ไฟต่ำ (700 - 900 'c) ที่เหมาะสมกับการเผาในเตาฟืนของชาวบ้านเพื่อเป็นการยกระดับคุณภาพและราคา ของผลิตภัณฑ์ดินแดง" (สรินทร ลิ่มปนาท. สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ, จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย : 2553) พบว่า กระบวนการผลิตเครื่องปั้นดินเผาทั่วไปของภาคกลาง จะใช้เตาเผาที่อุณหภูมิไม่เกิน 950 องศาเซสเซียส แต่การเคลือบต้องใช้อุณหภูมิเผาสูงกว่านั้น เช่น การเคลือบขี้เถ้าของโอ่งราชบุรีจะใช้อุณหภูมิเผาสูงถึง 1,100 - 1,200 องศา เซสเซียส ฯลฯ ส่วนวิธีการเคลือบไฟต่ำที่ใช้ทั่วไปต้องใช้สารตะกั่วเป็นส่วนผสม จึงเป็นอันตรายต่อผู้ประกอบการและ ชุมชนใกล้เคียง จึงได้พัฒนาวิธีการเคลือบที่ใช้อุณหภูมิต่ำและไม่ใช้สารตะกั่ว โดยการใช้สารเคมีชนิดอื่นที่มีฤทธิ์ ในการลดอุณหภูมิแทน เช่น โซเดียมเฟลด์สปาร์และโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ ซึ่งเป็นแร่มีอยู่ในธรรมชาติจึงไม่อันตรายและลิเทียมคาร์บอเนต ซึ่งใช้ในปริมาณเพียงเล็กน้อยจึงไม่มีพิษตกค้างสู่ชุมชนโดยรอบ ในการผลิตจะนำส่วนผสมทั้งหมดไปหลอมให้เป็นแก้ว ก่อนนำไปบดผสมเป็นเนื้อเคลือบให้ชาวบ้านใช้ จากทดลองนำตัวเคลือบไปเผาในเตาของชาวบ้านพบว่าสามารถเคลือบผลิตภัณฑ์ ให้เงางามได้ดีในอุณหภูมิเผา 850 - 900 องศาเซลเซียส ด้านต้นทุนจะมากกว่าตัวเคลือบทั่วไปเล็กน้อยคือประมาณ 60 - 100 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งตัวเคลือบ 1 กิโลกรัมก็สามารถใช้ได้นานพอสมควร และพื้นที่ในภาค พบว่าผลิตภัณฑ์ของภาคใต้จำแนกได้ 3 กลุ่มใหญ่ คือ อิฐ ถ้วยรองน้ำยางพารา และของตกแต่งสวน ซึ่งถ้วยรองน้ำยางพาราก็มีแนวทาง ที่จะเป็นงานวิจัยต่อยอดจากวิธีการเคลือบฟริตไฟต่ำนี้

วรรณา ต.แสงจันทร์ ฉัตรชัย บาลศรี(วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ ปีที่ 60 ฉบับที่ 188) กรมวิทยาศาสตร์บริการได้พัฒนาถ้วยดินเผารองรับน้ำน้ำยางเพื่อสนับสนุนวิสาหกิจชุมชน มีกลุ่มเครื่องปั้นดินเผาบ้านกลาง ต.โนนตาล อ.ท่าอุเทน จ.นครพนม เป็นตัวแทนกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่กรมวิทยาศาสตร์บริการได้เข้าไปดำเนินการศึกษาทดลอง โดยทำการสำรวจและเก็บข้อมูลลักษณะถ้วยรองรับน้ำยางที่ชาวสวนยางต้องการ แหล่งดินและกระบวนการผลิตของกลุ่มเครื่องปั้นดินเผาบ้านกลางจังหวัดนครพนม ทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางความร้อนของวัตถุดิบ พัฒนาวิธีการเตรียมวัตถุดิบและขึ้นรูปเพื่อให้ได้ถ้วยรองรับน้ำยางที่มีความหนาที่เหมาะสม และมีความสม่ำเสมอ พัฒนาสูตรเคลือบโดยใช้วัตถุดิบในท้องถิ่น ได้แก่ ขี้เถ้าจากเตาฟืน และดินเลนและพัฒนาเทคนิคการเคลือบเพื่อให้น้ำเคลือบไม่หลุดล่อนก่อนเข้าเตาเผา รวมทั้งได้ปรับปรุงรูปแบบให้สะดวกกับการใช้งานถ้วยดินเผารองรับน้ำยางที่ได้จากการวิจัยพัฒนา มีลักษณะตามที่ชาวสวนยางต้องการ คือ ไม่หนา มีน้ำหนักเหมาะสม ผิวเคลือบมันวาว และมีความแข็งแรง ต้นทุนการผลิตต่ำ เนื่องจากใช้วัตถุดิบในท้องถิ่น

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

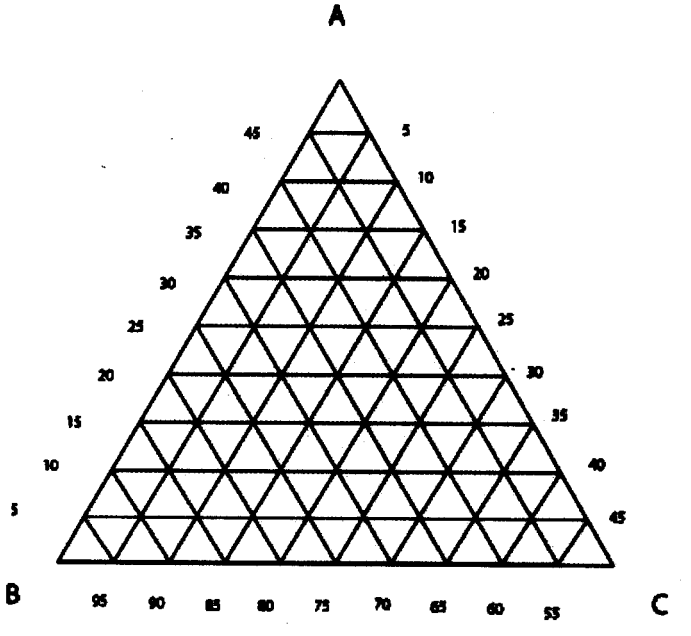
ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีวิธีดำเนินการวิจัยเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การทดลองสร้างส่วนผสมเนื้อดินถ้วยดินเผา

ประชากรคือดินในท้องถิ่น จากแหล่งที่ทำการผลิตเครื่องปั้นดินเผา คือ บ้านวังดินสอ ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก ร่วมกับ เฟลด์สปาร์ และควอทซ์ ด้วยกลุ่มตัวอย่าง 36 ตัวอย่าง จากการใช้ตารางสามเหลี่ยม ดังนี้

ประชากร ได้จากการใช้วัตถุดิบหลักคือดินในท้องถิ่น จาก แหล่งผลิตเครื่องปั้นดินเผาบ้านวังดินสอ ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก ใช้ร่วมกับ เฟลด์สปาร์ และทราย

