รายงานการวิจัย

การพัฒนาสูตรเคลือบจากเถ้าใยปาล์มน้ำมัน
สำหรับเคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาชนิดสโตนแวร์

THE DEVELOPMENT OF GLAZE FROM THE ASHES
OF OIL PALM FIBER FOR STONEWARE POTTERY PRODUCTS

ชัยวัฒนภัทร เลาสัตย์

รายงานวิจัยฉบับนี้ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณกองทุนวิจัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
พ.ศ. 2557

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในกระบวนการผลิตเครื่องปนดินเผา ขั้นตอนการเคลือบผลิตภัณฑถือเปนขั้นตอนการผลิตที่สำคัญมาก เนื่องจากเคลือบคือ ชั้นของแกวบางที่หลอมละลายติดอยูกับผิวดินซึ่งขึ้นรูปเปนภาชนะรูปทรงตางๆ (ไพจิตร อิงศิริวัฒน.2537:1) เพื่อประโยชนในการทำความสะอาด เพิ่มความแข็งแกร่งและเพื่อให่ผลิตภัณฑ์เกิดความสวยงามจากสีสันของเครื่องเคลือบ (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ. 2531 :1)

เคลือบขี้เถาเปนเคลือบอีกประเภทหนึ่งที่ใชขี้เถาจากไมยืนตนหรือไมลมลุกเปนวัตถุดิบหลักในการทำเคลือบ ซึ่งชาวจีนเปนชาติที่คิดคนไดและมีการเผยแพรเทคนิคในการผลิตสูชาติใกลเคียง เชนญี่ปุน เกาหลี ในประเทศไทยมีการผลิตเครื่องเคลือบจากขี้เถาใชกันมานานแลว เริ่มแรกในยุคสุโขทัยเปนราชธานี มีการผลิตเครื่องสังคโลกที่มีชื่อเสียงเปนที่รูจักของตางชาติ เนื่องจากในยุคนั้นมีการสงออกจำหนายในหลายประเทศ เครื่องเคลือบสังคโลกมีการเคลือบดวยขี้เถาไม ที่มีโทนสีเขียวตางๆ เชน สีเขียวอมฟา สีเขียวอมเทา สีเขียวอมน้ำตาล เคลือบสีเขียวที่เปนที่นิยมจะมีโทนสีเขียวไขกา หรือที่รูจักในชื่อ เคลือบศิลาดล ซึ่งเปนที่นิยมเคลือบผลิตภัณฑมาแตโบราณ แมในยุคปจจุบันเคลือบศิลาดลยังไดรับความสนใจ และเปนที่นิยมตลอดมาทั้งชาวไทยและตางชาติเนื่องจากมีสีที่นุมนวล สวยงาม ในปจจุบันเคลือบขี้เถาไมยังไดรับความนิยมในการใชเคลือบผลิตภัณฑทางดานงานศิลปะ และงานตกแตงประดับ เนื่องจากเคลือบขี้เถา มีขอจำกัดในเรื่องเฉดสีที่มีโทนสีนอยและมีการเปลี่ยนแปลงไดงายในการเผาครั้งตอๆไปหากการควบคุมการเผาไมดี อีกทั้งยังเป็นการยุงยากในขั้นตอนการผลิตเคลือบของโรงงาน การใชเคลือบขี้เถาจึงมักเปนโรงงานขนาดเล็กที่ทำงานดานศิลปะหรือกลุมชุมชนที่ทำงานเครื่องปนดินเผาภายในครัวเรือนแตเคลือบขี้เถามีลักษณะพิเศษในเรื่องพื้นผิวที่มีความหยาบเหมือนเม็ดทรายจนถึงมีผิวเรียบเนียนเหมือนหยก ผิวมีความแวววาวจนถึงผิวดาน ผิวแตกรานเหมือนลายงาและมีความออนแกของสีที่หลากหลาย จึงสามารถตอบสนองตอการทำงานเครื่องปนดินเผาในแนวศิลปหัตถกรรมไดอยางกวางขวาง (เสริมศักดิ์ นาคบัว.2536:1)อีกทั้งเคลือบขี้เถาไมมีตนทุนการผลิตที่นอยกวาสามารถนำวัตถุดิบในทองถิ่นมาใชในการผลิตเคลือบขี้เถาได้

จากการสำรวจโรงงานอุตสาหกรรมในภาคใต้ตอนล่าง เถ้าใยปาล์มน้ำมันเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม ที่ใช้กากใยปาล์มน้ำมันมาเป็นเชื้อเพลิงให้กับหม้อกำเนิดไอน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า มีอุณหภูมิในการเผาไหม้ประมาณ 800 – 1000 องศาเซลเซียส ในระบบปิด เถ้าใยปาล์มน้ำมันที่เกิดขึ้นมีการใช้ประโยชน์น้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณที่เกิดขึ้นในแต่ละปี โดยส่วนใหญ่ต้องนำไปทิ้งทำให้เกิดปัญหาในเรื่องการกำจัดตามมา ซึ่งเป็นการเสียพื้นที่โดยสูญเปล่าและทำให้เกิดมลภาวะจากการฟุ้งกระจายของขี้เถ้าเหล่านี้

ผู้วิจัยมีความสนใจในเถ้าใยปาล์มน้ำมันเหลือทิ้งดังกล่าว มาใช้เป็นส่วนผสมหลักในการทำเคลือบขี้เถาพืช พัฒนาสูตรใหม่โทนสีที่สวยงาม มีพื้นผิวเคลือบที่เรียบเนียน เพื่อให้สามารถนำไปใชในการเคลือบผลิตภัณฑเครื่องปั้นดินประเภทสโตนแวร์ เพื่อเปนการลดตนทุนในการผลิตเคลือบ อีกทั้งเปนการนำวัสดุเหลือใชที่มีเป็นจำนวนมากในท่องถิ่นมาสรางมูลคาใหเพิ่มขึ้นจากเดิม อีกทั้งเปนแนวทางให้ผูประกอบการเครื่องปนดินเผาในท้องถิ่นในการสร้างเอกลักษณ์ให้กับผลิตภัณฑ์ และยังเป็นการจัดการปัญหาทางสิ่งแวดล้อมได้อีกทางหนึ่ง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.เพื่อพัฒนาเคลือบขี้เถ้าพืชจากส่วนผสมของเถ้าใยปาล์มน้ำมัน สำหรับเคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาชนิดสโตนแวร์

2.เพื่อประเมินคุณภาพของเคลือบเถ้าใยปาล์มน้ำมัน สำหรับเคลือบ ผลิตภัณฑ์เครื่องปนดินเผาชนิดสโตนแวร์

สมมุติฐานของงานวิจัย

สูตรเคลือบขี้เถาพืชจากส่วนผสมของเถ้าใยปาล์มน้ำมัน จำนวน 3 สูตร ที่ดีที่สุดโดยการเลือกของผู้เชี่ยวชาญ เผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศออกซิเดชัน และรีดักชันมีผิวที่เรียบเนียนใสเปนมันวาว มีความสมบูรณสวยงาม สามารถใช้กับผลิตภัณฑ์เครื่องปนดินเผาชนิดสโตนแวร์

ตัวแปรที่สำคัญในการวิจัย

<u>ตัวแปรต้น</u>

1.อัตราสวนผสมของเคลือบขี้เถาพืชจากส่วนผสมของเถ้าใยปาล์มน้ำมัน จำนวน 36 สูตร

2. บรรยากาศในการเผาไหม

2.1 การเผาไหมแบบออกซิเดชัน

2.2 การเผาไหมแบบรีดักชัน

<u>ตัวแปรตาม</u>

คุณภาพของเคลือบผลิตภัณฑ์

1.พื้นผิวของเคลือบ

2.ความสมบูรณของเคลือบ

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อพัฒนาสูตรเคลือบขี้เถาพืชจากส่วนผสมของเถ้าใยปาล์มน้ำมัน โดยมีกรอบแนวคิดระเบียบวิธีวิจัย ดังนี้

1. เครื่องมือวิจัยที่ใช้ ได้แก่ แบบประเมินคุณภาพเคลือบ ซึ่งผู้วิจัยเป็นคนพัฒนาขึ้นเองและตรวจสอบเครื่องมือโดยผูเชี่ยวชาญที่มีประสบการณทางการสอนวิชาเครื่องปนดินเผาจำนวน 2 ท่าน

2. วัตถุดิบที่ใชในการทดลอง

1.1 เถ้าใยปาล์มน้ำมันเหลือทิ้ง มีความละเอียด 100 เมส

1.2 หินฟนมา (Feldspar) มีความละเอียด 325 เมส

1.3 ดินขาว(Kaolin, China clay)มีความละเอียด 100 เมส

3. การกำหนดอัตราสวนผสมของเคลือบไดจากแผนภาพสามเหลี่ยมดานเทา จำนวน 36 สูตรโดยกำหนดวัตถุดิบหลักคือ เถ้าใยปาล์มน้ำมันเหลือทิ้งหินฟนมา และดินขาว

4. การทดลองมี 2 ขั้นตอนหลักดังนี้

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> นำแผนทดสอบชุบในน้ำเคลือบทั้ง 36 สูตร สูตรละ 6 แผนจะไดแผนทดสอบจำนวน 213 ชิ้น นำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศการเผาไหม แบบออกซิเดชัน (OF) และ

บรรยากาศแบบรีดักชัน(RF) จากนั้นคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุด 3 สูตรโดยผูเชี่ยวชาญโดยการเปรียบเทียบกันเองภายในอัตราสวนสูตรตางๆ จากลักษณะของเคลือบในดานการหลอมตัวของเคลือบ

<u>ขั้นตอนที่ 2</u> นำสูตรที่ดีที่สุดอย่างละ 3 สูตรไปเคลือบผลิตภัณฑเครื่องปนดินเผาสโตนแวร์ ที่ผานการเผาดิบจำนวน 3 รูปแบบ ที่ตางกันรูปแบบละ 6 ชิ้น จะไดผลิตภัณฑที่เผาจำนวน 18 ชิ้น นำไปเคลือบและเผาที่อุณหภูมิ 1, 230 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศการเผาไหมแบบออกซิเดชัน (OF) และการเผาไหม แบบรีดักชัน (RF) และทำการประเมินคุณภาพของเคลือบผลิตภัณฑในดานพื้นผิวของเคลือบ

5.เตาเผาที่ใชในการทดลองเปนเตาเผาชนิดทางเดินลมรอนลงใช้แก็สเปนเชื้อเพลิงในการเผาไหมในบรรยากาศรีดักชัน (RF) และแบบบรรยากาศออกซิเดชัน (OF)

6. การประเมินคุณภาพของเคลือบจะใชแบบประเมินคุณภาพเคลือบ โดยผูเชี่ยวชาญที่มีประสบการณทางการสอนวิชาเครื่องปนดินเผาจำนวน 3 ทานและผูมีประสบการณในสถานประกอบการทางงานเครื่องปนดินเผา 1 ทาน

7.การชั่งสวนผสมของวัตถุดิบ ใชเครื่องชั่งระบบไฟฟา จำนวนทศนิยม 2 ตำแหนง

ประโยชนที่คาดว่าจะไดรับ

ไดสูตรเคลือบขี้เถาพืชจากส่วนผสมของเถ้าใยปาล์มน้ำมัน ที่มีความสวยงาม และราคาต่นทุนการผลิตที่ต่ำ สำหรับเคลือบผลิตภัณฑเครื่องปั้นดินเผาชนิดสโตนแวร์

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้รวบรวมรายงานเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไว้ดังต่อไปนี้

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการเคลือบ
2. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการเคลือบขี้เถ้า
3. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง
4. การอ่านแผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่า
5. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการเคลือบ

ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่ผ่านการเผาดิบแล้ว อาจมีผิวผลิตภัณฑ์ที่หยาบดูไม่สวยงาม จึงมีการเคลือบผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ผิวผลิตภัณฑ์มีความละเอียด สวยงาม และทำให้การดูแลรักษาง่าย อีกทั้งเป็นการป้องการรั่วซึมของน้ำหรือของเหลวต่างๆ

1.1 ความหมายของเคลือบและวัตถุประสงค์ของการเคลือบ

เคลือบ (Glaze) คือ สารประกอบของซิลิเกต (Silicat) ผสมกับสารประกอบอย่างอื่น ที่เป็นตัวช่วยหลอมละลายซึ่งเราเรียกว่า ฟลักซ์ (Flux) อาจจะมีออกไซด์ของโลหะผสมลงไปด้วยเพื่อทำให้เกิดสีและกระทบในเคลือบ เมื่อเผาส่วนผสมของน้ำเคลือบถึงอุณหภูมิที่ทำให้หลอมละลายแล้ว น้ำเคลือบจะรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน และเมื่อทิ้งไว้ให้เย็นจะมีลักษณะเหมือนแก้วบางๆ ฉาบติดอยู่กับผิวผลิตภัณฑ์

วัตถุประสงค์ในการเคลือบผลิตภัณฑ์สามารถแบ่งเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

(สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2531:1)

เพื่อป้องกันการซึมผ่านของแก๊สและน้ำ คือ เมื่อน้ำหรือแก๊สซึมผ่านเข้าไปในเนื้อผลิตภัณฑ์ย่อมทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดความชื้น ซึ่งอาจทำให้เกิดเชื้อราและตะไคร่น้ำ

เพื่อให้มีความแข็งแกร่งทนต่อการกัดกร่อนต่าง ๆ ซึ่งหากมีการเคลือบภาชนะจะทำให้ทนต่อกรดและด่าง เช่น น้ำส้ม เกลือ กระเทียมดอง ฯลฯ

เพื่อให้มีความสวยงามน่าใช้ และปิดบังผิวผลิตภัณฑ์ที่หยาบ

เพื่อให้มีความคงทนต่อการกระแทกเสียดสีได้ดี

1.2 ประวัติความเป็นมาของเคลือบ

น้ำเคลือบมีการค้นพบและทำกันมานานแล้ว ตั้งแต่โบราณกาลกล่าวกันว่าชนชาติอียิปต์เป็นผู้ค้นพบมาก่อนโดยบังเอิญในแถบทะเลทราย เป็นพวกเคลือบด่าง (Alkaline glazes) ซึ่งมีส่วนผสมของโซดาแอช (Soda ash) ทราย (Sand) และดิน (Clay) ต่อมาปรากฏว่าชนชาวซีเรีย (Syrians) และ บาบิโลเนียน (Babylonians) ได้ค้นพบสารชนิดหนึ่ง ปัจจุบันเรียกว่าตะกั่วซัลไฟด์ (Lead Sulfide or galena) และได้มีการนำมาทดลองทำเคลือบจนเป็นผลสำเร็จ และสามารถทำเป็นเคลือบสีต่างๆ ได้ด้วย โดยการเติมออกไซด์ของโลหะลงไปในน้ำเคลือบ ทำให้เกิดเป็นสีต่าง ๆ ตามที่ต้องการ ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ที่เคลือบสีมักนำไปใช้ในการก่อสร้าง