กลุ่มตัวอย่าง ของประชากรแต่ละชุดได้จากการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive sampling) จากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า (Triaxial diagram) ได้กลุ่มตัวอย่าง 36 ตัวอย่าง



ภาพที่ 7 แผนภาพตารางสามเหลี่ยมกำหนดกลุ่มตัวอย่าง

A หมายถึง ดินในท้องถิ่น ร้อยละ 55-90
B หมายถึง เฟลด์สปาร์ ร้อยละ 5-40
C หมายถึง ทราย ร้อยละ 5-40

ตารางที่ 4 ส่วนผสมของเนื้อดินกลุ่มตัวอย่าง

ตัวอย่างที่	ดินในท้องถิ่น	เฟลด์สปาร์	ทราย
1	90	5	5
2	85	5	10
3	85	10	5
4	80	5	15
5	80	10	10
6	80	15	5
7	75	5	20
8	75	10	15
9	75	15	10
10	75	20	5
11	70	5	25
12	70	10	20
13	70	15	15
14	70	20	10
15	70	25	5
16	65	5	30
17	65	10	25
18	65	15	20
19	65	20	15
20	65	25	10
21	65	30	5
22	60	5	35
23	60	10	30
24	60	15	25
25	60	20	20
26	60	25	15
27	60	30	10
28	60	35	5
29	55	5	40
30	55	10	35
31	55	15	30
32	55	20	25
33	55	25	20
34	55	30	15
35	55	35	10
36	55	40	5

ขั้นตอนการทดลองประกอบด้วย

1.ชั่งส่วนผสม ตามกลุ่มตัวอย่างด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้า

2.บดให้ละเอียดโดยโกร่งบด

3.กรองด้วยตะแกรงเบอร์ 80 mesh

4.ขึ้นรูปแท่งทดลองทำการทดลองส่วนผสมด้วยการทำเป็นแท่งทดลองมีขนาดของกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 3 x 10 x 1 เซนติเมตร

5. ทำการเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส

6. ทดสอบแท่งทดลองภายหลังการเผา

การวิเคราะห์ผลข้อมูล นำแท่งทดลองที่ได้จากการเผามาทดสอบคุณสมบัติหลังการเผาได้แก่

1. ทดสอบหาค่าความหดตัวหลังจากเผา (Firing Shrinkage)

การหดตัวหลังจากเผา โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{ค่าร้อยละความหดตัว} = \frac{\text{ความยาวเนื้อดินก่อนเผา} - \text{ความยาวเนื้อดินหลังเผา}}{\text{ความยาวเนื้อดินก่อนเผา}} \times 100$$

2. ทดสอบค่าความแข็งแรงหลังเผา (Firing Strangth) โดยนำแท่งตัวอย่างมาทดสอบความต้านทานต่อแรงกดด้วยเครื่อง "Modulus Of Rupture (MOR) Machine" โดยวางแท่งทดลองบนคานทั้งสองข้างแล้วใช้แรงกดลงตรงกึ่งกลางที่ยึดเอาระยะห่างระหว่างคานทั้งสองเป็นหลัก จนกระทั่งแท่งทดลองนั้นหักลง พร้อมทั้งทำการบันทึกค่าน้ำหนักที่ทำให้แท่งทดลองหัก ซึ่งอาจใช้หน่วย กิโลกรัม (kg.) หรือปอนด์ (lbs.) ก็ได้ ขึ้นอยู่กับประเภทของมาตราที่เราใช้เป็นหลักในการวัดขนาดของแท่งทดลอง คำนวณหาค่าความแข็งแรงตามสูตร

$$m = \frac{3pl}{2bd^2}$$

เมื่อ m = ค่าความแข็งแรง (MOR) มีหน่วยเป็น กิโลกรัม/ตารางเซ็นติเมตร ($kg./cm^2$) หรือ ปอนด์/ตารางนิ้ว (lbs/in^2)

p = น้ำหนักที่ทำให้แท่งทดลองหัก

l = ความยาวระหว่างคานทั้งสอง

b = ความกว้างของแท่งทดลอง

d = ความหนาของแท่งทดลอง

3. หาค่าการดูดซึมน้ำ (Water Absorption) โดยการนำแท่งทดลองที่ผ่านการเผาแล้วมาชั่งน้ำหนักแล้วนำไปต้มในน้ำเดือด 2 ชั่วโมงแช่น้ำให้อิ่มตัว 24 ชั่วโมงเพื่อให้น้ำแทรกเข้าไปอยู่ตามช่องว่างหรือรูพรุนได้อย่างทั่วถึง หลังจากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งก่อนนำไปคำนวณตามสูตร

$$\%\text{การดูดซึมน้ำ} \quad \frac{(sf - wf)}{wf} \times 100$$

เมื่อ sf = น้ำหนักของแท่งทดลองที่อิ่มน้ำ

wf = น้ำหนักของแท่งทดลองหลังเผา

หลังจากนั้นคัดเลือกเนื้อดินที่มีคุณสมบัติเหมาะสม นำมาเตรียมแผ่นทดลองสำหรับเคลือบจากส่วนผสมของถ้วยดินเผาที่มีความเหมาะสมในอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส

ขั้นตอนที่ 2 การทดลองสร้างส่วนผสมเคลือบสำหรับเคลือบถ้วยดินเผา

การสร้างส่วนผสมเคลือบ ให้มีความเหมาะสมกับถ้วยดินเผาที่เป็นผลได้จากการสร้างส่วนผสมของเนื้อดินจอกยางพารา ซึ่งมีประชากรและกลุ่มตัวอย่างดังนี้

ประชากร ได้จากส่วนผสมของวัตถุดิบ ได้แก่ ฟริต โซดาเฟลด์สปาร์ และควอตซ์

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง(Purposive Sampling) จากตารางสามเหลี่ยมโดยกำหนดวัตถุดิบ ฟริต โซดาเฟลด์สปาร์ และควอตซ์ มีช่วงห่างช่วงละ 5 ซึ่งจะได้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 26

ตาราง 5 ส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมในเคลือบ

สูตรที่	วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมคิดเป็นร้อยละ		
	ควอตซ์	โซดาเฟลด์สปาร์	ฟริต
1	5	20	75
2	5	25	70
3	5	30	65
4	5	35	60
5	5	40	55
6	5	45	50
7	5	50	45
8	5	55	40
9	10	20	70
10	10	25	65
11	10	30	60
12	10	35	55
13	10	40	50
14	10	45	45
15	10	50	40
16	15	20	65
17	15	25	60
18	15	30	55
19	15	35	50
20	15	40	45
21	15	45	40

สูตรที่	ควอตซ์	โซดาเฟลด์สปาร์	ฟริต
22	20	20	60
23	20	25	55
24	20	30	50
25	20	35	45
26	20	40	40

การทดลองสร้างส่วนผสมเคลือบมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.คำนวณส่วนผสมวัตถุดิบของแต่ละตัวอย่างสูตรเคลือบ

2.ชั่งส่วนผสมเคลือบด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้า

3.บดผสมเคลือบด้วยโกร่งบด

4.กรองน้ำเคลือบด้วยตะแกรง เบอร์ 100 mesh

5.ชุบเคลือบลงบนแผ่นทดลอง

6.นำไปเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส

การวิเคราะห์ข้อมูล เป็นการทดสอบด้วยการสังเกตผลเคลือบภายหลังการเผา เพื่อตรวจสอบระดับความมันของเคลือบ ความสมบูรณ์ของเคลือบ วิเคราะห์ผลข้อมูลที่ได้และคัดเลือกแผ่นทดลอง เพื่อนำไปใช้เคลือบผลิตภัณฑ์จอกยางพารา

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองผลิตชิ้นงาน เป็นการทดลองขึ้นรูปชิ้นงานจอกยางพาราจากส่วนผสมที่คัดเลือกจากผลการทดลองที่มีความเหมาะสม มีขั้นตอนดังนี้

1.เตรียมเนื้อดินตามสูตรที่คัดเลือก

2.ออกแบบและขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จอกยางพารา

3. เตรียมน้ำเคลือบจากส่วนผสมของเคลือบที่คัดเลือก

4. ชุบเคลือบ

5.เผาผลิตภัณฑ์จอกยางพารา

6.นำผลิตภัณฑ์จอกยางพาราไปทดลองใช้ในสวนยางพารา

ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ระดับความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราเกี่ยวกับ รูปแบบ ขนาด น้ำหนัก สี การใช้งาน การจัดเก็บรักษา การทำความสะอาดความแข็งแรงทนทาน ราคา และความสะดวกในการจัดซื้อ

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ การเลือกแบบเจาะจงจากเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราในตำบลบ้านแยง อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลกจำนวน 10 ราย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้แก่ แบบสอบถามความพึงพอใจมาตราจัดอันดับ (Rating scale) 5 ระดับ เกี่ยวกับการใช้จอกยางพาราของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่าง

การวิเคราะห์ข้อมูล การวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความพึงพอใจของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์

สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

1. ทดลอง ทดสอบ และขึ้นรูปชิ้นทดลอง ณ อาคารและห้องปฏิบัติงานเซรามิค สาขาวิชาเซรามิค มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

2. แหล่งผลิตเครื่องปั้นดินเผาจากแหล่งผลิตเครื่องปั้นดินเผาบ้านวังดินสอ ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก

3. สวนยางพาราผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ ใน ตำบลบ้านแยง อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก หรือจังหวัดใกล้เคียง

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีกระบวนการวิจัย 3 ขั้นตอนการทดลองเนื้อดิน ขั้นตอนการทดลองเคลือบ และขั้นตอนการทดลองผลิตผลิตภัณฑ์จอกยางพาราซึ่งมีผลการวิจัย 3 ตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการทดลองเนื้อดิน วิเคราะห์คุณสมบัติภายหลังการเผาได้ข้อมูลดังตาราง

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติหลังการเผาของเนื้อดินกลุ่มตัวอย่าง

ตัวอย่างที่	ความหดตัว (%)	ความแข็งแรง (ก.ก./ซ.ม.^{2})	ความดูดซึมน้ำ (%)
1	11.00	52.50	5.43
2	14.00	50.10	7.45
3	13.00	66.67	6.12
4	14.00	65.18	6.94
5	14.00	49.63	7.60
6	13.00	48.28	13.49
7	14.00	33.33	5.73
8	14.00	57.83	6.66
9	12.00	57.78	6.73
10	10.00	68.91	9.31
11	13.00	43.88	8.95
12	12.00	42.00	8.44
13	10.00	37.04	6.65
14	10.00	43.08	9.56
15	10.00	56.64	10.83
16	10.00	33.11	5.31
17	12.00	71.79	5.91
18	12.00	74.69	7.38
19	10.00	56.63	9.12
20	8.00	58.28	10.74
21	10.00	41.48	11.08
22	11.00	78.15	4.87
23	11.00	80.52	4.59
24	11.00	54.30	19.61
25	10.00	52.92	9.31
26	9.00	47.59	10.63
27	8.00	68.10	11.36
28	8.00	38.40	16.54
29	8.00	60.17	9.62
30	10.00	45.71	8.65
31	8.00	44.81	8.91
32	10.00	45.00	19.33
33	9.00	36.60	12.73
34	10.00	33.00	11.81
35	6.00	35.40	16.50
36	7.00	33.33	13.16

จากตารางที่ 6 พบว่าตัวอย่างที่มีค่าความหดตัวสูงสุดได้แก่ตัวอย่างที่ 2,4,5,7,8 (ร้อยละ 14) ตัวอย่างที่ทีค่าความหดตัวน้อยที่สุดได้แก่ตัวอย่าง35 (ร้อยละ6) ตัวอย่างที่มีค่าความแข็งแรงสูงสุดได้แก่ ตัวอย่างที่ 23 (80.52 ก.ก./ซ.ม.^{2}) ตัวอย่างที่มีค่าความแข็งแรงต่ำสุดได้แก่ตัวอย่างที่ 34 (33.00 ก.ก./ซ.ม.^{2}) ตัวอย่างที่มีค่าการดูดซึมน้ำสูงสุดได้แก่ ตัวอย่างที่ 32 (ร้อยละ19.33) ตัวอย่างที่มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำสุดได้แก่ตัวอย่างที่ 22 (ร้อยละ 4.87)

ตอนที่ 2 ผลการทดลองสร้างส่วนผสมเคลือบ

จากการทดลองสูตรเคลือบผลวิเคราะห์ข้อมูลดังตารางที่7

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ภายหลังการเผา

สูตรที่	สมบัติทางกายภาพของเคลือบ			
	ความมัน	การสุกตัว	ตำหนิ	สี
1	มันแวววาว	สุก	ฟองอากาศ/รูเข็ม	ขาวใส
2	มันแวววาว	สุก	เคลือบแยกตัว/ฟองอากาศ	ขาวใส
3	มันแวววาว	สุก	ฟองอากาศ/รูเข็ม/เคลือบแยกตัว	ขาวใส
4	มันแวววาว	สุก	ฟองอากาศ/รูเข็ม/เคลือบแยกตัว	ขาวขุ่น
5	มันแวววาว	สุก	เคลือบแยกตัว/ฟองอากาศ	ขาวขุ่น
6	มันแวววาว	สุก	ฟองอากาศ/ราน	ขาวใส
7	กึ่งด้านกึ่งมัน	สุก	ราน/ฟองอากาศ/รูเข็ม	ขาวขุ่น
8	กึ่งด้านกึ่งมัน	สุก	ฟองอากาศ/รูเข็ม	ขาวขุ่น
9	กึ่งด้านกึ่งมัน	สุก	รูเข็ม	ขาวใส
10	มันแวววาว	สุก	ฟองอากาศ/รูเข็ม/เคลือบแยกตัว	ขาวใส
11	มันแวววาว	สุก	เคลือบแยกตัว/ฟองอากาศ	ขาวขุ่น
12	มันแวววาว	สุก	เคลือบแยกตัว/รูเข็ม	ขาวขุ่น
13	มันแวววาว	สุก	รูเข็ม	ขาวขุ่น
14	กึ่งด้านกึ่งมัน	สุก	เคลือบแยกตัว	ขาวขุ่น
15	กึ่งด้านกึ่งมัน	สุก	ราน/รูเข็ม	ขาวขุ่น
16	มันแวววาว	สุก	ฟองอากาศ/รูเข็ม/เคลือบแยกตัว	ขาวขุ่น