ความรู้เกี่ยวกับเคลือบตะกั่วนี้ได้เจริญแพร่หลายไปสู่ประเทศต่าง ๆ โดยกองคาราวานสินค้า โดยเฉพาะประเทศจีนที่ได้รับเทคนิคในการทำเคลือบตะกั่วเช่นกัน น้ำเคลือบของจีนในสมัยแรก ๆ นิยมเคลือบหลายสีคล้ายสีส้ม ทำให้เกิดความสวยงามและสะดุดตา ต่อมาชาวจีนได้ประสบความสำเร็จในการสร้างเตาเผา (Kiln) ซึ่งสามารถเผาได้ในอุณหภูมิสูงควบคุมได้ง่าย เป็นเตาเผาแบบทางเดินลมร้อนขนานโดยใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง ในขณะเดียวกันชาวจีนก็ได้พยายามพัฒนาคิดสูตรน้ำเคลือบขึ้นใหม่ ซึ่งสามารถเผาในอุณหภูมิสูงได้เป็นครั้งแรก โดยใช้ส่วนผสมของขี้เถ้า (Ash) หินฟันม้า (Feldspar) และดิน (Clay) ในอัตราส่วนที่เท่ากันทำน้ำเคลือบเป็นผลสำเร็จ

นอกจากนี้ชาวจีน ยังได้พยายามศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับน้ำเคลือบต่อไป จนได้ค้นพบ น้ำเคลือบชนิดหนึ่งโดยบังเอิญ คือ น้ำเคลือบสลิป (Slip glazed) ซึ่งเป็นน้ำเคลือบที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติ มีลักษณะเป็นดินน้ำ แต่มีส่วนผสมที่ทำให้สามารถเผาให้หลอมได้ ส่วนใหญ่มักจะมีสีน้ำตาลเข้ม เนื่องจากมีปริมาณออกไซด์ของเหล็กสูง นากจากนั้นชาวจีนยังได้ทำน้ำเคลือบหินซึ่งเป็นเคลือบไฟสูงเช่นกัน มีส่วนประกอบของหินฟันม้าเป็นหลัก และประกอบด้วยหินปูน (Limestone) หินแก้ว (Quartz) เป็นเคลือบที่สวยงามมาก ให้สีขาวนวล ผลงานเกี่ยวกับน้ำเคลือบของจีนได้รับความนิยมอย่างมาก เคลือบหอนนี้ ส่วนมากชาวจีนใช่เคลือบผลิตภัณฑ์พวกพอร์สเลน (Porcelain) เคลือบชนิดนี้ได้รับความนิยมแพร่หลายมาถึงปัจจุบัน (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2531:1)

การทำน้ำเคลือบในปัจจุบันนั้น มีเครื่องมือที่ทันสมัยและมีการคิดค้นทดลองอยู่ตลอด ทำให้ผลิตเคลือบที่มีสีมากมายหลากหลายสี ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดความสวยงามน่าใช้งานยิ่งขึ้น

1.3 การแบ่งกลุ่มวัตถุดิบในการทำเคลือบ

1.3.1 วัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง (Bases group) เป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิในการหลอมละลาย(Fluxing agents) ในทางเซรามิกส์ ใช้สัญลักษณ์ RO และ R_2O เขียนแทนวัตถุดิบกลุ่มนี้ ได้แก่ พวกตะกั่วออกไซด์ (PbO) สังกะสีออกไซด์ (ZnO) แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) เป็นต้น

1.3.2 วัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นกลาง ทำหน้าที่เป็นตัวทนไฟ (Refractory) และตัวให้สี (Colorants) ในทางเซรามิกส์ใช้สัญลักษณ์ R_2O_3 เขียนแทนวัตถุดิบกลุ่มนี้ ได้แก่พวก อลูมินาออกไซด์ (Al_2O_3) โครเมี่ยมออกไซด์ (Cr_2O_3) พลวงออกไซด์ (Sb_2O_3) เป็นต้น

1.3.3 วัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นกรด (Acids group) ทำหน้าที่เป็นตัวทำให้เกิดแก้ว (Glass forming) และทำให้ทึบในเคลือบ (Opacifier) ในทางเซรามิกใช้สัญลักษณ์ RO_2 เขียนแทนวัตถุดิบกลุ่มนี้ ได้แก่พวกซิลิกาออกไซด์ (SiO_2) เป็นต้น

1.4 การเตรียมเคลือบ และการเคลือบผลิตภัณฑ์

วัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมเคลือบ ลักษณะภายนอกอาจมีรูปลักษณ์และสีที่เหมือนกัน อาจก่อให้เกิดความสับสนใจการใช้ได้ อีกทั้งวัตถุดิบส่วนใหญ่ ถูกบดเป็นผงละเอียด ผ่านตะแกรงเบอร์#200 ส่วนใหญ่อยู่ในรูปผงละเอียดสีขาวเหมือนกันหมด ยกเว้นออกไซด์ที่เป็นสีต่าง ๆ ดังนั้น ควรหาภาชนะใส่วัตถุดิบแยกเฉพาะชนิด และเขียนชื่อวัตถุดิบกำกับติดไว้ที่ภาชนะให้ชัดเจน โดยเฉพาะวัตถุดิบที่มีพิษ เช่น สารตะกั่วหรือแบเรียมคาร์บอเนต ควรเขียนคำว่า สารพิษอันตราย กำกับไว้ที่ตัวถังด้วย

1.4.1 อุปกรณ์การเตรียมเคลือบ

1.4.1.1 เครื่องชั่ง (Balance) หรือเครื่องวัดตวง (Scale) ควรเป็นชนิดที่มีความไวสูง เพราะการชั่งส่วนผสมของน้ำเคลือบต้องกาความละเอียดมาก เครื่องชั่ง เมาะสมควรเป็นชนิดจาน แต่โรงงานในบางแห่งยังนิยมใช้การตวงวัตถุดิบอยู่ ซึ่งวิธีนี้คนทำต้องมีความชำนาญมาก

1.4.1.2 ถังใส่น้ำเคลือบ ควรเป็นถังที่มีฝาปิดมิดชิดเพื่อกันสิ่งสกปรกหล่นลงในน้ำเคลือบ ซึ่งอาจทำให้เกิดความผิดเพี้ยนของสีหลังการเผาได้ และควรมีตัวอย่างเคลือบติดไว้

1.4.1.3 หม้อเคลือบ (Pot-mill) หรือโกร่งบด (Apothe cary's morter) สำหรับโกร่งบดเคลือบใช้สำหรับบดเคลือบเพื่อใช้ทดลองสีของเคลือบ จึงใช้จำนวนน้อยราคาไม่แพงนัก ใช้แรงคนในการบด เคลือบทำด้วยเนื้อพอร์สเลนแข็งแกร่งมากมีหลายขนาดที่เหมาะสมกับการใช้งาน หม้อบดเคลือบมีหลายขนาดขึ้นอยู่กับความจุของหม้อบด เช่น ขนาดบรรจุ 0.5 กิโลกรัม 5 กิโลกรัม หรือ 100 กิโลกรัม เป็นต้น

1.4.1.4 ตะแกรงน้ำยาเคลือบ(Sieve) ควรเป็นตะแกรงเบอร์ละเอียดขนาด # 80 – 100 ควรมีตะแกรง 2 อัน เพื่อใช่สำหรับเคลือบขาวอันหนึ่งและเคลือบสีอีกหนึ่งอัน ไม่ควรปะปนกัน เพราะจะทำให้เม็ดสีตกค้างอยู่ตามซอกตะแกรง อาจทำอันตรายต่อเคลือบขาวได้

1.4.2 การเตรียมน้ำยาเคลือบ

การที่จะเตรียมน้ำยาเคลือบสูตรใดๆ สูตรนั้นจะมีการทดลองก่อนจนได้ผลดี เพื่อป้องกันการผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น ทำให้สิ้นเปลืองวัสดุ

1.4.2.1 การชั่งส่วนผสม จะต้องให้ถูกต้องแน่นอนตรงตามสูตร เวลาชั่งไม่ควรให้ตัวเลขน้ำหนักเพิ่มหรือลด มากกว่าที่สูตรกำหนด หากเป็นน้ำหนักเลขทศนิยมก็ให้ปัดให้เป็นตัวเลขจำนวนเต็มได้

1.4.2.2 การบดผสม ส่วนมากการบดคือการผสมวัตถุดิบไปในตัวระหว่างการบด ถ้าเตรียมเคลือบจำนวนน้อยเพื่อใช้ในการทดลองก็ใช้โกร่งในการบด แต่ถ้าต้องการเตรียมจำนวนมากและให้สีที่สม่ำเสมอควรจะบดด้วยหม้อบดมากกว่า ส่วนระยะเวลาในการบดขึ้นอยู่กับส่วนผสมของน้ำหนักหรือชนิดของเคลือบ การบดน้ำเคลือบไม่ควรใส่น้ำเกินร้อยละ 55 ของน้ำหนักส่วนผสม โดยทั่วไปจะใช้น้ำประมาณร้อยละ 30-40 เพราะถ้าใส่น้ำมากไป จะทำให้การบดในหม้อบดไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร เนื่องจากน้ำจะทำให้ส่วนผสมเคลื่อนหนีและเกิดการสึกหรอของวัตถุที่กรุไว้ภายใน แต่ถ้าใส่น้ำน้อยไปจะทำให้ส่วนผสมมีความหนืดสูง ทำให้ประสิทธิภาพในการบดต่ำ เนื่องจากลูกบดเคลื่อนที่ได้ยากลำบาก ฉะนั้น เวลาบดน้ำเคลือบควรจะใส่น้ำให้พอดี และน้ำที่ใช้ต้องเป็นน้ำที่สะอาดปราศจากตะกอนและมีสภาพเป็นกลาง

1.4.2.3 การกรอง น้ำเคลือบเมื่อผ่านการบดผสมเรียบร้อยแล้ว ต้องผ่านการกรองด้วยตะแกรง (Sieve) เพื่อให้ได้ความละเอียดตามต้องการ น้ำเคลือบแทบทุกชนิดถ้าทิ้งไว้นานจะเกิดการตกผลึกของสาร ฉะนั้นก่อนนำไปใช้ควรคนให้ทั่วเสียก่อน หรือถ้ากรองใหม่ได้ก็จะดี มิฉะนั้นสารเคมีจะเกาะตัวเป็นเม็ดผลึกแฝงอยู่ในเนื้อเคลือบ เมื่อเผาออกมาแล้วจะเกิดเป็นจุดเป็นดวงบนผิวเคลือบได้ (สุรศักดิ์ โกสิยะพันธ์. 2531:68)

1.4.3 การเคลือบผลิตภัณฑ์

1.4.3.1 เคลือบด้วยวิธีชุบหรือจุ่ม (Dipping) เป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็วกว่าวิธีอื่นเหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็ก มีน้ำหนักเบาสามารถยกได้ โดยการเอาผลิตภัณฑ์จุ่มลงในน้ำเคลือบที่เตรียมไว้แล้ว ซึ่งน้ำเคลือบต้องมีปริมาณมากพอที่จะจุ่มผลิตภัณฑ์ทั้งใบได้ เป็นวิธีการที่ประหยัดและนิยมใช้กันมาก

1.4.3.2 เคลือบด้วยวิธีเทหรือราด (Pouring) วิธีนี้ส่วนมากใช้กับผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ ซึ่งไม่สามารถใช้วิธีจุ่มได้ หรือมีน้ำเคลือบน้อยไม่พอใช้ โดยใช้น้ำเคลือบเทราดลงบนผลิตภัณฑ์ วิธีนี้อาจจะได้ผิวเคลือบที่ไม่ค่อยเรียบนัก เนื่องจากรอยต่อระหว่างการเทราดแต่ละครั้ง

1.4.3.3 เคลือบด้วยวิธีทา (Painting) วิธีนี้ใช้แปรงหรือพู่กันทาส่วนมากใช้กับงานทางศิลปะที่ต้องการหลาย ๆ สี แปรงหรือพู่กันที่นำมาใช้ทาน้ำเคลือบควรจะมีขนยาว นุ่ม เพื่อที่จะได้อุ้มน้ำเคลือบไว้ได้มาก ๆ

1.4.3.4 เคลือบด้วยวิธีพ่น (Spraying) วิธีนี้เป็นวิธีที่ทำให้เคลือบมีผิวสม่ำเสมอ เคลือบที่ใช้ต้องผสมให้ใสกว่าเคลือบด้วย 3 วิธีแรก เพื่อสะดวกในการพ่น ถ้าเคลือบเข้มข้นมากจะทำให้พ่นไม่ออก วิธีนี้เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ และเครื่องสุขภัณฑ์ต่าง ๆ หรือในระบบการผลิตแบบสายพาน เวลาพ่นจะพ่นในตู้เย็น (Spray booth) เพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นเคลือบฟุ้งกระจาย และสามารถนำเคลือบที่ติดอยู่ในตู้พ่นกับใช้ได้ใหม่ได้อีก

เมื่อผลิตภัณฑ์ผ่านการเคลือบแล้วต้องตกแต่งผิวเคลือบให้เรียบร้อยตรงไหนไม่ติดเคลือบก็ป้ายเคลือบให้สม่ำเสมอ หากเป็นรูเล็ก ๆ ที่ผิวเคลือบ (Pinholes) เมื่อเคลือบแห้งก็ใช้มือลูบเบา ๆ ผงเคลือบก็จะลงไปอุดจนเรียบ เสร็จแล้วใช้ฟองน้ำเช็ดเคลือบส่วนที่ต้องวางสัมผัสกับพื้นออกให้หมด ป้องกันการติดกับพื้นรองขณะเผา

1.5 เตาและการเผาผลิตภัณฑ์

เตาเซรามิกส์ เป็นเครื่องมือเครื่องใช้ของมนุษย์ในยุคต้น แบบโบราณนั้นต้องย้อนยุคไปอย่างน้อย 8,000 ปี ก่อนคริสตศักราช หรือมากกว่านั้น และมีการพัฒนารูปแบบและเทคนิคในการเผาผลิตภัณฑ์มาโดยตลอด โดยชนชาติอียิปต์ถือว่าเป็นผู้ที่พัฒนารูปแบบเตาให้สมบูรณ์และสามารถควบคุมอุณหภูมิได้เป็นชนชาติแรก ต่อมากรีกและโรมันก็มีการพัฒนาในอีกหลายด้าน ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว ส่วนในทางตะวันออก การพัฒนาของเตาเผามีการออกแบบที่มีคุณสมบัติพิเศษ คือ มีขนาดเตาที่กว่างมากขึ้นสามารถควบคุมความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับบรรยากาศได้ การพัฒนาพอร์ซเลน (Porcelain) ขึ้นอยู่กับ การเผาในอุณหภูมิสูง (high firing temperature) บางอุณหภูมิก็สามารถใช้ได้ในเตาของแถบตะวันออก แต่ไม่สามารถใช้กับเตารุ่นเก่า (Primitive kiln) ในตะวันตกได้ชนชาติจีนถือว่าเป็นเลิศและมีความชำนาญในการสร้างเตา และการเผา อีกทั้งยังมีญี่ปุ่น และเกาหลี ที่มีเอกลักษณ์ของเตาและการเผาที่แตกต่างออกไปจากจีน จนในปัจจุบันเตาและการเผาก็ยังมีการพัฒนาอยู่อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้การเผาได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ และสามารถลดเชื้อเพลิงในการเผาแต่ละครั้งได้

1.5.1 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเตา

1.5.1.1 ห้องเตา (Firing chamber) แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ
ส่วนบน (Top part)
ส่วนกลาง (Middle part)
ส่วนล่าง (Bottom part)

เตาที่มีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีจะต้องให้ความร้อนทุกส่วนมีความร้อนสม่ำเสมอทุกครั้งที่ทำการเผา