ตารางที่ 7 (ต่อ)

17	มันแววววาว	สุก	รูเข็ม/ฟองอากาศ	ขาวขุ่น
18	ด้าน	สุก	ฟองอากาศ/รูเข็ม/เคลือบแยกตัว	ขาวขุ่น
19	ด้าน	ไม่สุก	เคลือบแยกตัว/ฟองอากาศ	ขาวทึบ
20	กึ่งด้านกึ่งมัน	สุก	รูเข็ม/ฟองอากาศ	ขาวขุ่น
21	กึ่งด้านกึ่งมัน	สุก	เคลือบแยกตัว/ฟองอากาศ	ขาวขุ่น
22	กึ่งด้านกึ่งมัน	สุก	ฟองอากาศ/รูเข็ม/เคลือบแยกตัว	ขาวขุ่น
23	กึ่งด้านกึ่งมัน	สุก	ฟองอากาศ	ขาวขุ่น
24	ด้าน	ไม่สุก	ฟองอากาศ/เคลือบแยกตัว	ขาวทึบ
25	ด้าน	ไม่สุก	เคลือบแยกตัว/ฟองอากาศ	ขาวทึบ
26	ด้าน	ไม่สุก	การแตกตัวของเคลือบ	ขาวทึบ

จากตาราง พบว่า ลักษณะของเคลือบภายหลังการเผานั้น ระดับความมันส่วนใหญ่จะอยู่ระดับมันแววววาวจำนวน 12 สูตร ได้แก่สูตรที่1,2,3,4,5,6,10,11,12,13,16,17รองลงมาคือระดับกึ่งด้านกึ่งมันจำนวน 9 สูตรได้แก่สูตรที่7,8,9,14,15,20,21,22,23 และระดับด้านจำนวน 5 สูตรได้แก่สูตรที่ 18,19,24,25,26

ด้านการสุกตัวของเคลือบพบว่า ส่วนใหญ่สุก มีเพียง 4 สูตรที่ไม่สุกตัวได้แก่ สูตรที่19,24,25,26 ตำหนิของเคลือบ พบว่าเกิดตำหนิรูเข็มจำนวน 14 สูตรได้แก่สูตรที่1,3,4,7,8,9,10,12,13,15,16,17,18,20,22 ตำหนิเคลือบแยกตัวจำนวน 15 สูตรได้แก่สูตรที่2,3,4,5,10,11,12,14,16,18,19,21,22,24,25 ตำหนิฟองอากาศจำนวน 20 สูตรได้แก่สูตรที่ 1,2,3,4,5,6,7,8,10,11,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25 และเคลือบราน 1 สูตรได้แก่ สูตรที่ 6 สำหรับสีของเคลือบพบว่า มีสีขาวใส จำนวน 6 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1,2,3,6,9,10 สีขาวขุ่นจำนวน 16 สูตรได้แก่สูตรที่4,5,7,8,11,12,13,14,15,16,17,18,20,21,22,23 สีขาวทึบจำนวน 4 สูตร ได้แก่สูตรที่ 19,24,25,26

ผู้วิจัยได้คัดเลือก สูตรเนื้อดิน สูตรที่ 4 (ดินท้องถิ่น ร้อยละ 80 เฟลด์สปาร์ร้อยละ 5 และทรายร้อยละ15) และเคลือบสูตรที่ 1 (ฟริตร้อยละ 75 เฟลด์สปาร์ร้อยละ 20 และควอทซ์ร้อยละ5)มาทำการทดลองผลิตจอกยางพารา ตามกระบวนการผลิตด้วยการเตรียมเนื้อดิน การเตรียมเคลือบ การขึ้นรูปแบบใบมีด การทำให้แห้ง การตกแต่ง การเผาดิบ การชุบเคลือบ และการเผาเคลือบ เมื่อได้ผลิตภัณฑ์แล้วนำไปให้เกษตรการสวนยางพารา ตำบลบ้านแยง อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก ได้ทดลองใช้งาน เพื่อหาความพึงพอใจต่อไป

ตอนที่ 3 ผลการทดลองผลิตจอกยางพารา

เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามความพึงพอใจของเกษตรกรสวนยางพาราได้ทดลองใช้จอกยางพาราจำนวน 10 ราย สามารถวิเคราะห์ผลได้ตามตารางที่ 9

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของเกษตรกรสวนยางพาราได้ทดลองใช้จอกยางพารา

ข้อที่	ประเด็นความพึงพอใจ	ค่าสถิติ		ระดับความพึงพอใจ
		$\bar{x}$	SD	
1	รูปแบบ	3.6	.516	มาก
2	ขนาด	3.8	.633	มาก
3	น้ำหนัก	4.3	.823	มาก
4	สี	3.6	.516	มาก
5	การใช้งาน	4.0	.667	มาก
6	การจัดเก็บ	3.7	.483	มาก
7	การทำความสะอาด	3.6	.516	มาก
8	ความแข็งแรงทนทาน	3.6	.516	มาก
9	ราคา	3.6	.516	มาก
10	ความสะดวกในการจัดซื้อ	3.6	.516	มาก

จากตารางที่ 8 พบว่าเกษตรกรสวนยางพาราได้ทดลองใช้จอกยางพารามีความพึงพอใจทุกด้านในระดับมาก โดย มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเกี่ยวกับน้ำหนักของจอกยางพารา สูงสุด($\bar{x}$ 4.3 SD.823) รองลงมาได้แก่ความพึงพอใจด้านการใช้งาน(($\bar{x}$ 4.0 SD.667) และขนาดของจอกยางพารา($\bar{x}$ 3.8 SD.633) ตามลำดับ

นอกจากนี้ข้อเสนอแนะของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างผู้ทดลองใช้จอกยางพาราเป็นเวลา ประมาณ 2 เดือน โดยต้องการให้มีการเคลือบทั้งด้านนอกและด้านใน เป็นความเห็นที่ตรงกันถึง 9 คนคิดเป็น ร้อยละ 90

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาเนื้อดินและเคลือบเซรามิคอุณหภูมิต่ำ สำหรับผลิตภัณฑ์จอกยางพารา ของกลุ่มผลิตเครื่องปั้นดินเผาบ้านวังดินสอ ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก

5.1.2 วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีวิธีดำเนินการวิจัยเป็น 3 ขั้นตอนคือ

ขั้นตอนที่ 1 การทดลองสร้างส่วนผสมเนื้อดินถ้วยดินเผา

ประชากรคือดินในท้องถิ่น จากแหล่งที่ทำการผลิตเครื่องปั้นดินเผา คือ บ้านวังดินสอ ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก ร่วมกับ เฟลด์สปาร์ และควอทซ์ ได้จากการสุ่มแบบเจาะจงจากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า ได้กลุ่มตัวอย่าง 36 ตัวอย่าง