1.5.1.2 ผนังเผา (Fire Wall) โดยปกติมักทำเป็น 2 ชั้น ทำหน้าที่ควบคุมความร้อน ชั้นนอกจะใช้อิฐทนไฟธรรมดา ส่วนผนังด้านในเตาจะใช้อิฐทนไฟชนิดเบา (Insulating Brick) หากแต่ในปัจจุบันนิยมใช้เซรามิกไฟเบอส์ เนื่องจากน้ำหนักเบาสามารถเก็บกักความร้อนได้ดีกว่าอิฐทนไฟชนิดเบา

1.5.1.3 พื้นเตา (Floor) ในเตาแบบทางเดินลมร้อนลง พื้นเตาต้องมีช่องระบายลมร้อนลงเป็นแบบตาหมากรุกทั่ว ๆ ไปบนพื้นเตา ส่วนเตาชนิดทางเดินลมร้อนขึ้นจะต้องเจาะพื้นเตาให้ความร้อนขึ้นได้สะดวก ควรมีการสร้างตะกรับ (Checker wark) หลายชั้น เพราะจะช่วยให้ความร้อนสม่ำเสมอดีทั่วทั้งเตา

1.5.1.4 ปล่องไฟ (Chemny) เตาที่ใช้ฟืน น้ำมัน ถ่านหิน และแก๊ส ต้องมีปล่องไฟ เพื่อช่วยในการลุกไหม้ของเชื้อเพลิงได้ดี โดยเฉพาะเตาฟืน ปล่องต้องมีขนาดโตกว่าเตาแก๊ส และเตาน้ำมัน เพื่อการเข้าของอากาศที่สะดวก

1.5.1.5 กำแพงไฟ (Buffle wall) เป็นตัวป้องกันไม่ให้เปลวไฟไปสัมผัสถูกผิวผลิตภัณฑ์ ซึ่งอาจทำให้เกิดรอยด่างดำได้ มักใช้อิฐทนไฟในการทำกำแพง

1.5.1.6 หัวพ่น (Burner) เป็นตัวที่พ่นเปลวไฟเข้าไปสู่ภายในเตา โดยมากใช้ระบบที่สามารถปรับความสมดุลระหว่างแก๊สและอากาศได้ บริเวณหัวพ่นควรเป็นอิฐทนไฟ

1.5.1.7 หลังคาเตา (Crown) มักจะมีลักษณะโค้ง เพราะจะทำให้ทรงตัวได้ดี โดยเฉพาะเมื่อมีการเผาในอุณหภูมิสูงอาจทำให้หลังคาเตาพังลงมาได้

1.5.1.8 ประตูเตา (Door) ใช้ทำหน้าที่เปิด – ปิด ในการบรรจุของเข้าเตา และออกจากเตา บางชนิดติดกับตัวเตา บางชนิดติดกับตัวรถบรรจุผลิตภัณฑ์ (Kiln car) มักมีการเจาะช่องไว้เพื่อการสังเกตสีของไฟ

1.5.1.9 รถบรรทุกผลิตภัณฑ์ (Kiln car) เตาเผาชนิดที่ใช้รถส่วนมากเป็นเตาที่ใช้น้ำมัน ไฟฟ้า และแก๊สเป็นเชื้อเพลิง มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ส่วนบน ล้อ และที่ป้องกันความร้อน (Sand seal) ในปัจจุบันกำลังเป็นที่นิยมในวงการอุตสาหกรรมเซรามิกอย่างมาก

1.5.1.10 แผ่นบังคับความร้อน (Damper) ส่วนมากเป็นเตาแก๊สและเตาน้ำมันที่ใช้แผ่นบังคับความร้อน(Damper)ซึ่งเป็นแผ่นที่กั้นอยู่ช่องปล่องเตากันไม่ให้ความร้อนไหลขึ้นสู่ปล่องเตาเร็วจนเกินไป

1.5.1.11 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Pyrometer) เป็นเครื่องมือบอกอุณหภูมิความร้อนภายในเตา เป็นองศาเซนเซียส หรือองศาฟาเรนไฮต์ได้ บอกเป็นกราฟ หรือ ตัวเลข มักเจาะทะลุผนังเตาด้านบน หรือด้านข้าง ในส่วนที่มีอุณหภูมิคงที่

1.5.1.12 ช่องไฟ (Fire hole) เตาเผาทุกชนิดต้องมีช่องดูไฟ มักเจาะไว้ 3 ระดับ เพื่อการเปรียบเทียบสีไฟ หรือ ใช้ดู Cone ในการเผา ในเตาไฟฟ้าจะทำหน้าที่ระบายแก๊สไปในตัว

1.5.1.13 อุปกรณ์เตา (kiln Furniture) โดยเฉพาะชั้นรองผลิตภัณฑ์เพื่อไว้วางชิ้นงานเข้าเตาเผา ที่นิยมใช้มี 2 ชนิดคือ ซิลิกอนคาร์ไบร์ (Silicon Carbide) และ คอร์เดียไลซ์ (Cordierite) เตาบางชนิดใช้หีบทนไฟ แซกเกอร์(Sagger) ก็ได้

1.5.2 การเผาผลิตภัณฑ์ (Firing)

การเผาในทางเซรามิก คือ การเพิ่มอุณหภูมิให้แกผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาในเตาภายใต้บรรยากาศที่เหมาะสมเพื่อเปลี่ยนสภาพดินให้กลายเป็นถาวรวัตถุมีความแข็งแกร่งเหมือนหินช่วยให้ผลิตภัณฑ์เกิดความคงทนถาวร และสวยงาม การเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผามี 3 ขั้นตอน (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์.2541:288)

1.5.2.1 การเผาดิบ (Biscuit Firing) เมื่อชิ้นงานที่ขึ้นแล้ว ยังคงมีความชื้น และสารอินทรีย์ (Organic Matter) อยู่ในชิ้นงาน การเผาไล่ความชื้น และสารอินทรีย์ ก่อนที่จะนำไปชุบเคลือบเป็นสิ่งจำเป็นเนื่องจากลดปริมาณน้ำในชิ้นงาน ซึ่งเป็นตัวการทำให้เกิดแรงดันจนชิ้นงานระเบิดได้ ในการเผาเคลือบหากชิ้นงานได้ผ่านการเผาดิบมาก่อน ในการชุบน้ำเคลือบจะทำได้ง่าย ชิ้นงานดูดซับน้ำเคลือบได้ง่ายอีกทั้งช่วงเวลาแรกในการเผาเคลือบสามารถเร่งไฟให้เร็วขึ้นได้ บรรยากาศในการเผาควรเป็นการเผาแบบออกซิเดชันเพื่อเปลี่ยนเหล็กออกไซด์(FeO)ในชิ้นงานให้อยู่ในรูปสารประกอบของเฟอร์รัสออกไซด์(FeO)ในการเผาดิบคือการเผาครั้งแรกโดยไม่ได้ชุบเคลือบ สามารถเผาได้ในอุณหภูมิต่ำหรือสูงก็ได้ ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาดิบแล้วจะมีความพรุนตัวสูง เนื่องจากการเผาดิบในอุณหภูมิต่ำ 750 – 800°C ทำให้ผลิตภัณฑ์ดูดซึมน้ำเคลือบได้ดี หากชุบเสียสามารถนำผลิตภัณฑ์ไปล้างทำความสะอาดแล้วนำไปผึ่งให้แห้งก็นำมาเคลือบใหม่ได้ ผลิตภัณฑ์ที่ผ่าน

การเผาดิบหากบนผิวผลิตภัณฑ์มีรอยตำหนิสามารถแก้ไขได้ในขั้นตอนนี้ก่อนทำการเคลือบเช่นการใช้กระดาษทรายขัดผิวให้เรียบ หรือการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีรอยตำหนิมากจนเกินไปก็สามารถทำได้ในขั้นตอนนี้ก่อนนำไปเคลือบ เพื่อเลือกชิ้นงานที่เสียมีตำหนิที่ไม่สามารถแก้ไขได้ และเป็นการลดต้นทุนที่อาจเสียไปในระหว่างเผาได้

ตาราง 1 ตารางแสดงวงจรการเผาดิบ

อุณหภูมิ	**วงจรการเผาดิบผลิตภัณฑ์สโตนแวร์**
24˚C อุณหภูมิห้องเริ่มเผาผลิตภัณฑ์ช้าๆ ผลิตภัณฑ์ควรแห้งสนิท	
	ก่อนเข้าเตาการเร่งอุณหภูมิไม่ควรเกินชั่วโมงละ 100˚C
100 - 250˚C	เป็นช่วงที่ผลิตภัณฑ์ระบายไอน้ำจากเตาเผา ควรแง้มประตูเตาเผาทิ้งไว้(เตาแก๊ส) หรือเปิดรูระบายความชื้นให้เพียงพอ ถ้าระบายน้ำออกไม่ทัน และเผาเร็วจะทำให้ผลิตภัณฑ์แตก
230 - 573˚Cผลึกของควอทซ์จะขยายตัวเปลี่ยนรูปทรงของผลึกเป็นช่วง	
	วิกฤตต้องควบคุมการเผาอย่างช้าๆ ไม่เกินไม่ชั่วโมงละ 100˚C
600˚C	เป็นช่วงการเผาที่ปลอดภัย เริ่มอุณหภูมิในการเผาให้เร็วขึ้น ได้ชั่วโมงละ 150 – 200 องศาเซลเซียส
750 - 800˚C	สิ้นสุดการเผาดิบ

ที่มา:ไพจิตร อิงศิริวัฒน์.(2541:290)

หมายเหตุ ต้องเผาในบรรยากาศสมบูรณ์เต็มที่ ไม่ให้มีเขม่าตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดการเผาใช้ระยะเวลา 6 – 7 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาดิบแล้ว เนื้อดินแข็งเป็นหินแต่ยังดูดซึมน้ำได้ดีสามารถนำไปชุบเคลือบได้ โดยดินไม่สลายตัวกลายเป็นโคลน

1.5.2.2 การเผาเคลือบ (Glaze Firing) ชิ้นงานที่เผาดิบถูกนำมาเคลือบแล้วนำไปเผาเพื่อให้เคลือบหลอมเป็นแก้วติดแน่นอยู่บนผิวชิ้นงานการเผาเคลือบจะเผาที่อุณหภูมิเท่าใด ภายในบรรยากาศใดขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์เช่นการเผาผลิตภัณฑ์เช่นการเผาผลิตภัณฑ์พอร์ซเลน เริ่มต้นการเผาในบรรยากาศออกซิเดชัน ตั้งแต่อุณหภูมิเริ่มจุดเตาจนถึงอุณหภูมิประมาณ 950˚C หลังจากนั้นจึงเผาภายใต้บรรยากาศรีดักชันจนถึงอุณหภูมิสูงสุดที่ต้องการ ภาชนะที่ชุบเคลือบแล้วทุกชิ้นก่อนนำเข้าเตาเผาต้องเช็ดส่วนล่างของผลิตภัณฑ์ที่ต้องสัมผัสพื้นที่ออกให้หมด เพื่อป้องกันการหลอมละลายของเคลือบติดบนแผ่นรองเตา ผลิตภัณฑ์ทุกชิ้นจะต้องวางให้ห่างกันเล็กน้อย หรือ สามารถวางติดกันได้ แต่ไม่ควรเกยกัน เนื่องจากเมื่อเคลือบหลอม เคลือบจะหดตัวลงมาอีก หากทำการเผาในเตาแก๊สไม่ควรวางผลิตภัณฑ์ใกล้หัวพ่นแก๊ส เพราะจะทำให้เปลวไฟเลียเคลือบจนด่างได้ ควรใส่หีบทนไฟ หรือ มีกำแพงกั้นเปลวไฟ ในเตาไฟฟ้าไม่ควรวางผลิตภัณฑ์ใกล้ขดลวด เนื่องจากผลิตภัณฑ์อาจระเบิดและทำให้เคลือบหลอมติดกับขดลวดทำให้เกิดความเสียหายและอายุการใช้งานสั้นลง ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ควรวางให้อยู่ในส่วนของเตา เนื่องจากจะได้รับความร้อนที่สม่ำเสมอลดการบิดเบี้ยวภายหลังการเผาในการวางผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผาจะต้องวางให้สมดุลกันเพื่อให้หัวพ่นแก๊สทำงานได้สมบูรณ์ ถ้าวางของในเตาไม่สมดุลด้านหน้าแน่นกว่าด้านหลัง หรือ ด้านซ้ายมีของมากกว่าด้านขวา การเผา

จะมีปัญหาในการปรับเตา เนื่องจากเปลวไฟในเตาไม่สมมาตร (Balance) ทำให้การเผาไม่สม่ำเสมอ ควบคุมเปลวไฟไม่ได้

ตาราง 2 ตารางแสดงวิธีการเผาเคลือบ

อุณหภูมิ	วงจรในการเผาเคลือบ
24 – 950˚C	ใช้เวลาในการเผา 5 – 6 ชั่วโมงเพื่อให้ผลิตภัณฑ์แข็งตัว
950 - 1250˚C(OF)	ใช้เวลา 3 – 4 ชั่วโมง สามารถเร่งอุณหภูมิจาก 900˚C ถึงจุดสุกตัวของเคลือบได้
950 - 1250˚C(RF)	ใช้เวลา 3 – 4 ชั่วโมงในการเผา
เผาแช่อุณหภูมิคงที่ (Soaking) อุณหภูมิสุกตัว 1,250˚C	ใช้เวลา 15 นาที เพื่อให้ปฏิกิริยาของเคลือบเสร็จสมบูรณ์ใน

ที่มา : ไพจิตร อิงศิริวัฒน์.(2541:291)

หมายเหตุ ในการเผาเคลือบทุกครั้งจะต้องตั้งวัตถุประสงค์ในการเผาว่าต้องการผลในการเผาอย่างไร และรักษาคุณค่าความงามของเคลือบให้มีคุณภาพดีสม่ำเสมอตามตัวอย่างผู้ควบคุมตัวที่มีประสบการณ์เท่านั้น จึงจะสามารถเผาเคลือบได้ผลดี มีคุณภาพ ประหยัดเวลา และเชื้อเพลิงในการเผาข้อควรคำนึง ในการเผาเคลือบ

การให้ความร้อน และการลดความร้อนให้เย็นลงต้องเป็นไปแบบเดียวกันโดยตลอดและใช้เวลาที่เหมาะสมไม่เร็วจนเกินไป

การเผาไล่สิ่งเจือปน เช่น คาร์บอเนตต้องเผาไล่ออกให้หมดก่อนที่เคลือบจะหลอมตัวเยิ้มคลุมผลิตภัณฑ์

จุดสุกตัวของเคลือบจะลดความหนืด และเคลื่อนไหลเยิ้มคลุมผิวผลิตภัณฑ์

เมื่อเผาถึงจุดสุกตัว ควรทิ้งระยะไว้สักพักหนึ่งจะทำให้ผิวเคลือบเรียบเนียนสม่ำเสมอ

การปิดเตาเผาเคลือบ ควรปิดให้หมดทุกช่องหลังจากการเผาเสร็จเรียบร้อยแล้ว เพื่อความควบคุมความร้อนให้เย็นตัวช้าๆ

การเผาเคลือบ สามารถเผาได้เร็วกว่าการเผาดิบ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ได้ผ่านการเผาดิบมาแล้วครึ่งหนึ่ง

การเผาเคลือบไม่ได้สิ้นสุดเมื่ออุณหภูมิขึ้นถึงจุดสูงสุด และปล่อยให้เตาเย็นลง น้ำยาเคลือบเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างสลับซับซ้อน และต่อเนื่อง วัตถุดิบในเคลือบค่อย ๆ หลอมละลายกลายเป็นแก้ว ที่อุณหภูมิสูงสุดเคลือบจะค่อย ๆ ไหลตัวเล็กน้อย ทำให้ผิวเคลือบเรียบเนียน เมื่อปิดเตาเผาปล่อยให้เตาเย็นลงก็ยังคงเกิดการเปลี่ยนแปลงในการเคลือบได้อีกถ้าปล่อยให้เตาเย็นตัวเร็วจะได้เคลือบใสธรรมดา แต่ถ้าควบคุมให้การเย็นลงตัวอย่างช้า ๆ วัตถุดิบบางตัวก็จะเกิดผลึก หรือ เป็นจุดเล็กๆ ทึบเป็นฝ้าบนผิวเคลือบ โดยปกติการปล่อยให้เตาเผาเย็นตัวเร็วผิวเคลือบจะมันวาว แต่ถ้าเย็นตัวช้าจะทำให้เกิดการรานตัวได้

1.5.2.3 การเผาตกแต่ง (Decoration Firing)

ชิ้นงานที่ผ่านการเผาเคลือบแล้วนิยมตกแต่งด้วยการเขียนสีบนเคลือบ หรือ การติดรูปลอก (Decal) ที่ทำขึ้นเพื่อการตกแต่งสีบนเคลือบโดยเฉพาะ การเขียนสีเป็นลวดลายหรือการติดรูปลอกลงบนผลิตภัณฑ์แล้วนำไปเผาเพื่อให้สิ่งที่ตกแต่งทาทานเรียกว่าการตกแต่งบนเคลือบ (Overglaze Decoration)

สีที่ใช้ตกแต่งบนเคลือบ แบ่งได้เป็น

สีแบบตะวันตก เป็นเนื้ออีนาเมล ซึ่งมีร้อยละของเนื้อสีที่สูง
สีแบบญี่ปุ่น เป็นสีนูนที่เป็นเนื้อแก้ว ซึ่งมีร้อยละของฟริตสูง
สีทอง เป็นลักษณะของคอลอยด์ที่ประกอบด้วยเงิน แพททินัม

สีบนเคลือบเมื่อเขียน หรือ ติดรูปลอกลงบนผิวเคลือบของภาชนะที่ผ่านการเผาเคลือบแล้ว จะนำไปเผาที่อุณหภูมิ 700 - 800°C ระยะเวลาในการเผาอาจแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของเตาเผาและปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในเตาเผา การเผาสีตกแต่งบนเคลือบด้วยรูปลอก หรือ สีเงินสีทอง จะต้องเผาในบรรยากาศสันดาปสมบูรณ์ตลอดการเผา จากอุณหภูมิห้องจนถึง 750°C

ตารางที่ 3 ตารางแสดงปฏิกิริยาของผลิตภัณฑ์ที่เผาผ่านความร้อนในอุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิ	ผลิตภัณฑ์เมื่อเผาผ่านความร้อนในอุณหภูมิต่างๆ
100-200°C	น้ำที่อยู่รอบๆ อนูดินระเหยกลายเป็นไอออกจากรูเตาเผา ถ้าเผาเร็วเกินไปไอน้ำระเหยออก ไม่ทันจะระเบิดในตัว
450°C	น้ำในสูตรเคมีของดินเริ่มระเหย $Al_2O_3 . 2SiO_2 . 2H_2O$
230-573°C	ผลึกของซิลิกาหรือควอทซ์ เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปผลึกทำให้ดินเกิดการขยายตัวอย่างรวดเร็ว ถ้าเผาเร็วในช่วงนี้ผลิตภัณฑ์จะระเบิดในเตาเผา
500-600°C	น้ำที่เป็นส่วนประกอบทางเคมีของดินถูกเผาหมดไป ดินเริ่มเปลี่ยนสภาพเป็นหิน อินทรียสารในดินถูกเผาไหม้
900-950°C	เศษกากเถ้าถ่านของอินทรียสาร (Carbon) ในเนื้อดินถูกเผาไหม้หมดไป หินปูนสลายตัวทำให้เกิดแก็สคาร์บอนไดออกไซด์ที่อุณหภูมิ 825°C
980°C	ดินเปลี่ยนโครงสร้างเริ่มเกิดการหดตัว จากการหลอมละลายรวมตัวของวัตถุดิบ
1,050-1,100°C	หินฟันม้าในเนื้อดินเริ่มหลอมละลาย เกิดโครงสร้างรูปเข็ม ประสานกันจากผลึกมัลไลท์ในเนื้อดินช่วยให้ดินมีความแข็งแกร่งและการหดตัวยังเป็นไปอย่างต่อเนื่อง
1,200°C	ผลึกมัลไลท์มีมากขึ้น ดินหลอมละลายปิดรูพรุนเนื้อดิน มีความแข็งแกร่งเพิ่มขึ้น
1,250°C	เนื้อดินและน้ำเคลือบสุกตัวหลอมละลาย (Sintering) โครงสร้างของผลึกดินเปลี่ยนเป็นแก้วร้อยละ 60 มัลไลท์ ร้อยละ 21 และควอทซ์ ร้อยละ 19

ที่มา:ไพจิตร อิงศิริวัฒน์.(2541:292)

1.5.3 การทำแผ่นทดสอบเคลือบ

แผ่นทดสอบเคลือบโดยทั่วไป นิยมทำได้ 3 แบบ แล้วแต่ความประสงค์ของการทำตัวอย่างว่าจะเก็บตัวอย่างน้ำเคลือบแบบไหน (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์.2537:42)

1.5.3.1 แผ่นทดสอบตามแนวตั้ง

นิยมใช้เนื่องจากมีข้อดีอยู่หลายอย่างคือสามารถเรียงชิ้นงานเข้าเตาเผาได้จำนวน

มากในชั้นวางแต่ละแผ่น ทำให้ประหยัดเนื้อที่ในการใช้แผ่นรองเผาและแผ่นเคลือบตามแนวตั้งสามารถเห็นการไหลของเคลือบได้ชัดเจน แผ่นเคลือบตามแนวตั้งหยิบได้ถนัดเพื่อชุบเคลือบ และแต่มีข้อเสียอยู่ที่ถ้าทำฐานตั้งไม่ได้ฉากกับพื้นวางแล้ว จะมีปัญหาล้มไปโดนผลิตภัณฑ์อื่นหรือล้มทับกันทั้งแถว ขนาดของแผ่นทดสอบตามแนวตั้งก่อนเผาใช้ขนาด 3x5 เซนติเมตร ฐานหนา 1.5 เซนติเมตร การเตรียมแผ่นทดสอบทำตัวอย่างด้วยดินเหนี่ยว 1 ชิ้น แล้วทำพิมพ์กดด้วยปูนปลาสเตอร์

1.5.3.2 แผ่นทดสอบตามแนวนอน

แผ่นแบนเป็นรูปวงกลม หรือ สี่เหลี่ยมผืนผ้า แผ่นทดสอบชนิดนี้สามารถติดกับแผ่นกระดานหรือแผ่นกระดาษแข็งได้ง่าย แต่ถ้าผู้ดูแผ่นทดสอบไม่ชำนาญไม่สามารถเดาการไหลของเคลือบได้แม่นยำจะสังเกตยากกว่าแผ่นทดสอบ ตามแนวตั้ง แผ่นทดสอบตามแนวนอนต้องเช็ดเคลือบที่ด้านข้างของแผ่นออกโดยรอบทั้งหมด และด้านบนจะต้องทำลายนูนเป็นสันขึ้นมาด้วย เพื่อสังเกตหลังเผา ถ้าเคลือบบางบริเวณที่เป็นสันนูนแสดงว่าเคลือบไหลเล็กน้อย หรือเคลือบไหลย้อยลงไปที่ขอบของเนื้อดินทางด้านล่างรอบๆ แผ่นทดสอบ ก็แสดงว่าเคลือบไหล

1.5.3.3 แผ่นทดสอบชนิดที่เจาะรูแขวน

แผ่นทดสอบชนิดแบนและเจาะรูสำหรับแขวนกับถังเคลือบเพื่อเป็นตัวอย่าง หรือเพื่อการเก็บแผ่นทดสอบโดยวิธีร้อยเก็บไว้เป็นพวงได้ เนื้อดินที่ใช้ทำแผ่นทดสอบนี้ควรใช้ดินหลักที่ใช้อยู่ในโรงงานเป็นมาตรฐานในการทำแผ่นทดสอบแต่สำหรับสถานศึกษาถ้านักศึกษาทำเคลือบ ปอร์ชเลน ก็ควรจะใช้ดินยาวพอร์ชเลนเป็นแผ่นทดสอบด้วย หรือถ้าต้องการทดลองเคลือบบนดินหลาย ๆ ชนิดเพื่อดูความแตกต่างหลังเผาเคลือบก็สามารถทดลองได้จากดินหลาย ๆ ชนิด

1.5.4 การชุบเคลือบบนแผ่นทดสอบ

แผ่นทดสอบที่ทำเตรียมไว้จำนวนมากโดยการกดพิมพ์ ควรผึ่งให้แห้ง และเผาดิบให้เรียบร้อยก่อนนำไปชุบเคลือบ การทดลองควรทำดังนี้

1.5.4.1 นำแผ่นทดสอบไปชุบน้ำ 1 ครั้งแล้วนำขึ้นมาวางวางบนแผ่นกระดาษรอง

1.5.4.2 เขียนชื่อเคลือบและหมายเลขของแผ่นทดสอบให้เห็นชัดเจน ทางด้านล่างของแผ่นทดสอบ

1.5.4.3 เรียงแผ่นทดสอบที่เขียนชื่อและรหัสเลขตามลำดับให้เป็นระเบียบบนแผ่นไม้กระดาน

1.5.4.4 ถ้าทำเคลือบครั้งละสองเนื้อดิน ใช้แผ่นทดสอบดินสโตนแวร์ ๆ แผ่นและดินขาวพอร์ชเลนอีก 1 แผ่น รวมเป็น 2 แผ่น

1.5.4.5 ถ้าต้องการเผารีดักชันให้เขียน RF กำกับไว้ด้านล่างของแผ่นทดสอบด้วยหรือต้องการออกซิเดชันก็เขียนว่า OF ถ้าทดลองเคลือบกับเนื้อดิน 2 ชนิดต้องทำแผ่นทดสอบ 4 แผ่น ในเคลือบ 1 ครกเล็กซึ่งใช้วัตถุดิบเคมีเคลือบประมาณ 30 – 40 กรัม ในการชุบแผ่นทดสอบ 4 แผ่น

1.5.4.6 คำนวณปริมารสารเคมีที่จะใช้บดในแต่ละสูตรว่ามีน้ำหนักของสารเคมีแต่ละชนิดรวมกี่กรัม

1.5.4.7 ชั่งสารเคมีไว้เป็นถุง ๆ เขียนรหัสให้ชัดเจนด้วยปากกาเคมีที่เขียนบนถุงพลาสติกได้

1.5.4.8 บดน้ำยาเคลือบที่ใช้ทดสอบแต่ละครกให้ละเอียดใช้เวลาบด สูตรละประมาณ 30 นาที โดยสังเกตว่าวัตถุดิบเนียนละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันไม่เป็นเม็ดเมื่อใช้นิ้วมือขยี้

1.5.4.9 ชุบเคลือบบนแผ่นทดสอบ ให้มีความหนา 1 – 1.5 มิลลิเมตรอย่าชุบเคลือบหนาหรือบางเกินไปผลการเผาอาจเปลี่ยนแปลงได้

1.5.4.10 แบ่งกลุ่มเคลือบไว้เป็น 2 แผ่นกระดานรองเคลือบ คือเผาออกซิเดชัน 1 กลุ่มเผาด้วยเตาไฟฟ้า และกลุ่ม รีดักชันเผาด้วยเตาแก๊ส ต้องเขียน OF และ RF ไว้ให้ชัดเจนบนแผ่นทดสอบที่ทำการทดลองเผาเคลือบ

1.6 บรรยากาศในการเผา (Firing Atmosphere)

ในการเผาไหม้โดยทั่วไปจะมีพวกแก๊สที่เกิดขึ้นในอากาศ ได้แก่ พวกออกซิเจน (Oxygen) ไนโตรเจน (Nitrogen) คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide) และอื่นๆ ปริมาณและสัดส่วนของแก๊สเหล่านี้มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องควบคุมเพื่อให้ได้บรรยากาศที่เรียกว่า ออกซิเดชัน (Oxidation) ซึ่งหมายถึงการเผาไหม้ที่ใช้ปริมาณออกซิเจนในอากาศมากพอทำให้การเผาไหม้เป็นไปอย่างสมบูรณ์โดยแก๊สออกซิเจนและก๊าซไนโตเจนจะมีอยู่ทั่วไปในอากาศส่วนไอน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์เป็นผลเกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงประเภทไฮโดรคาร์บอน(HydrocarbonFuel)ในกรณีที่ออกซิเจนไม่เพียงพอสำหรับการเผาไหม้ จะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ขึ้น การเผาแบบนี้เรียกว่า การเผาแบบรีดักชัน (Reduction Firing) บางช่วงจำเป็นต้องใช้บรรยากาศแบบรีดักชัน เพราะจะช่วยให้เกิดการฟอกสีของเนื้อผลิตภัณฑ์ให้ขาวขึ้น เนื่องจากเหล็กในเนื้อดินที่ผ่านการเผาวิธีนี้จะอยู่ในสภาพเฟอรัสออกไซด์ (FeO) ที่มีออกซิเจนต่ำสุดเพียงแค่ 1 ตัวจะให้สีค่อนข้างเขียววอมฟ้าแทนที่จะมีสีขาววอมเหลือง ทำให้ความรู้สึกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาแบบรีดักชั่นมีความขาวขึ้น

บรรยากาศในการเผาไหม้แบบออกซิเดชัน (Oxidation Firing : OF)

$$CH_4 + 3O_2\,(\text{Excess}) \longrightarrow CO_2 + H_2O + O_2 + \text{ENERGRY}$$

ในการเผาจะต้องทำบรรยากาศในเตาเผามีออกซิเจนที่เพียงพอซึ่งทำได้โดยให้อากาศผ่านเข้าเตาอย่างเต็มที่โดยการปรับหัวพ่นไฟ และปริมาณเพียงพอที่จะไล่ก๊าซจากการเผาไหม้ให้พ้นออกไปจากเตาให้ได้เร็วที่สุด ซึ่งควรจะต้องเปิดแผ่นบังคับความร้อน (Damper) หรือตัวควบคุมความร้อนออกสำหรับเตาที่ใช้แผ่นบังคับความร้อนชนิดเสียบ แต่ถ้าเป็นเตาที่ใช้แผ่นบังคับความร้อนชนิดเป็นรูหลังปล่อง ต้องปิดรูแผ่นบังคับความร้อนให้หมด ปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเริ่มตั้งแต่ 400˚C ขึ้นไป หลังการไล่น้ำอิสระออกไปจนถึงอุณหภูมิ 900 - 950˚C จะแช่หรือคงคุณค่าอุณหภูมิการเผาไว้ (Socaking) จนมั่นใจว่าไล่คาร์บอนออกจากเนื้อผลิตภัณฑ์ที่เผาได้หมด จากนั้นจะดำเนินการเผาไปเรื่อยๆ จนถึงอุณหภูมิสุดท้ายของการเผาตามต้องการเรียกว่าจุดสุกตัวของผลิตภัณฑ์แล้วยืนไฟให้ผลิตภัณฑ์สุกตัวทั่วกัน ก่อนจะปิดเตาเผา ทิ้งไว้ให้เตาเย็นตัวลง เตาที่เผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชันได้ดีที่สุด คือ เตาไฟฟ้า จะทำให้สีของเคลือบไม่เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของออกไซด์ที่ให้สี เคลือบบางชนิดต้องเผาในบรรยากาศแบบสมบูรณ์เท่านั้น เช่น เคลือบตะกั่วทุกชนิด หากเผาในบรรยากาศแบบรีดักชัน จะทำให้เปลี่ยนเป็นสีดำทั้งหมด