ขั้นตอนการทดลองประกอบด้วย การชั่งส่วนผสม ตามกลุ่มตัวอย่างด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าบดให้ละเอียดโดยโกร่งบด กรองด้วยตะแกรง ขึ้นรูปแท่งทดลอง ทำการเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส และทดสอบแท่งทดลองภายหลังการเผา

การวิเคราะห์ผลข้อมูล นำแท่งทดลองที่ได้จากการเผามาทดสอบคุณสมบัติหลังการเผาได้แก่ ทดสอบหาค่าความหดตัวหลังจากเผา (Firing Shrinkage) ทดสอบค่าความแข็งแรงหลังเผา (Firing Strangth) โดยนำแท่งตัวอย่างมาทดสอบความต้านทานต่อแรงกดด้วยเครื่อง "Modulus Of Rupture (MOR) Machine" และ หาค่าการดูดซึมน้ำ (Water Absorption) โดยการนำแท่งทดลองที่ผ่านการเผาแล้วมาชั่งน้ำหนักแล้วนำไปต้มในน้ำเดือด 2 ชั่วโมงแช่น้ำให้อิ่มตัว 24 ชั่วโมงเพื่อให้น้ำแทรกเข้าไปอยู่ตามช่องว่างหรือรูพรุนได้อย่างทั่วถึง หลังจากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งก่อนนำไปคำนวณตามสูตร

หลังจากนั้นคัดเลือกเนื้อดินที่มีคุณสมบัติเหมาะสม นำมาเตรียมแผ่นทดลองสำหรับเคลือบ

ขั้นตอนที่ 2 การทดลองสร้างส่วนผสมเคลือบสำหรับเคลือบถ้วยดินเผา

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างในขั้นตอนนี้ ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงโดยกำหนดวัตถุดิบ ฟริต โซดาเฟลด์สปาร์ และควอตซ์ มีช่วงห่างช่วงละ 5 ซึ่งจะได้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 26 สูตร

การทดลองสร้างส่วนผสมเคลือบมีขั้นตอนคือ ชั่งส่วนผสมเคลือบด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้า บดผสมเคลือบด้วยโกร่งบด กรองน้ำเคลือบด้วยตะแกรง ชุบเคลือบลงบนแผ่นทดลองนำไปเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส

การวิเคราะห์ข้อมูล เป็นการทดสอบด้วยการสังเกตผลเคลือบภายหลังการเผา เพื่อตรวจสอบระดับความมันของเคลือบ ความสมบูรณ์ของเคลือบ วิเคราะห์ผลข้อมูลที่ได้และคัดเลือกแผ่นทดลอง เพื่อนำไปใช้เคลือบผลิตภัณฑ์จอกยางพารา

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองผลิตชิ้นงาน เป็นการทดลองขึ้นรูปชิ้นงานจอกยางพาราจากส่วนผสมที่คัดเลือกจากผลการทดลองที่มีความเหมาะสม มีขั้นตอนคือ เตรียมเนื้อดินตามสูตรที่คัดเลือก ออกแบบและขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จอกยางพาราโดยกระบวนการขึ้นรูปด้วยใบมีด เตรียมน้ำเคลือบจากส่วนผสมของเคลือบที่คัดเลือก ชุบเคลือบ เผาผลิตภัณฑ์จอกยางพารา และนำผลิตภัณฑ์จอกยางพาราไปทดลองใช้ในสวนยางพารา

ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ระดับความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราเกี่ยวกับ รูปแบบ ขนาด น้ำหนัก สี การใช้งาน การจัดเก็บรักษา การทำความสะอาดความแข็งแรงทนทาน ราคา และความสะดวกในการจัดซื้อ

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ การเลือกแบบเจาะจงจากเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราในเขต ตำบลบ้านแยง อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลกจำนวน 10 ราย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้แก่ แบบสอบถามความพึงพอใจมาตราจัดอันดับ (Rating scale) 5 ระดับ เกี่ยวกับการใช้จอกยางพาราของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่าง

การวิเคราะห์ข้อมูล การวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความพึงพอใจของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์

5.3 ผลการวิจัย

5.3.1 การทดลองสร้างส่วนผสมเนื้อดินถ้วยดินเผา พบว่าตัวอย่างที่มีค่าความหดตัวสูงสุดได้แก่ ตัวอย่างที่ 2,4,5,7,8 (ร้อยละ 14) ตัวอย่างที่ทีค่าความหดตัวน้อยที่สุดได้แก่ตัวอย่าง35 (ร้อยละ6) ตัวอย่างที่มีค่าความแข็งแรงสูงสุดได้แก่ตัวอย่างที่ 23 (80.52 ก.ก./ซ.ม.^{2}) ตัวอย่างที่มีค่าความแข็งแรงต่ำสุดได้แก่ตัวอย่างที่ 34 (33.00 ก.ก./ซ.ม.^{2}) ตัวอย่างที่มีค่าการดูดซึมน้ำสูงสุดได้แก่ ตัวอย่างที่ 32 (ร้อยละ19.33) ตัวอย่างที่มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำสุดได้แก่ตัวอย่างที่ 22 (ร้อยละ 4.87)

5.3.2 การทดลองสร้างส่วนผสมเคลือบ

ลักษณะของเคลือบภายหลังการเผา ระดับความมันส่วนใหญ่จะอยู่ระดับมันแววววาวจำนวน 12 สูตร ได้แก่สูตรที่1,2,3,4,5,6,10,11,12,13,16,17รองลงมาคือระดับกึ่งด้านกึ่งมันจำนวน 9 สูตรได้แก่สูตรที่ 7,8,9,14,15,20,21,22,23 และระดับด้านจำนวน 5 สูตรได้แก่สูตรที่ 18,19,24,25,26

ด้านการสุกตัวของเคลือบพบว่า ส่วนใหญ่สุก มีเพียง 4 สูตรที่ไม่สุกตัวได้แก่ สูตรที่19,24,25,26 ตำหนิของเคลือบ พบว่าเกิดตำหนิรูเข็มจำนวน 14 สูตรได้แก่สูตรที่1,3,4,7,8,9,10,12,13,15,16,17,18,20,22 ตำหนิเคลือบแยกตัวจำนวน 15 สูตรได้แก่สูตรที่2,3,4,5,10,11,12,14,16,18,19,21,22,24,25 ตำหนิฟองอากาศจำนวน 20 สูตรได้แก่สูตรที่ 1,2,3,4,5,6,7,8,10,11,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25 และเคลือบราน 1 สูตรได้แก่ สูตรที่ 6 สำหรับสีของเคลือบพบว่า มีสีขาวใส จำนวน 6 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1,2,3,6,9,10 สีขาวขุ่นจำนวน 16 สูตรได้แก่สูตรที่4,5,7,8,11,12,13,14,15,16,17,18,20,21,22,23 สีขาวทึบจำนวน 4 สูตร ได้แก่สูตรที่ 19,24,25,26