บรรยากาศในการเผาไหม้แบบรีดักชัน (Reduction Firing : RF)

$$2CH_4 + 3O_2 \longrightarrow 2CO + 4H_2O + \text{ENERGRY}$$

ในการเผาแบบรีดักชัน ในช่วงแรกของการเผาต้องเผาแบบออกซิเดชันไปจนถึงอุณหภูมิ 800 – 1,000˚C อุณหภูมิในช่วงนี้จะคงค่าอุณหภูมิในการเผาไว้ (Soaking) จนแน่ใจว่าไล่คาร์บอนออกจากเนื้อผลิตภัณฑ์ที่เผาหมดแล้วจึงทำการปรับเปลี่ยนบรรยากาศการเผาไหม้เป็นบรรยากาศรีดักชั่นโดยการเปิดตัวแผ่นบังคับความร้อน (Damper) ของเตาประมาณร้อยละ 50 สำหรับเตาที่ใช้แผ่นบังคับความร้อนแบบเสียบ ถ้าเป็นเตาที่ใช้แผ่นบังคับความร้อนแบบรูหลังปล่อง ต้องเปิดรูแผ่นบังคับความร้อน สังเกตเปลวไฟ

ที่แลบออกมาจากด้านหน้าและด้านหลังของเตาเผา เผาไปเรื่อยๆ จนถึงอุณหภูมิที่ต้องการ และคงคุณค่าอุณหภูมิการเผาและเคลือบในช่วงที่ยืนไฟนี้ มักจะเปลี่ยนบรรยากาศการเผาให้เป็นกลาง (neutral Firing :NF) จนปิดเตาทิ้งไว้ให้เย็น

การเผาแบบรีดักชันเป็นที่นิยมกันมากในหมู่ช่างปั้นอิสระและงานทางด้านศิลปหัตถกรรม เนื่องจากสีบางสีที่สวยงามต้องเผาในบรรยากาศรีดักชันเท่านั้น เช่น สีแดงสด จากคอปเปอร์ออกไซด์และการเผาแบบรีดักชันยังทำให้เคลือบใส มีความสดใสขาวมากขึ้น แต่การเผาแบบรีดักชันเป็นการเผาที่ต้องใช้ทักษะในการควบคุมเตาเผา จึงต้องใช้การฝึกฝนจนชำนาญ

1.7 ตำหนิบนผิวเคลือบ

ตำหนิหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกับเคลือบเกิดขึ้นได้หลายสาเหตุด้วยกันมีลักษณะต่างๆกันซึ่งมักมองเห็นด้วยตาเปล่า สาเหตุการเกิดตำหนิสามารถเกิดขึ้นได้ในทุกขั้นตอนจึงควรศึกษาและสาเหตุของตำหนิที่เกิดกับผิวเคลือบเพื่อหาทางป้องกันและแก้ไข

1.7.1 เคลือบรานตัว (Crazing) เป็นตัวตำหนิที่พบเห็นได้อยู่เสมอมีลักษณะเป็นลายเส้นตาข่ายหรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า แตกลายงา สาเหตุของการรานคือเนื้อเคลือบกับเนื้อดินมีการหดตัวหรือขยายตัวไม่เท่ากันหรือจากการชุบเคลือบหนาไป ลักษณะของการรานมี 2 อย่างคือ

การรานเป็นเส้นฝอยเนื่องจากเคลือบมีสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวต่างจากเนื้อดินมาก

การรานเป็นเส้นห่างเนื่องจากเคลือบมีสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวจะเท่าเนื้อดินอยู่แล้ว

การรานของผิวเคลือบมีทั้งชนิดที่รานทันที และชนิดที่รานหลังจากทิ้งไว้ระยะหนึ่งอาจเป็น 3 เดือน 6 เดือน หรือหลายปีก็ได้

1.7.2 รูเข็ม (pinholes) มีลักษณะเป็นรูเล็กๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวเคลือบถ้ามีขนาดใหญ่เรียกว่าบริสเตอร์ (Blisters) การเกิดตำหนิรูเข็มเกิดจากสาเหตุหลายประการด้วยกัน

เนื้อดินปั้นมีความพรุนตัว เนื่องมาจากการนวดดินไม่ดีพอทำให้เกิดฟองอากาศในดินพวกแก๊สหรืออากาศที่อยู่ภายในจะพยายามหนีออกมาในขณะเผาเนื่องจากถูกความร้อนอากาศจึงขยายตัว ดันทะลุผิวเคลือบในขณะที่เคลือบหลอมตัว ซึ่งมักจะเกิดขึ้นกับเคลือบที่มีการไหลตัวน้อยถ้าหากเคลือบไหลตัวติดกันไม่ได้ก็จะทำให้เกิดรูเข็มหลังจากการเผาเสร็จแล้ว โดยเฉพาะการเผาที่เร่งไฟเร็วจะเกิดรูเข็มขนาดใหญ่การสันดาปของสิ่งเจือปนในเนื้อดิน ในเนื้อดินปั้นมีสารประกอบของอินทรีย์สารผสมอยู่ในปริมาณมาก เมื่อทำการเผาก๊าซคาร์บอนโนออกไซด์และคาร์บอนไดออกไซด์ระเหยออกทำให้เนื้อดินปั้นเกิดเป็นรูและเป็นโพรงในเนื้อดินปั้นเมื่อเคลือบผลิตภัณฑ์น้ำเคลือบจะปิดบังผิวผลิตภัณฑ์ น้ำที่ผสมอยู่ในน้ำเคลือบจะซึมเข้าไปรูและโพรงของเนื้อดินปั้นเมื่อเผาน้ำและอากาศจะระเหยดันเคลือบทำให้เกิดเป็นรูเข็มการสันดาปของสิ่งเจือปนในเคลือบ ในน้ำเคลือบมีสารประกอบของวัตถุดิบที่มีอนุมูลของซัลเฟตและคาร์บอเนตมากทำให้เกิดก๊าซระเหยออกมามากในขณะที่ทำการเผา เป็นเหตุให้เกิดรูเข็มกับเคลือบได้เก็บเคลือบไว้นานจนเกิดแก๊สในเคลือบ ทำให้เกิดการสลายตัวของสารคาร์บอเนตและการเน่าเปื่อยของอินทรีย์สารในหม้อบดเคลือบหรือพวกกาวที่ใช้ผสมทำให้เกิดก๊าซขึ้นได้ซึ่งเป็นเหตุทำให้เกิดรูเข็มและฟองได้

1.7.3 เคลือบแยกตัว (Crawling) เป็นปรากฏการณ์ที่เคลือบแยกตัวออกจากกันคล้ายเคลือบเคลื่อนหนีทำให้เกิดรอยว่างไม่มีเคลือบติดซึ่งเกิดจากน้ำเคลือบมีการหดตัวมากเกินไป เนื่องจากผสมดินในน้ำเคลือบมากเกินไป โดยปกติไม่ควรใช้เกิน ร้อยละ 15บดน้ำเคลือบละเอียดมากเกินไป หรือเคลือบหนาเกินไป

ผิวผลิตภัณฑ์สกปรกและมีพวกไขทันเกาะอยู่การเกาะตัวของน้ำเคลือบกับผิวดินมีน้อย เนื่องจากในเคลือบใส่วัตถุดิบพวกดินหรือกาวน้อยเกิดไปชุบเคลือบผลิตภัณฑ์ที่ผิวเปียกชื้น ทำให้เคลือบติดผิวผลิตภัณฑ์ไม่แน่นเกิดการหลุดล่อนในขณะที่เผา

2.ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเคลือบขี้เถ้า

2.1 ประวัติความเป็นมาของเคลือบขี้เถ้า

เคลือบขี้เถ้าไม้ถูกค้นพบโดยช่างชาวจีนตั้งแต่สมัย Han dynasty (206 B.C.-A.D.200) หรือนานกว่า 2,000 ปีมาแล้ว (เสริมศักดิ์ นาคบัว.2537:2) เป็นเคลือบชนิดแรกที่เผาในอุณหภูมิสูง ที่มนุษย์สามารถคิดค้นได้ต่อช่างชาวจีนได้พัฒนาเคลือบขี้เถ้าไม้จนสามารถสร้างเคลือบที่มีสีเหมือนหยก ซึ่งรู้จักในนามเคลือบเซลาดอน (Ceradon) หรือคนไทยเรียกว่า ศิลาดล ซึ่งช่างจีนได้พัฒนาได้ในปลายราชวงศ์ถัง และมีการทำกันอย่างแพร่หลายมากชิ้นในสมัยราชวงศ์ซ้อง พ.ศ.1503 – 1820 กิ่งมีส่วนประกอบทางเคมีที่สะสมอยู่มีสารเหล็ก และโพแทสเซียม(ลดา พันธ์สุขุมธนา, ชลัย ศรีสุข,2546 :60)ที่ทำให้เกิดสีเขียวในเคลือบอีกทั้งอายุของต้นมะม่วงยังมีผลต่อสีของเคลือบ ซึ่งไม้ที่มีอายุตั้งแต่ 3 ปีขึ้นไปจะทำให้สารเคมีที่ดีกว่าพืชอายุยังน้อย ไม้มะม่วงที่ใช้การทดลองเป็นเศษไม้ที่ทางเกษตรกรตัดแต่งเพื่อให้ต้นไม้สมบูรณ์พร้อมสำหรับผลิตผลในรุ่นต่อไป (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์.2537:142) และได้มีการพัฒนาปรับปรุงสูตรเคลือบให้ดีขึ้น ผลิตภัณฑ์จึงมีความสวยงามกว่าในยุคแรกสืบเนื่องมาจากการพัฒนาเทคนิคในการควบคุมเตาเผาให้สามารถเผาแบบรีดักชันได้ชำนาญขึ้น ต่อมาได้เผยแพร่หลายเทคนิคเคลือบขี้เถ้าไม้สีเขียวไปสู่ประเทศใกล้เคียงเช่น เกาหลีญี่ปุ่น และไทย

2.1.1 เคลือบศิลาดล

เคลือบศิลาดลเคลือบขี้เถ้าพืชที่มีสีเขียวเหมือนหยกมีการคิดค้นและมีการพัฒนามาโดยตลอด เคลือบสีเขียวมีการบันทึกไว้ว่า เริ่มมีในสมัย “เจิ้งก๊ก” ก่อนคริสต์ศักราช 475 หรือในพ.ศ. 2468 แต่มีการผลิตออกจำหน่ายจริงในสมัยราชวงศ์ฮั่น โดยเตาที่มีชื่อเสียงในการผลิตเครื่องเคลือบสีเขียวคือเตา หลุนฉวน จังหวัดชู่จิว มณฑลจิ๊เจียง ซึ่งมีอยู่หลายร้อยเตาโดยมีการผลิตเครื่องเคลือบสีเขียวไข่กาส่งออกนอกประเทศเป็นจำนวนมาก เช่นประเทศญี่ปุ่น เอเชียกลาง ตะวันออกกลางในระยะหลังๆประมาณตั้งแต่ปลายราชวงศ์ซ้องถึงต้นราชวงศ์เหม็งมีความเจริญสูงสุด ในระยะแรกเตาเผาส่วนมากตั้งอยู่ในภาคใต้ของประเทศจีน จนถึงเวลาก่อนสมัยถึงเล็กน้อย เตาเผาเครื่องเคลือบจึงค่อยๆปรากฏมีในภาคเหนือบ้าง ต่อมาในยุคสมัยราชวงศ์ถังระหว่างปี พ.ศ. 1161-1450 น้ำเคลือบมีการผสมโลหะออกไซด์ทำให้เกิดการเคลือบที่มีสีเขียวอมน้ำตาลสืบเนื่องจนถึงสมัยราชวงศ์ซ้องตอนปลายเครื่องเคลือบสีเขียวจึงได้ก้าวสู่ความรุ่งเรืองขึ้นอีกวาระหนึ่ง เครื่องเคลือบสีเขียวมีจุดเด่นที่ทำให้เกิดความนิยมก็คือมีความสวยแบบเรียบๆ เย็นตา มีความซึ้ง และสงบ จึงเป็นที่นิยมชมชื่นสำหรับบัณฑิตที่ชอบความสงบเงียบ เครื่องเคลือบสีเขียวถึงแม้ว่าจะทำได้มาก และส่งออกจำหน่ายนอกประเทศก็ตามศิลปวัตถุเหล่านี้ก็เพียงแต่มีอยู่ในครอบครองของคนมั่งมีในสมัยนั้น สำหรับประชาชนทั่วไปนั้น ต้องใช้เครื่องถ้วยชามที่ทำจากเครื่องปั้นเคลือบขาวอมเทาและมีลวดลายที่ง่ายๆ (ป.เหมชะญาติ.2517.45) เคลือบศิลาดลของจีนได้นิยมแพร่หลายไปถึงเกาหลี ญี่ปุ่น เวียดนาม และไทย ซึ่งต่างก็ผลิตเครื่องเคลือบศิลาดลเลียนแบบของจีนและยังมีการดัดแปลงตกแต่งให้เป็นเอกลักษณ์เฉพาะของตนเช่นประเทศเกาหลี ได้คิดค้นเทคนิคในการใช้ดินสอสีขาว ฝังลายบนผิวภาชนะสีน้ำตาลเข้มแล้วเคลือบด้วยสีเขียวศิลาดล เทคนิคนี้ทำให้ศิลาดลของเกาหลีดูงดงามประณีตและมีคุณค่ายังเป็นที่นิยมและมีการผลิตต่อมาถึงยุคปัจจุบัน ในยุคต่อมาเคลือบศิลาดลเริ่มลดความนิยมลงเมื่อเริ่มมีการคิดค้นการทำเครื่องลายครามได้สวยงาม

2.1.2 เคลือบขี้เถ้าของไทยในอดีต

เคลือบขี้เถ้าถูกคิดค้นพัฒนาในประเทศจีนและมีการเผยแพร่เทคนิคในการผลิตออกไปสู่นานาประเทศ ทั้งจากการค้าขาย การขอตัวช่างปั้นจากเมืองจีน ทำให้หลายประเทศทีเทคนิคการทำเคลือบขี้เถ้าโดยเฉพาะเคลือบศิลาดล ในประเทศไทยมีการผลิตเคลือบขี้เถ้ากันมากในสมัยสุโขทัยจากหลักฐานเตาเผาที่สวรรคโลก และที่ศรีสัชนาลัย ซึ่งในปัจจุบันมีช่างชาวจีนเดินทางมาเป็นช่างปั้นอยู่ในสุโขทัยอย่างมากและมีการผลิตเครื่องเคลือบขี้เถ้าออกขายสู่นานาประเทศ ทั้งทางบกและทางทะเล ซึ่งถือเป็นแหล่งผลิตขนาดใหญ่ มีอายุการผลิต และดำเนินกิจการเตาระหว่างพุทธศตวรรษที่ 17 – 21 ผลผลิตแหล่งกลุ่มเตาศรีสัชนาลัยรู้จักกันในชื่อ “เครื่องสังคโลก” พบแพร่กระจายทั่วไปตามเมืองโบราณ ชุมชนโบราณ เมืองท่าชายทะเล ในภาคกลางและภาคใต้ของไทย ในหมู่เกาะอินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ ซึ่งเครื่องสังคโลกของไทยมีการเคลือบหลายสี แต่ที่ขึ้นชื่อได้แก่ เคลือบสีขาวไข่กา หรือ เวลาดอน ทางเหนือขึ้นไปจะมีแหล่งเตาที่สันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ที่มีการผลิตเครื่องปั้นดินเผามาแต่โบราณโดยสีเคลือบมักออกโทนสำน้ำตาล สำหรับในภาคกลางก็จะมีแหล่งเตาเผาที่แม่น้ำน้อย จังหวัดสิงห์บุรี และที่บ้านบางปู จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งผลิตภัณฑ์ก็จะมีเอกลักษณ์เป็นของตนเองทั้งในด้านรูปแบบ และเคลือบ

2.1.3 เคลือบขี้เถ้าที่เชียงใหม่

การทำเครื่องปั้นดินเผาที่ใช้เคลือบขี้เถ้าพืชในประเทศไทย หยุดหายขาดตอนไปเป็นเวลานานหลายร้อยปี การกลับมาทำใหม่เมื่อไหร่ โดยผู้ใดนั้น ยังไม่อาจทราบได้ แต่มีบันทึกว่า ช่างที่เริ่มตั้งเตาเผาเป็นคนแรกเป็นช่างชาวไทยใหญ่ เดินทางมาจากเมืองกึ๋ง ซึ่งอยู่ในรัฐฉาน ใกล้ๆกับเมืองต่วน โดยมาตั้งเตาที่ประตูช้างเผือก ประมาณร 93 ปีมาแล้ว ช่างที่มาคราวนั้น ชื่อ นายจองยี นายคำทร และนายจองคำ และได้ถ่ายทอดวิชาให้บุตรหลานทำสืบมาจนถึงปัจจุบัน ช่างชาวเชียงใหม่จะใช้ขี้เถ้าของไม้รกฟ้า (Terminalia aiata Heya) และไม้มะก่อตาหมู (Quercus velutina) ผสมกับดินผิวนา ตามสูตรดังนี้ (เสริมศักดิ์ นาคบัว.2537:3)

ขี้เถ้าไม้มะก่อตาหมู (ตัวเมีย)	25 ส่วน
ขี้เถ้าไม้รกฟ้า (ตัวผู้)	25 ส่วน
ดินผิวนา	50 ส่วน

น้ำยาเคลือบที่ได้จะเป็นสีเขียว บางโรงงานมีการปรับปรุงสีโดยการเติมเหล็กไซด์ลงไป เพื่อให้ได้สีน้ำตาล ผิวของเคลือบมีทั้งรานและไม่ราน เนื่องจากในขณะนี้มีไม้มะก่อ และไม้รกฟ้าเริ่มหายากจึงมีการนำไม้ลำไย และไม้เบญจพรรณอื่นๆ มาใช้ในการเคลือบแทน ในเชียงใหม่เครื่องปั้นดินเผาศิลาดลที่เลียนแบบของเก่าเป็นที่นิยมของคนต่างชาติและมีโรงงานเพิ่มมากขึ้นอยู่ตลอด

2.1.4 เคลือบขี้เถ้าที่กรุงเทพมหานคร

เคลือบขี้เถ้าเริ่มใช้ในกรุงเทพฯ ประมาณ พ.ศ.2472 โดยนายฮะลิ้ม ซึ่งเป็นชาวจีนจากเมืองปังเดย มาตั้งเตาเผาที่บ้านสามเสน ชื่อโรงงานเฮงเส็ง ซึ่งในปัจจุบัน คือ บริเวณเชิงสะพานกรุงธน ด้านฝั่งธนบุรี มีนายสีกวง เป็นผู้จัดการ มีการผลิตชามไก่ กระถางต้นไม้ แจกัน ชามลายดอกโบตั๋น ฯลฯ ต่อมามีการย้ายโรงงานมาอยู่ที่ราชเทวี ประมารปี 2479 ในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน ก็มีช่างกลุ่มหนึ่งแยกตัวจากโรงงานไปตั้งเตาเผาที่ราชบุรี เคลือบขี้เถ้าพืชที่ใช้เป็นสูตรเคลือบใสจากเมืองจีน ดังนี้

แกลบ	1 ลูกบาศก์เมตร
เปลือกหอยแครง หรือหอยนางรม	20 กิโลกรัม

จะได้เคลือบใสในการเคลือบชามตราไก่ ต่อมาโรงงานที่สามเสนเลิกไป แต่ที่ราชเทวียังทำอยู่และย้ายมาอยู่ที่ริมคลองแสนแสบข้างถนนเพชรบุรีตัดใหม่ ทำกระเบื้องมุงหลังคาเป็นหลักแต่ได้เลิกใช้เคลือบ

2.1.5 เคลือบขี้เถ้าที่ราชบุรี

ได้เริ่มขึ้นเมื่อนายอึ้งจือเหม็ง ช่างปั้นถ้วยชาม เป็นคนตำบลบังโคย เข้ามาอยู่ในประเทศไทย โดยเป็นช่างปั้นถ้วยชามที่โรงงานสามเสน ต่อมาได้มาเยี่ยมญาติที่ราชบุรี เห็นว่าดินมีคุณภาพจึงนำกลับไปทดลองปั้นดินที่กรุงเทพฯ จึงชักชวนเพื่อน 8 คน รวมทุนตั้งโรงงานที่ตำบลดอนตะโก เมื่อ พ.ศ.2477 โดยได้เริ่มทำโอ่งและไห และชามตราไก่ เคลือบใสที่ใช้ต่างกับสามเสน และราชเทวีคือนอกจากจะใช้แกลบ แล้วยังมีการผสมขี้เถ้าหญ้าคาด้วยรวมกับขี้เถ้าไม้เบญจพรรณ ซึ่งรวบรวมจากขี้เถ้าในการเผาในเตา และขี้เถ้าตามร้านอาหารและร้านกาแฟ โดยมีอัตราส่วนผสมเคลือบขี้เถ้า ดังนี้

ขี้เถ้า	3	ส่วน
ดินเลนร่องผัก	7	ส่วน

ในปัจจุบันดินเลนที่ใช้เปลี่ยนไป บางแห่งใช้ดินเลนจากคูน้ำริมถนนทางหลวง หรือดินเลนจากคลองส่งน้ำเข้าบ่อกุ้ง อัตราส่วนผสมก็มีการเปลี่ยนอยู่ตลอด ในปัจจุบันเคลือบที่ราชบุรียังนิยมใช้ขี้เถ้าไม้ในการทำเคลือบ และมีขี้เถ้าเป็นส่วนผสมหลักเหมือนในอดีต โดยยังมีขั้นตอนการเตรียมขี้เถ้าเหมือนเดิม และยังคงใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ประเภท โอ่ง ไหและกระถาง

2.2 กระบวนการเตรียมขี้เถ้า

ขี้เถ้าพืชทุกชนิดสามารถนำมาทำเคลือบได้ แต่จะให้ผสมของสีและผิวตลอดจนความโปร่งแสง หรือทึบแสงแตกต่างกันไปจึงจำเป็นต้องเลือกพืชให้เหมาะสมกับลักษณะของงานที่จะทำ

2.2.1 การรวบรวมพืชเพื่อนำมาทำขี้เถ้า

2.2.1.1 ได้จากการเก็บรวบรวมใบไม้จากต้นไม้ที่ผลัดใบพร้อมกันทั้งต้นเช่น จามจุรี หูกวาง ฯลฯ

2.2.1.2 ได้จากการรวบรวมเศษหญ้าจากการตัดแต่งสนามหญ้า รวมทั้งกิ่งไม้ หรือ ใบไม้จากการตกแต่งรั้วต้นไม้

2.2.1.3 ได้จากการตัดแต่งต้นไม้ ในสถานที่ต่างๆ เช่น บ้านพักอาศัย สถานที่ราชการ สวนสาธารณะ รวมทั้งการตัดแต่งต้นไม้จากสวนผลไม้

2.2.1.4 ได้จากต้นไม้ที่ถูกตัดจากการขยายถนน หรือ การสร้างถนนใหม่ที่ต้องมีการโค่นต้นไม้เพื่อเปิดทาง

2.2.1.5 ได้จากต้นไม้ของพืชไร่ภายหลังการเก็บเกี่ยว เช่น ข้าวโพด ถั่วชนิดต่างๆ

2.2.1.6 ได้จากวัชพืช เช่น หญ้าคา หญ้าตะกรับ ธูปฤาษี หรือ ผักตบชวา เป็นต้น

2.2.1.7 ได้จากการเก็บรวบรวมเศษไม้ ขี้กบ ขี้เลื้อย จากโรงงานเฟอร์นิเจอร์ โรงงานไม้แกะสลัก โรงกลึงไม้ เป็นต้น

2.2.1.8 ได้จากเปลือกของผัก หรือ ผลไม้ จากโรงงานผัก หรือ ผลไม้กระป๋อง เช่น เปลือกข้าวโพด เปลือกหน่อไม้ เปลือกเงาะ ฯลฯ

2.2.1.9 ได้จากการรวบรวมขี้เถ้าจากร้านอาหารที่ใช้ฟืน หรือ ถ่านหรือขี้เลื้อยในการปรุงอาหาร โดยวิธีปิ้ง ย่าง หรือ เผา

2.2.1.10 ได้จากโรรงงานน้ำตาลที่ใช้ต้นอ้อยเป็นเชื้อเพลิงจากโรงงานสีหรือเตาอิฐที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงจากเตาเคี่ยวน้ำตาลมะพร้าว ที่ใช้ทางมะพร้าวเป็นเชื้อเพลิง

นอกจากวิธีข้างต้นยังมีวิธีอีกมากมายที่สามารถหาวัตถุดิบในการทำเคลือบขี้เถ้า ขึ้นกับว่าอยู่ในท้องที่ใด ทำอะไร ในฤดูกาลไหน พืชบางชนิดอาจไม่มี หรือ หายากในบางท้องที่ แต่ในบางท้องที่มีอยู่มากมาย ในกรณีที่เก็บกวาดรวบรวมใบไม้ร่วงต้องระวังอย่าให้มีเศษดิน หรือ ทรายจากพื้นเปื้อนมากับใบไม้ พืชไร่ที่ถอนรากขึ้นมา เช่น ถั่วลิสง ต้องสลัดดินที่ราก หรือ ตัดรากที่มีดินทรายติดอยู่ทิ้งให้หมด(เสริมศักดิ์ นาคบัว. 2537:11)

2.2.2 พื้น หรือ ลานตากพันธุ์พืช

พื้นที่สำหรับตากจะต้องพิจารณาให้เหมาะสมว่า พืชชนิดใดควรตากบนพื้นอะไร ข้อที่ควรระวังคือ จะต้องไม่ให้มีดิน หรือ ทรายปนเปื้อนกับใบไม้ที่ตาก ถ้าเป็นกิ่งไม้หรือแขนงไม้ที่ยังไม่ได้ตัดทอนให้สั้น อาจตากทิ้งไว้บนลานดิน หรือ ที่โล่งแจ้งใบไม้ปกติไม่จำเป็นต้องตาก เพราะเมื่อร่วงจากต้นไม้นั้นก็แห้งดีแล้ว แต่เมื่อเก็บมาแล้วถูกฝนใบจะเปียก ต้องนำมาตากให้แห้งก่อน โดยตากบนลานซีเมนต์ หากตากบนพื้นดินต้องรองด้วยสังกะสี พวกหญ้าหรือพืชที่อมน้ำ เช่น ผักตบชวา หญ้าตะกรับ ธูปฤาษี เป็นพืชที่แห้งยาก เวลาตากควรใช้พื้นที่เช่นเดียวกับการตากใบไม้ แต่ควรหากิ่งไม้ช่วยหนุนให้ลอยสูงขึ้นจากพื้น จะทำให้แห้งเร็วขึ้น ธูปฤาษีนั้นถ้าไม่แห้งสนิท จะเผาไม่ไหม้ ถ้าตากในฤดูฝนต้องระวังเรื่องฝนที่ตกลงมาโดนใบไม้ที่ตากไว้ เพราะเมื่อแห้งแล้วกลับมาถูกน้ำจะดูดซับและอุ้มน้ำไว้จนฉ่ำแฉะต้องเสียเวลาตากอีกหลายวันกว่าจะแห้ง

2.2.3 การเผาพันธุ์พืช

การเผาควรก่อเตาเผารูปสี่เหลี่ยมอย่างง่ายๆ โดยอิฐมอญ หรือ อิฐก่อสร้างก้อนใหญ่ๆ วางเรียงสลับแนวโดยไม่ต้องยาแนวในระหว่างเรียงอิฐควรเว้นช่องให้ว่างไว้เป็นช่วงๆเพื่อให้อากาศถ่ายเทได้สะดวกช่วยทำให้การเผาไหม้ดีขึ้น ควรต่อเตาในที่โล่งแจ้งจะดีที่สุด วันที่ทำการเผาควรเป็นวันที่อากาศดีไม่มีลมและฝน เอาใบไม้หรือกิ่งไม้ที่แห้งดีแล้วใส่เตาเผาไปเรื่อยๆ โดยการเติมใบไม้ หรือ กิ่งไม้ลงไปในเตาเผาเป็นระยะๆ แล้วปล่อยให้ใบไม้ หรือ กิ่งไม้ซึ่งไหม้เป็นขี้เถ้าแล้วบ้าง ยังเป็นถ่านอยู่บ้าง ปะปนกันอยู่ไหม้เผาตัวเองต่อไปจนมอดดับ เมื่อไฟดับสนิท เตาเย็นแล้วก็จะเก็บขี้เถ้าได้ หากรีบเก็บไฟยังไม่มอดดับดี ก็ จะมีถ่านปนอยู่บ้าง ไฟจะมอบดับเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับชนิด ขนาดและความชื้นของไม้ด้วย ไม้ที่แห้งดีแล้วจะทำให้การเผาไหม้เร็วขึ้น ถ้าเตาเผาอยู่กลางแจ้ง เมื่อเผาเสร็จต้องรีบหา วิธีป้องกันไม่ให้ฝนสาดเข้าเตาเผาได้ หากขี้เถ้าเปียกจะเสียเวลาในการตากแห้ง และเมื่อได้ขี้เถ้าต้องใส่ภาชนะให้มิดชิด หากประสงค์จะทำเคลือบ เซราดอน (Caladon) ที่ไม่ต้องให้จุดของสนิมเหล็ก ต้องใส่ภาชนะที่ไม่มีสนิมหากขี้เถ้าร้อนใส่โอ่งดิน หากขี้เถ้าเย็นตัวก็ใส่ในถุงพลาสติก การเผาแต่ละครั้งต้องเผามากๆ ให้มีปริมาณมากพอในการใช้ครั้งต่อไปๆ ขี้เถ้าที่ได้นำมาร่อนตะแกรงเบอร์ 80 หรือ 100 หรือ 120 แล้วก็นำไปผสมเคลือบได้เลย บางคนต้องล้าง หรือเผาสิ่งสกปรก (Calcine) เสียก่อนจึงจะนำมาใช้