5.3.3 ความพึงพอใจของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์จอกยางพารา พบว่าเกษตรกรสวนยางพาราได้ทดลองใช้จอกยางพารามีความพึงพอใจทุกด้านในระดับมาก โดย มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเกี่ยวกับน้ำหนักของจอกยางพารา สูงสุด($\bar{x}$ 4.3 SD.823) รองลงมาได้แก่ความพึงพอใจด้านการใช้งาน(($\bar{x}$ 4.0 SD.667) และขนาดของจอกยางพารา($\bar{x}$ 3.8 SD.633) ตามลำดับโดยมีข้อเสนอแนะของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างผู้ทดลองใช้จอกยางพารา ต้องการให้มีการเคลือบทั้งด้านนอกและด้านใน เป็นความเห็นที่ตรงกันถึง 9 คนคิดเป็น ร้อยละ 90

5.4 อภิปรายผล

จากผลการวิจัยมีประเด็นที่น่าสนใจสมควรนำมาอภิปรายผลดังต่อไปนี้

4.1การทดลองสร้างส่วนผสมเนื้อดินถ้วยดินเผา

การทดลองสร้างส่วนผสมเนื้อดินถ้วยดินเผา พบว่า ตัวอย่างที่มีค่าความหดตัวสูงสุดได้แก่ตัวอย่างที่ 2,4,5,7,8 (ร้อยละ 14) ซึ่งมีดินท้องถิ่นในปริมาณมากระหว่างร้อยละ 75-90 ตัวอย่างที่ที่ค่าความหดตัวน้อยที่สุดได้แก่ตัวอย่าง 35 (ร้อยละ6) มีดินท้องถิ่นร้อยละ55 สังเกตได้ว่าตัวอย่างที่มีปริมาณดินมากจะมีการหดตัวมากกว่า การหดตัวมากแสดงว่าเนื่องจากความละเอียดของดินจะสัมพันธ์กับความเหนียว ความแข็งแรงเมื่อแห้ง ความหดตัวเมื่อแห้ง(Singer, 1960, p. 18) ซึ่งสาเหตุของการหดตัวนี้อาจเนื่องมาจากการสูญเสียองค์ประกอบ หรือโครงสร้าง ทำให้องค์ประกอบอื่นเข้ามาใกล้ชิดกันเป็นผลให้ขนาดในภาพรวมลดลง หรือเล็กลง หรืออาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายใน ทำให้เกิดความแน่นขึ้น ส่งผลให้ขนาดที่พิจารณาได้จากภายนอกลดลง ในทางเซรามิกส์นั้นการหดตัวเกิดขึ้นจากทั้งสองสาเหตุ คือการสูญเสียองค์ประกอบ และการรวมตัวกันของโครงสร้างภายใน (ประดุจฤดี สารสิทธิ์ : 2543http://www.teacher.ssru.ac.th)

ตัวอย่างที่มีค่าความแข็งแรงสูงสุดได้แก่ตัวอย่างที่ 23 (80.52 ก.ก./ซ.ม.^{2}) มีปริมาณดินท้องถิ่นค่อนข้างสูงร้อยละ 60 ตัวอย่างที่มีค่าความแข็งแรงต่ำสุดได้แก่ตัวอย่างที่ 34 (33.00 ก.ก./ซ.ม.^{2}) มีดินท้องถิ่นในปริมาณน้อยเพียงร้อยละ 55 ตัวอย่างที่มีค่าการดูดซึมน้ำสูงสุดได้แก่ ตัวอย่างที่ 32 (ร้อยละ19.33) ตัวอย่างที่มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำสุดได้แก่ตัวอย่างที่ 22 (ร้อยละ 4.87)รองลงมาคือ ตัวอย่างที่ 23(ร้อยละ 4.59) ซึ่ง Hamer, Frank and Hamer, Janet, (1986, p. 249) กล่าวว่าความพรุนหรือการดูดซึมน้ำของเนื้อเซรามิกส์ มีผลโดยตรงต่อความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์เมื่อแห้ง และนำไปเผา ในขณะที่อุณหภูมิต่ำกว่า 600 องศาเซลเซียส ความพรุนตัวของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น จากการเสียสารประกอบคาร์บอนและน้ำในโครงสร้างทางเคมี ผลิตภัณฑ์จะมีความแข็งแรงลดลง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น วัตถุดิบที่ถึงจุดหลอมตัวจะเริ่มหลอม และเกิดเป็นโครงสร้างใหม่ ทำให้ความพรุนตัวค่อย ๆ ลดลง ความแข็งแรงจะเพิ่มขึ้น ซึ่งที่อุณหภูมิประมาณ 900 – 1,000 องศาเซลเซียส พบว่า เป็นช่วงที่ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงสูงที่สุดสำหรับความพรุนตัวที่เหมาะสม ทำให้กล่าวได้ว่าหากต้องการผลิตภัณฑ์ที่สามารถชุบเคลือบได้ และมีความแข็งแรงสูงที่สุดของการเป็นผลิตภัณฑ์เผาดิบเพื่อชุบเคลือบ ควรเผาดิบที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส หากอุณหภูมิสูงกว่านี้ ความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น แต่ความพรุนตัวจะต่ำ ทำให้การชุบเคลือบลำบาก ส่วนอุณหภูมิที่ต่ำกว่านี้พบว่ามีความพรุนตัวสูง แต่ความแข็งแรงต่ำ

4.2 การทดลองสร้างส่วนผสมเคลือบสำหรับเคลือบถ้วยดินเผา

ลักษณะของเคลือบภายหลังการเผานั้นระดับความมันส่วนใหญ่จะอยู่ระดับมันแววววาว จำนวน 12 สูตร ได้แก่สูตรที่1,2,3,4,5,6,10,11,12,13,16,17รองลงมาคือระดับกึ่งด้านกึ่งมันจำนวน 9 สูตร ได้แก่สูตรที่7,8,9,14,15,20,21,22,23 และระดับด้านจำนวน 5 สูตรได้แก่สูตรที่ 18,19,24,25,26

ด้านการสุกตัวของเคลือบพบว่า ส่วนใหญ่สุก มีเพียง 4 สูตรที่ไม่สุกตัวได้แก่ สูตรที่ 19,24,25,26 ตำหนิของเคลือบเมื่อศึกษาส่วนผสมของตัวอย่างพบว่าทั้ง 4 ตัวอย่างมีปริมาณ ฟริตค่อนข้างต่ำคือ ร้อยละ 40-50 มีควอทซ์ระหว่างร้อยละ 15-20 ซึ่งค่อนข้างสูง เฟลด์สปาร์ร้อยละ 30-40ค่อนข้างสูง แสดงให้เห็นว่าฟริตมีอิทธิพลต่อการสุกตัวของเคลือบเป็นอย่างมากสอดคล้องกับสุรศักดิ์ โกสิยพันธุ์.(2534 : 48) ที่กล่าวว่า ฟริตเคลือบไฟต่ำ เป็นเคลือบที่ต้องใช้อุณหภูมิการเผาต่ำ 1,000 องศาเซลเซียส วัตถุดิบที่ใช้เป็นตัวช่วยหลอม (Flux) ส่วนมากเป็นพวกตะกั่ว (Lead) และบอแรกซ์ (Borax) ผิวเคลือบมักมีความแววววาวและสี