ข้อควรระวังในการทำงานกับขี้เถ้าพืช (เสริมศักดิ์ นาคบัว.2537:13)

การเก็บขี้เถ้าหรือร่อนขี้เถ้าต้องมีการปิดปากปิดจมูกให้ดีและควรอยู่ต้นลม โดยต้องระวังอย่าให้ขี้เถ้าตาเมื่อขี้เถ้าถูกน้ำจะมีด่างละลายออกมาเข้มข้นมากน้อยแล้วแต่ชนิดของขี้เถ้า ดังนั้นหากขี้เถ้าปลิวเข้าจมูก หรือ ตา น้ำเยื่อเมือกในจมูก หรือ น้ำหล่อเลี้ยงตาจะทำให้ด่างละลายออกจากขี้เถ้า ทำให้เจ็บแสบมาก หากขี้เถ้าโดนผิวหนังตามมือตามแขนจะทำให้แสบคันได้เมื่อเหงื่อออก วิธีป้องกันควรแต่งกายมิดชิดใส่ถุงมือยางในการป้องกัน เคลือบที่ผสมเสร็จใหม่ๆ แล้วใช้ทันทีด่างอาจยังละลายออกมาไม่มากนัก แต่เมื่อทิ้งค้างคืนไว้ ด่างย่อมละลายออกมาเต็มที่ เคลือบที่ผสมด้วยขี้เถ้าที่ยังไม่ได้ล้างจะมีความเป็นด่างค่อนข้างเข้ม จึงต้องควรระวังในการสัมผัสเคลือบ

2.2.4 การล้างขี้เถ้า

ผลของการล้างขี้เถ้าจะทำให้ไม่มีเม็ดถ่านขนาดเล็กที่ยังไม่ไหม้เหลืออยู่โดยการนำขี้เถ้าผสมกับน้ำในถังขนาดใหญ่ ใส่น้ำให้มากใช้ตะแกรงห่างๆ ตักเอาถ่าน และเศษไม้ที่ลอยอยู่บนผิวน้ำทิ้งแล้วรินน้ำและขี้เถ้าใส่ถังอีกใบหนึ่งทิ้งเศษดินและกรวดทรายไว้ที่ก้นถังใบแรกกรองขี้เถ้าด้วย ตะแกรงเบอร์ 60 ถึงเบอร์ 100 หรืออาจถึงเบอร์ 200 ทั้งนี้แล้วแต่ความต้องการให้ลักษณะของผิวเคลือบเมื่อเผาแล้วเป็นอย่างไร หรือ อาจแยกขนาดของขี้เถ้าออกเป็น2หรือ3 ขนาด ตามความละเอียดของตะแกรง ไม่ควรทิ้งขี้เถ้าไปโดยเปล่าประโยชน์ปล่อยให้ขี้เถ้าตกตะกอน 2-3 ชั่วโมง น้ำส่วนบนจะมีรสกร่อย เพราะมีด่างโซดียม ไฮดอกไซด์ หรือคราสติกโซดา (Sodium hydroxide หรือ caustic soda) จากขี้เถ้าละลายออกมาผสมอยู่เป็นจำนวนมาก ค่อยๆรินน้ำทิ้งหรือใช้วิธีกาลักน้ำเปลี่ยนน้ำใหม่ปล่อยให้ตกตะกอนแล้วรินน้ำทิ้งอีกทีทำซ้ำจนน้ำใสและจืดตาก ขี้เถ้าให้แห้งเก็บไว้เพื่อใช้ผสมเคลือบต่อไป การล้างอาจล้างเพียงครั้งเดียว หรือ หลายครั้ง แล้วแต่ความประสงค์

3. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

3.1 ขี้เถ้าใยปาล์มน้ำมัน

ผู้วิจัยเลือกใช้เถ้าใยปาล์มน้ำมันจากบริษัทล่ำสูง ประเทศไทยจำกัด (มหาชน) ตำบลกะลาแส อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ตัวอย่างเถ้าใยปาล์มที่เก็บมาเป็นผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากการเผาใยปาล์มเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อผลิตพลังงานไปใช้ในกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มของโรงงาน ในการเผาใยปาล์มนั้นใช้เตาเผาระบบ Stoker ซึ่งเป็นระบบการเผาไหม้แบบที่ทำให้เชื้อเพลิงมีความเคลื่อนไหว ทำให้ใยปาล์มมีการเผาไหม้ที่ดี สำหรับการดักจับใยปาล์มน้ำมันใช้ระบบมัลติ-ไซโคลน (Multi Cyclone) มาไว้ในในห้องเก็บเถ้าใยปาล์มน้ำมัน และเก็บตัวอย่างจากห้องเก็บเถ้าโดยตรง ร่อนผ่านตะเกรงมีความละเอียด 100 เมส

3.2 หินฟันม้า (Feldspar)

เป็นสารประกอบของแอลคาไลอะลูมิเนียมซิลเกต (Alkalies Aluminium Silicate) และแอลคาไลน์เอิร์ทของสารประกอบโซเดียม โพแทสเซียม และแคลเซียม เป็นวัตถุดิบที่นำมาใช้มากในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา เพื่อเป็นตัวช่วยหลอมละลาย (Flux) ทั้งในเนื้อดินและน้ำเคลือบ นอกจากนี้ยังเป็นวัตถุดิบที่ช่วยให้เนื้อดินปั้นมีความแข็งแกร่งและประสานกันได้อย่างดี โดยธรรมชาติของหินฟันม้า จะมีสารประกอบของแอลคาไล แอลคาไลน์เอิร์ทเจือปนอยู่หลายชนิดจึงปรากฏชื่อเรียกของหินฟันม้าแตกต่างกันตามเปอร์เซนต์ของสารประกอบที่เจือปน

ตาราง 4ตารางแสดงชื่อเรียกชนิดของหินฟันม้าตามเปอร์เซ็นต์ของสารประกอบที่เจือปน

Mineral	Fomula
Potash – Feldsper (Orthoclase)	$K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$
Soda – Feldspar (Albite)	$Na_2O.Al_2O_3.6SiO_2$
Lime – Feldspar (Anorthite)	$CaO.Al_2O_3.2SiO_2$
Baryta – Feldspar (Celsian)	$BaO.Al_2O_3.2SiO_2$
Pollucite	$Cs_2O.2Al_2O_3.4SIO_2$

Spodemene	$Li_2O.Al_2O_3.4SiO_2$

ที่มา . อายุวัฒน์ สว่างผล. (2543:83)

หินฟันม้านิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาเนื่อจากมีราคาถูกและเป็นสารประกอบแอลคาไลน์ที่ไม่ละลายน้ำ โดยทั่วไปหินฟันม้ามี 3 ชนิด คือ (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ.2539 : 95)

3.2.1 หินฟันม้าประเภทโพแทสเฟลด์สปาร์ (Potash Feldspar) หรือ มีชื่อทางสินแร่ว่าออร์โทเคลส (Orthoclase) หรือไมโครไคลน์ (Microcline)

สูตรทางเคมี คือ $K_2O.Al_2O.6Sio_2$โพแทสเฟลด์สปาร์ เป็นหินฟันม้าที่มีสารประกอบของโพแทสเซียมที่มีความถ่วงจำเพาะ 2.56 มีความแข็งระดับ 6 จะมีสีแตกต่างกันแล้วแต่แหล่งที่กำเนิดได้แก่ สีขาว สีเหลือง สีชมพู เป็นต้น

3.2.2 หินฟันม้าประเภทโวดาเฟลด์สปาร์ (Soda feldspar) หรือ Albite ได้แก่ หินอัลไบท์ (Albite)

สูตรทางเคมี คือ $Na_2O.Al_2O_3.6Sio_2$ เป็นหินฟันม้าที่มีสารประกอบของโซเดียม อลูมิเนียมซิลิเกต (Sodium aluminiium silicate) มีความถ่วงจำเพาะระหว่าง 2.61 – 2.64 มีความแข็งระดับ 6 เป็นผลึกสีเทาหรือขาวขุ่น ใช้ผสมน้ำเคลือบไฟสูง เพื่อช่วยลดอุณหภูมิ หินฟันม้าชนิดนี้ช่วยทำให้อุณหภูมิของเคลือบต่ำกว่าหินฟันม้าชนิดโพแทสเฟลด์สปาร์ และหินฟันม้าชนิดโซเดียวเฟลด์สปาร์ มีส่วนประกอบทางเคมี ดังนี้

ซิลิกา	ร้อยละ	68.8
อลูมินา	ร้อยละ	19.4
โซเดียม	ร้อยละ	11.8
มีน้ำหนักโมเลกุล 524		

3.2.3 หินฟันม้าประเภทแคลเซียมเฟลด์สปาร์ (Calciumfeldspar) หรือ Anothite หรือ หินไลม์สปาร์ (limespar)

ซิลิกา	ร้อยละ	43.3
อลูมินา	ร้อยละ	36.6
โซเดียม	ร้อยละ	20.1
มีน้ำหนักโมเลกุล 298		

หินฟันม้าในแหล่งแร่ธรรมชาติ มักจะมีสิ่งเจือปนเกี่ยวกับซิลิก้า (Free SiO_2) ไมก้า (Mica) จนเรียกได้ว่าการพบหินฟันม้า ไม่เคยพบชนิดใดชนิดหนึ่งโดยเฉพาะ มักจะพบผสมกันระหว่างหินฟันม้าทั้ง 3 ชนิด ขึ้นอยู่กับว่า มีชนิดใดเป็นหลักก็นิยมเรียกเฟลด์สปาร์ชนิดนั้น หินฟันม้าที่พบโดยทั่วไปจะมีโพแทสเฟลด์สปาร์ (K-feldspar) และโซเดียมเฟลด์สปาร์ (Na-feldspar) เป็นจำนวนมาก แต่ไม่เคยพบชนิดของแคลเซียมเฟลด์สปาร์ (Calcium feldspar) การมีสัดส่วนผสมระหว่างโซเดียม (Na) กับโพแทสเซียม (K) ในอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกันจะเรียกเฟลด์สปาร์ชนิดนี้ว่าแร่กะเทย (perthiet)

หินฟันม้ามีประโยชน์อย่างยิ่งในการเตรียมเคลือบ เพราะมีจุดหลอมตัวต่ำเนื่องจากประกอบด้วยสารประกอบประเภทด่างของโพแทสเซียมจึงเป็นตัวช่วยในการหลอมละลายได้อย่างดี เมื่อหินฟันม้าได้รับความร้อนจนหลอมตัวลงก็จะทำให้สารตัวอื่น ๆ ในเนื้อเคลือบมีจุดหลอมตัวที่ต่ำลงกว่าเดิม การหลอมตัวของหินฟันม้าขึ้นอยู่กับปริมาณของโซเดียม โพแทสเซียม และลิเทียม ที่มีอยู่ในหินฟันม้าแต่ละชนิด

ตาราง 5ตารางเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างหินฟันม้าชนิดที่ใช้มากในงานเครื่องปั้นดินเผา

Potash - Feldspar	Soda - Feldspar	Calcium – Feldspar
1.มีสารประกอบของ K มาก	1.มีสารประกอบของ Na มาก	1.มีสารประกอบของ Ca มาก
2.มีค่า ถ.พ. 2.57	2.มีค่า ถ.พ. 2.62	2.มีค่า ถ.พ. 2.76
3.มีแนวแตกเรียบทำมุมกันเท่ากับ 90°	3.มีแนวแตกเรียบทำมุมกันเท่ากับ 93° 34	3.มีแนวแตกเรียบทำมุมกันเท่ากับ 99° 12
4.มีปริมาณร้อยละ Al_2O_3 น้อย	4.ปริมาณร้อยละ Al_2O_3ปานกลาง	4.มีประมาณร้อยละ Al_2O_3 มาก
5.จุดหลอมละลาย 1250 องศาเซลเซียส	5.จุดหลอมละลาย 1100 องศาเซลเซียส	5.จุดหลอมละลาย 1100 องศาเซลเซียส
6.ผสมในเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ	6.ผสมในน้ำเคลือบ	6.ผสมในน้ำเคลือบ

ที่มา : อายุวัฒน์ สว่างผล . (2534) :103

ประโยชน์ของหินฟันม้าในอุตสาหกรรรมเซรามิก

1. เป็นส่วนผสมในน้ำเคลือบ และเนื้อดินปั้น

ใช้ผสมในน้ำเคลือบ อัตรส่วนประมาณร้อยละ 30 -70 ในกรณีที่มีหินฟันม้าสูงเรียกว่า เฟลด์สปาร์ติค เกรซ (Feldspartic glaze)

ใช้ส่วนผสมในเนื้อดินปั้น อัตราส่วนประมาณร้อยละ 5 – 30 ในกรณีที่ใช้หินฟันม้ามากกว่าร้อยละ 30 อาจถึงร้อยละ 60 เรียกว่า เฟลด์สปาร์ติคบอดี (Feldspartic body)

2. เป็นส่วนผสมในอุตสาหกรรมแก้ว ผสมในอัตรส่วนประมาณร้อยละ 30 – 40
3. ทำหน้าที่เป็นตัวยึดเกาะ (Binder) เพราะทำให้เกิดแก้ว
4. ลดอุณหภูมิของวัตถุดิบ (Material) อื่น เพราะเป็นตัวลดจุดหลอมละลาย (Fluxing)
5. ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติโปร่งแสงดีขึ้น เพราะทำให้เกิดแก้ว

3.3 ดินขาว(Kaolin, China clay)