สดสวย ส่วนการเกิดตำหนิรูเข็มจำนวน 14 สูตรและ ตำหนิฟองอากาศจำนวน 20 สูตร น่าจะเกิดจากการที่มีแก๊สที่แตกตัวจากสารประกอบภายในส่วนผสมเคลือบที่เป็นผลมาจากการเผาเช่นคาร์บอนไดออกไซด์ ดันตัวออกมาที่ผิวผลิตภัณฑ์ ซึ่งแก้ไขได้ด้วยการเผายืนไฟ (โกมล รักษ์วงศ์ (2531:47) ส่วนตำหนิเคลือบแยกตัวจำนวน 15 สูตรนั้นสาเหตุอาจเนื่องมาจากมีไขมันหรือฝุ่นละอองเกาะติดที่ผิวลิตภัณฑ์ก่อนการชุบเคลือบ หรือความหดตัวระหว่างเคลือบและเนื้อดิน ไม่เหมาะสมวิธีแก้ไขควรทำความสะอาดที่ผิวผลิตภัณฑ์ก่อนการชุบเคลือบทุกครั้ง (สุรศักดิ์ โกสิยพันธุ์. 2534 : 49)

4.3 ความพึงพอใจของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์จอกยางพารา

เกษตรกรสวนยางพาราได้ทดลองใช้จอกยางพารามีความพึงพอใจทุกด้านในระดับมาก โดย มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเกี่ยวกับน้ำหนักของจอกยางพารา สูงสุด($\bar{x}$ 4.3 SD.823) รองลงมาได้แก่ความพึงพอใจด้านการใช้งาน(($\bar{x}$ 4.0 SD.667) และขนาดของจอกยางพารา($\bar{x}$ 3.8 SD.633) ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเกษตรกรพึงพอใจเกี่ยวกับ น้ำหนักของจอกยางพาราเนื่องจากผลิตภัณฑ์จอกดินเผาจากเครื่องปั้นดินเผานั้นจะมีน้ำหนักที่พอดี คือไม่หนักเกินไป และทนต่อแรงลมได้ดี หมดปัญหาที่เกิดจากแรงลมที่ทำให้น้ำยางเสียหายเหมือนการใช้จอกยางชนิดพลาสติกที่เคยใช้อยู่ ส่วนขนาดที่มีความเหมาะสมตามความเห็นของเกษตรกรนั้นอาจเกิดจากความสามารถบรรจุน้ำยางได้ปริมาณมาก สำหรับความเห็นเกี่ยวกับการเคลือบที่ผู้ใช้ผลิตภัณฑ์เสนอว่าควรมีการเคลือบทั้งภายในและภายนอกทั้งหมดนั้น แม้ว่าจะเป็นการสิ้นเปลืองวัตถุดิบแต่ในมุมมองเกี่ยวกับความสะดวกในการทำความสะอาดก็ถือว่าคุ้มค่ารวมทั้งยังช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับผลิตภัณฑ์ได้ด้วยซึ่งสอดคล้องกับทวี พรหมพฤกษ์ (2523:95) ที่ระบุว่า การเคลือบผลิตภัณฑ์เซรามิกมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ความสวยงาม เพื่อป้องกันผลิตภัณฑ์ของเหลว และก๊าซซึมผ่าน เพื่อให้ง่ายต่อการทำความสะอาดผิวผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มให้ผลิตภัณฑ์ความแข็งแกร่ง และทนต่อการกัดกร่อน และเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความทนทานต่อการเสียดสี

5.5ข้อเสนอแนะ

5.5.1ข้อเสนอแนะสำหรับนำผลการวิจัยใช้

1. กลุ่มผู้ผลิตเครื่องปั้นดินเผาในท้องถิ่นได้มีแนวทางในการผลิตจอกน้ำยางเพื่อจำหน่าย ก่อนนำไปผลิตควรมีการทดลองเพื่อความมั่นใจอีกครั้ง เนื่องจากวัตถุดิบอาจมีคุณสมบัติเปลี่ยนไป เนื่องจากสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ และควรทำการเคลือบทั้งด้านนอกและด้านใน ก่อนเคลือบต้องทำความสะอาดผิวผลิตภัณฑ์ทุกครั้ง

2. เกษตรกรผู้ปลูกยางพาราควรให้ความสำคัญต่อการจัดเก็บและหมั่นทำความสะอาดจอกยางพาราเซรามิคเท่าที่ต้องการ เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีความคงทน

5.5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยต่อไป

1.ควรมีการทำวิจัยเกี่ยวกับการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จากเนื้อดินท้องถิ่นโดยเน้นผลิตภัณฑ์ด้านประติมากรรมที่มีเอกลักษณ์ความเป็นท้องถิ่น

2.ควรมีการทำวิจัยเกี่ยวกับเคลือบที่มีสีสันสวยงามเหมาะกับการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ในท้องถิ่น

บรรณานุกรม

โกมล รักษ์วงศ์. (2531).**วัสดุที่ใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผาและเนื้อดินปั้น.** วิทยาลัยครูพระนคร บางเขน,

:

กรมทรัพยากรธรณี. (2526). **แร่** (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ : ศรีเมืองการพิมพ์.

กรมวิทยาศาสตร์บริการ. (2513). **เอกสารทางวิชาการเครื่องปั้นดินเผาครั้งที่ 1.** กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม.

กรมวิทยาศาสตร์บริการ. (2550) http://ceramic.go.th . กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม.

โกมล รักษ์วงศ์. (2531).**วัตถุดิบที่ใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผาและเนื้อดินปั้น.** กรุงเทพฯ :วิทยาลัยครูพระนคร.

ชาญ จรรยาวณิชย์. (2530). วัตถุดิบเซรามิกส์. **วารสารเซรามิกส์ไทย,** 2(1), .

นิวัตร พัฒนะ.(2545). **รายงานการวิจัยเรื่องการพัฒนาแหล่งดินวัดดาปะชาวหายเพื่อผลิตเครื่องปั้นดินเผา.** พิษณุโลก.สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม

ทวี พรหมพฤกษ์. (2523). **เตาเผาและการเผา.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียน สโตร์.

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

ประดุจฤดี สารสิทธิ์ : 2543http://www.teacher.ssru.ac.th/reudee_ni/file.php/1/Book-

ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์. (2541).**เนื้อดินเซรามิก.** โอเดียนสโตร์,

สรินทร ลิ่มปนาท. (2553).วิจัยเรื่อง **"การพัฒนาเคลือบฟริต ไฟต่ำ (700 - 900 'c) ที่เหมาะสมกับการเผาในเตาฟืนของชาวบ้านเพื่อเป็นการยกระดับคุณภาพและราคา ของผลิตภัณฑ์ดินแดง"** : สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย,

วรรณา ต.แสงจันทร์ และ ฉัตรชัย บาลศรี. (2555). **วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ ปีที่** 60 ฉบับที่ 188

พิทักษ์ รัตนจารุรักษ์ ,ปรับปรุง จาก อัศวิน ไตรญาณ (2550) :www.dmr.go.th

พลวัฒน์ พันเสรีวงศ์.โพสต์เมื่อ 17th August 2012)

สุรินทร ลิ่มปนาท. **(2553).สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ, จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย CeramicTest/physic-chapter6. html)**

สุรศักดิ์ โกสิยพันธุ์. (2534).**น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา.** ไทยวัฒนาพาณิชย์,

ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผา. **ข้อมูลทางเทคนิคด้านเซรามิก.** จิตวัฒนาการพิมพ์ลำปาง.

Budnikov P.P. (1964). **The Technology ofceramics and Refractories.** USA. : Massachusetts Institute of technology.

Fournier Robert. (1977). **Illustrated Dictionary of Practical Pottery.** Newyork : Van Vastrand Reenhold Company.

Hamer, Frank and Hamer, Janet. (1986). **The Potter's Dictionary of Materials and Techniques.**(2nd ed.). London: A&C Black.

Norton F.H. (1952). **Element of ceramics.** United stated of America : Addison Wesley Publishing Company, Inc.

Singer S. Sonja. (1960). **Industrial Ceramics.** London : Chapmen and hall Ltd.

ภาคผนวก

แบบสอบถามความพึงพอใจ

การทดลองผลิตภัณฑ์ จอกยางพารา จากแหล่งดินเผาบ้านวังดินสอ ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก

ข้อที่	ประเด็นคำถาม	ระดับความพึงพอใจ				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1	รูปแบบ					
2	ขนาด					
3	น้ำหนัก					
4	สี					
5	การใช้งาน					
6	การจัดเก็บ					
7	การทำความสะอาด					
8	ความแข็งแรงทนทาน					
9	ราคา ไม่เกิน 15 บาท					
10	ความสะดวกในการจัดซื้อ					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

การสร้างต้นแบบ

การทำพิมพ์

การทำชุดผลิตพิมพ์

แบบพิมพ์ที่พร้อมสำหรับการขึ้นรูป

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาดิบ เตรียมชุบเคลือบ

การชุบเคลือบ

ผลิตภัณฑ์หลังการชุบเคลือบ

การนำผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผา

ผลิตภัณฑ์หลังการเผาเคลือบ

การนำผลิตภัณฑ์ไปทดลองใช้งานในสวนยางพารา

ผู้วิจัยไปส่งเกตการทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ในสวนยางพารา

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิวัตร พัฒนะ
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Assistant Prof. Dr. Niwat Pattana

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3140700214406

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำสาขาวิชาเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้

4.1 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ตั้งอยู่เลขที่ 156 หมู่ 5 ต.พลายชุมพล อ.เมือง จ.พิษณุโลก รหัสไปรษณีย์ 65000 โทรศัพท์ / โทรสาร 055-282792

4.2 บ้านเลขที่ 155/27 หมู่ 7 ต.สมอแข อ.เมือง จ.พิษณุโลก รหัสไปรษณีย์ 65000
มือถือ 091-8399664 e-mail : pattana_np@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

5.1 ระดับปริญญาตรี ครุศาสตรบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศิลป์ (เครื่องปั้นดินเผา) วิทยาลัยครูพระนคร กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษา พ.ศ. 2528

5.2 ระดับปริญญาโท การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษา พ.ศ. 2534

5.3 ระดับปริญญาเอก ครุศาสตร์อุตสาหกรรมดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารอาชีวศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษา พ.ศ. 2549

6. ประสบการณ์งานวิจัย

6.1 การทดลองสัดส่วนของอลูมิน่าต่อซิลิกาที่ทำให้เกิดลักษณะของเคลือบเฟลดสปาร์ ปี พ.ศ. 2534

6.2 การประดิษฐ์เตาเผาเซรามิกใช้พลังงานไฟฟ้า ขนาด 30x30x30 ซม ปีพ.ศ.2538

6.3 การวิจัยและพัฒนาเตาเผาเซรามิกใช้พลังงานไฟฟ้า ขนาด 40x50x80 ซม ปีพ.ศ.2541

6.4 การวิจัยเรื่องการทดลองเนื้อดินปั้นไฮอะลูมินาสำหรับผลิตภัณฑ์ Thermocouple Tube ปี พ.ศ. 2541

6.5 การวิจัยและพัฒนาเตาเผาเซรามิกอุณหภูมิสูง 1600 ชนิดทางเดินลมร้อนขึ้น ปีพ.ศ.2541

6.6 การวิจัยและพัฒนาเตาเผาเซรามิกอุณหภูมิสูง 1600 ชนิดทางเดินลมร้อนลง ปีพ.ศ.2542

6.7 ผลงานประดิษฐ์นวัตกรรมเตาเผาประหยัดพลังงานประสิทธิภาพสูง ตามโครงการของกระทรวงพลังงานพ.ศ.2543

6.8 การศึกษาและพัฒนาสมบัติของดินบ้านดงดินทองเพื่อทำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทสโตนแวร์คุณภาพดี ปี พ.ศ. 2543

6.9 ความคิดเห็นของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเซรามิกในจังหวัดลำปางเกี่ยวกับคุณสมบัติที่จำเป็นของบัณฑิตสาขาวิชาเซรามิก ปี พ.ศ.2543

6.10 การศึกษาแรงจูงใจและความพึงพอใจในการทำงานของอาจารย์สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม ปี พ.ศ. 2544

6.11การทดลองประดิษฐ์ Thermocouple Pyrometer โดยใช้เนื้อดินปั้นไฮอะลูมินาเป็นฉนวนความร้อน ปี พ.ศ. 2545

6.12 ไส้กรองน้ำเซรามิกส์ ปี พ.ศ. 2545

6.13 การพัฒนาเครื่องกรองน้ำชนิดไส้กรองเซรามิกปี พ.ศ. 2545

6.14 การพัฒนาแหล่งดินวัตตาปะขาวหายเพื่อผลิตเครื่องปั้นดินเผา ปี พ.ศ. 2545

6.15 การวิจัยและพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเสริมสร้างสมรรถภาพการผลิตเซรามิกสำหรับบุคลากรในท้องถิ่น ปี พ.ศ.2549

6.16 ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และงานวิจัย สำหรับบัณฑิตศึกษาและนักศึกษา

6.17 ผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย

6.18 คณะกรรมการตรวจประเมินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนจังหวัดพิษณุโลก

6.19 วิทยากรฝึกอบรมการพัฒนาเครื่องปั้นดินเผาบ้านทุ่งหลวง จังหวัดสุโขทัย

6.20 วิทยากรฝึกอบรมการพัฒนาเครื่องปั้นดินเผาบ้านตาปะขาวหาย จังหวัดพิษณุโลก

6.21 ที่ปรึกษาและวิทยากรฝึกอบรมการพัฒนาเครื่องปั้นดินเผากลุ่มเซรามิกบางแก้ว จังหวัดพิษณุโลก