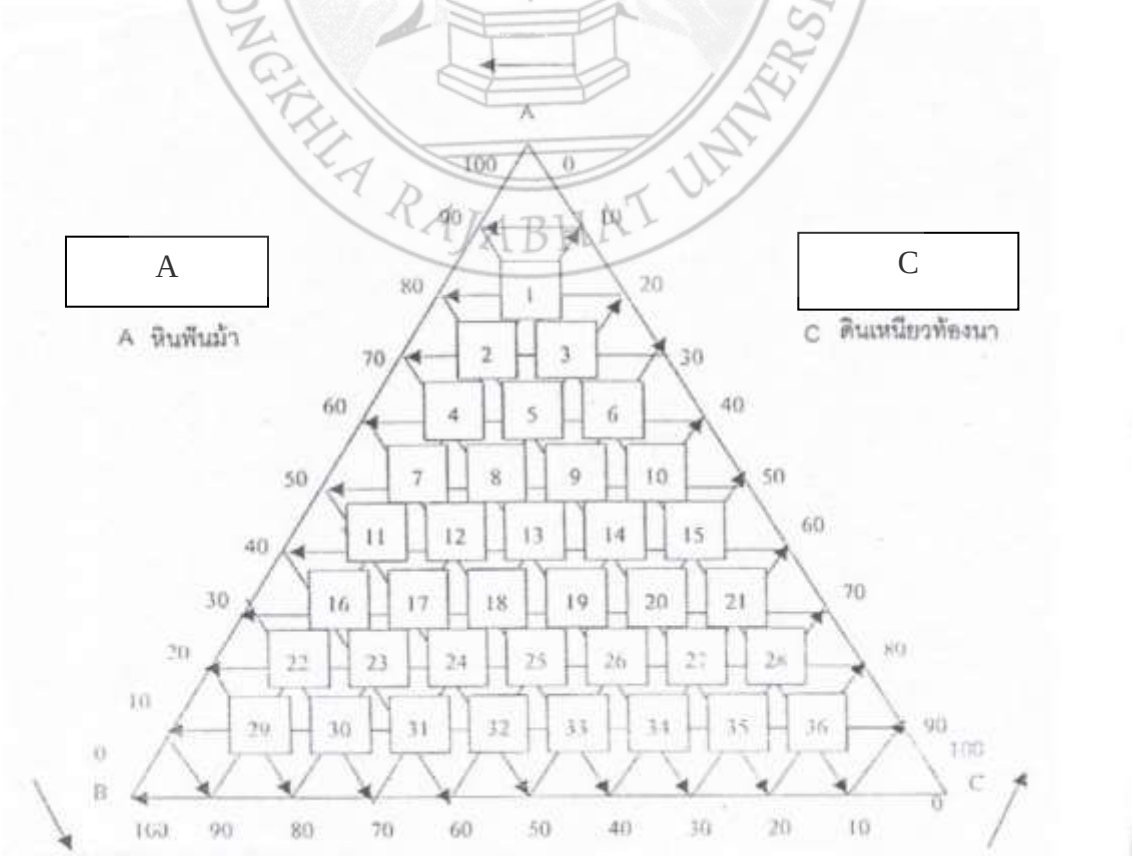
ดินขาว (Kaolin, China clay) หมายถึง ดินที่มีสีขาวหรือสีจางๆ แหล่งดินชนิดนี้มี 2แบบแหล่งต้นกำเนิด (Residual Deposits) ดินขาวแหล่งนี้ มักพบในลักษณะเป็นภูเขา หรือที่ราบซึ่งเดิมเป็นแหล่งแร่หินฟันม้า (Feldspar) เมือหินฟันม้าผุพังโดยบรรยากาศ (Weathering) ผลสุดท้ายเหลือเป็นดินขาวอยู่ สิ่งสกปรกที่พบเสมอในดินเหล่านี้คือ ซิลิกา มีสูตรเคมีเป็น SiO2 นอกจากนี้ก็มีหินฟันม้า และผลิตผลอื่นๆ ที่ยังไม่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากปฏิกิริยายังไม่สมบูรณ์ และอาจมีสิ่งสกปรกจากที่อื่นเข้าไปปนแหล่งสะสมที่ลุ่ม (Sedimentary Deposit) หมายถึงแหล่งดินขาวที่เกิดจากดินขาวจากแหล่งแรก ถูกกระแสน้ำพัดไป และไปสะสมในบริเวณที่ราบลุ่มในประเทศไทยมีแหล่งดินขาวหลายจังหวัด มี ลำปาง อุตรดิตถ์ ปราจีนบุรี ระนอง สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช เป็นต้น

ส่วนประกอบทางเคมีของดินขาวผลึกที่บริสุทธิ์ของดินขาวมีส่วนประกอบทางเคมีเป็น (OH)4Al2SiO2 หรือAlO.SiO2.2H2O sinv 39.8%AlO 46.3%SiO2 และ 13.9%H2O

โครงสร้างของสารประกอบพวกซิลิเกต (silicate structures) สารประกอบพวกซิลิเกตมีโครงสร้างได้หลายแบบซึ่งขึ้นกับการเชื่อมโยงกันของ silicon-oxygen tetrahedron disilicates เป็นโครงสร้างที่พบในแร่ดิน โครงสร้างของมันเกิดจากการเชื่อมโยงกันของออกซิเจนกับออกซิเจน อะตอมสามคู่ของ tetrahedron แต่ละหน่วยซึ่งการเชื่อมโยงกันเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ในลักษณะที่เป็นแผ่น (sheet) ซึ่งจะมีอัตราส่วนของ Si:O ในอัตราส่วน 2:5 รูปร่างของ tetrahedron sheet จะมีลักษณะคล้ายรวงผึ้งตรงกล่างของแต่ละเซลล์เป็นโพรงใหญ่ Octahedron sheet ประกอบด้วยแต่ละคู่ของ octahedral-packed CH sheets ซึ่งมีอนุมูลบวกอยู่ระหว่าง octahedron เหล่านั้น มาเรียงซ้อนกันอย่างเหมาะสม พวกอนุมูลบวกอาจเป็น Al+3,Fe+2 หรือ Mg+2 ในดินซึ่งมีคุณภาพสูง เราจะพบแต่ Al+3 นอกจากนี้ใน octahedral sheet ยังมีโพรงเช่นเดียวกับ tetrahedral sheet ในโพรงเหล่านี้พวกอนุมูลบวก สามารถเข้าไปอยู่ได้ในหนึ่งเซล ถ้ามีอนุมูลบวกเข้าไปอยู่เต็มที่ 6 ตัวเรียกแร่เหล่านี้ว่า trioctahedral และถ้ามีอนุมูลบวกเข้าไปอยู่เพียง 2 ใน 3 หรือ 4 ตัว เรียกแร่เหล่านี้ว่า dioctahedral

4.การอ่านแผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่า (Triaxial Blend)

เคลือบที่ประกอบด้วยวัตถุดิบที่มากกว่า 2 ชนิด จะใช้งานได้ดีกว่า ทำการเคลือบบนชิ้นงานได้ง่ายกว่า มีความแน่นอนจากผลของการเผามากกว่า และมักมีช่วงการเผา (Firing ranges) กว้างกว่าเคลือบที่ผสมด้วยวัตถุดิบเพียง 2 ชนิด นอกจากนั้น เคลือบที่ผสมด้วยวัตถุดิบจำนวนตั้งแต่ 2-3 ชนิดขึ้นไป มักจะหลอมที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่าเคลือบที่ใช้วัตถุดิบน้อยชนิดกว่า Triaxial Blend เป็นวิธีที่จะนำมาใช้หาสูตรเคลือบให้ดีขึ้นในด้านต่างๆ และมีความหลากหลายของสีผิว ความโปร่งแสง หรือทึบแสง เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานมากขึ้น (เสริมศักดิ์ นาคบัว. 2537 : 32)



B

ภาพประกอบ 1ภาพแสดงวิธีการคำนวณหาอัตราส่วนส่วนผสมของน้ำเคลือบ

วิธีการอ่านค่าตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า

ให้ A,B,C เป็นวัตถุดิบ 3 ชนิด

การหาค่าของวัตถุดิบ A ให้อ่านตามค่าแกนนอน (←)ค่าให้อ่านที่ด้าน A

การหาค่าของวัตถุดิบ B ให้อ่านตามค่าแกนนอน (↘) ที่ลากจากฐาน A ไปฐาน B ค่าให้อ่านที่ด้าน B

การหาค่าของวัตถุดิบ C ให้อ่านตามค่าแกนนอน (↗) ที่ลากจากฐาน A ไปฐาน B ค่าที่อ่านที่ด้าน C

ค่าทั้ง 3 ค่า ที่อ่านได้จากตารางนี้ เมื่อรวมกันแล้วจะต้องได้ร้อยละ 100 พอดี ถ้าหากว่ารวมกันแล้วได้มากหรือน้อยกว่าร้อยละ 100 แสดงว่าอ่านค่าใดค่าหนึ่งผิด

เหตุที่ต้องเว้นระยะห่างไว้ 10 ส่วนเนื่องจากต้องการให้เห็นความแตกต่างของแต่ละสูตรเคลือบและสามารถทำการทดลองสูตรได้ละเอียดมากขึ้น

5.เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเคลือบขี้เถ้าจากพันธุ์ไม้นานาชนิดเพื่อต้องการทราบถึงพันธุ์ไม้แต่ละชนิดที่สามารถนำมาทำเคลือบให้มีโทนสีเขียวเหมือนเคลือบเซลาดอน มีผิวเรียบเนียน มีความมันแวววาว โดยพันธุ์ไม้แต่ละชนิดมีสารที่ทำให้เกิดสีต่างกัน จึงจำเป็นต้องศึกษางานวิจัยที่มีการทดลองทำเคลือบโดยใช้ขี้เถ้าไม้แล้วผลออกมาตรงตามที่ได้กำหนดไว้ในการทดลอง

จากงานวิจัยของ พิมพ์วัลค์ วัฒโนภาส (นิสา มีฉัยยา .2538: 42; อ้างอิงมาจาก พิมพ์วัลค์ วัฒโนภาส) ได้ทำการทดลองเคลือบขี้เถ้าแกลบ โดยวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ หินฟันม้า หินปูน ขี้เถ้าแกลบ ใช้บรรยากาศในการเผา 2 แบบคือรีดักชันที่อุณหภูมิ 1,230 องศสเซลเซียส และแบบออกซิเดชันที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส พบว่าเคลือบที่มีปริมาณแกลบที่สูงกว่าร้อยละ 40 ขึ้นไป ผิวเคลือบมีลักษณะ ในบริเวณที่มีขี้เถ้าแกลบร้อยละ 0-30 จะเป็นเคลือบใส ราน เมื่อนำไปเผาในบรรยากาศแบบรีดักชันที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส จะได้เคลือบเซลาดอน บริเวณที่ดีที่สุดคือ ส่วนผสมที่มีหินฟันม้า ร้อยละ 40-60 และขี้เถ้าแกลบร้อยละ 0-30

นิสา มีฉัยยา. (2538:52)ทำการทดลองเคลือบขี้เถ้าจากอัตราส่วนผสมระหว่าง ขี้เถ้าไม้ยางพารา หินฟันม้า ดินเหนียวท้องนา และขี้เถ้าเปลือกหอยแครง ได้เคลือบที่มีความใส มันวาว โดยเฉพาะสูตรที่มีหอนฟันม้าร้อยละ 25-45 ขึ้นไปและขี้เถ้าเปลืองหอยแครง ลดลงจากร้อยละ 25-5 และจะได้กลุ่มสีเขียวเมื่อเผาในบรรยากาศรีดักชัน

เสริมศักดิ์ นาคบัง. (2536:12) ได้ทำการทดลองเคลือบขี้เถ้าพืช หลายชนิด และมีผลการทดลองออกมาสวยงาม มีความหลากหลายทั้งสีและพื้นผิว

เคลือบขี้เถ้าไม้มะพร้าว สูตรที่ให้สีเขียวที่สวยงาม จะมีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ 3 ตัว คือ โพแทสเฟลด์สปา 34 ส่วน ขี้เถ้าทางมะพร้าว 33 ส่วน และดินแดง 33 ส่วน และเผาในบรรยากาศรีดักชัน ในอุณหภูมิมิโคน 8-9 จะได้สีที่สวยงาม พื้นผิวที่น่าสนใจและเคลือบหลอมสมบูรณ์

เคลือบขี้เถ้าไม้มะขามเทศ สูตรที่ให้สีเขียวสวยงามและมีอัตราส่วนผสมของ โพแทสเฟลด์สปา 34 ส่วน ขี้เถ้ากิ่งมะขามเทศ 33 ส่วน ดินแดง 33 ส่วน เผาในบรรยากาศรีดักชัน ในอุณหภูมิโคน 9-10 จะได้ผิวเคลือบที่มันใส แวววาว มีสีเขียวมะกอก จนถึงเขียวเข้มขี้ม้า

เคลือบขี้เถ้าไม้ล้มลุกสาบเสือ สูตรที่ให้ความสวยงาม ทั้งสีและพื้นผิว คือสูตรที่มีอัตราส่วนผสมของ โพแทสเฟลด์สปา 34 ส่วน ขี้เถ้าต้นสาบเสือ 33 ส่วน และดินแดง 33 ส่วน เผาในบรรยากาศรีดักชัน ในอุณหภูมิ โคน 8-9 (cone 8-9) จะได้สีที่สวยงาม และหากใช้ดินดำแทนดินแดงในสูตร จะได้เคลือบที่สวยงามแปลกตาออกไป

สรุป

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเคลือบขี้เถ้านั้น ขี้เถ้าที่นำมาใช้และให้ผลของเคลือบออกมาดีนั้นจะเป็นไม้ยืนต้นเนื้อแข็งมากกว่าขี้เถ้าไม้ล้มลุก และควรมีปริมาณเคลือบขี้เถ้าในสูตรเคลือบประมาณร้อยละ 30 – 50 และมีหินฟันม้าในปริมาณระหว่างร้อยละ 32-0-60 เคลือบที่ออกมาจึงจะให้ผลดี เหล็กออกไซด์ จะมีอิทธิพลต่อสีของเคลือบ และหากมีมากเกินไปอาจทำให้มีผลต่อการหลอมละลายของเคลือบ อีกทั้งในสูตรเคลือบที่มีปริมาณของอลูมินาในดินน้อยจะทำให้เคลือบหดตัวมาก การเผาเคลือบทั้ง 2 บรรยากาศออกซิเดชันและรีดักชัน เพื่อให้เห็นความแตกต่างของสีเคลือบ แต่ในการเผาบรรยากาศ คือ ออกซิเดชันและรีดักชัน เพื่อเห็นความแตกต่างของสีเคลือบ แต่ในการเผาบรรยากาศรีดักชันจะให้สีที่สวยงามกว่าบรรยากาศออกซิเดชันและจะมีโทนสีเขียวที่สวยงาม การเผาเคลือบควรใช้ไฟสูงอุณหภูมิระหว่าง 1,200 – 1,250 องศาเซลเซียส และที่สำคัญเคลือบที่ได้จากขี้เถ้าไม้ชนิดต่างๆนั้นจะให้ลักษณะของผิวและสีที่ต่างกันออกไป

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้เป็นการทดลองเพื่อพัฒนาสูตรเคลือบขี้เถ้าจากอัตราส่วนผสมของเคลือบขี้เถ้าใยปาล์มน้ำมัน หินฟันม้า และดินดำ สำหรับเคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาชนิดสโตนแวร์ ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินการ ดังนี้

1. วัตถุดิบ อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
2. ตัวแปรที่สำคัญในการวิจัย
3. การดำเนินการวิจัย
4. การวิเคราะห์ข้อมูล
5. กรอบแนวคิดการวิจัย

1. วัตถุดิบ อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

1.1.1 เถ้าใยปาล์มน้ำมัน ผู้วิจัยเลือกใช้เถ้าใยปาล์มน้ำมันจากบริษัทล่ำสูง ประเทศไทยจำกัด (มหาชน) ตำบลกะลาแส อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ตัวอย่างเถ้าใยปาล์มที่เก็บมาเป็นผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากการเผาใยปาล์มเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อผลิตพลังงานไปใช้ในกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มของโรงงาน มีความละเอียด 100 เมส

1.1.2 หินฟนมา (Feldspar) สำเร็จที่มีการบรรจุถุงจำหน่าย มีความละเอียด 325 เมส

1.1.3 ดินขาว(Kaolin, China clay)สำเร็จที่มีการบรรจุถุงจำหน่าย มีความละเอียด 100 เมส

1.2 อุปกรณ และเครื่องมือที่ใชในการวิจัยไดแก

1.2.1 เครื่องชั่งระบบไฟฟามีหนวยเปนกรัมและมิลลิกรัม

1.2.2 หมอบดเคลือบขนาดความจุไมเกิน 1 กิโลกรัม

1.2.3 โกรงบดเคลือบ

1.2.4 ตะแกรงรอนขนาด 100 และ 120 เมส

1.2.5 แผ่นทดสอบเคลือบที่ทำจากดินผสมสำเร็จรูปที่ผานการเผาดิบที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส

1.2.6 เตาเผาเซรามิกส์ชนิดเตาแก็ส

2. ตัวแปรที่สำคัญในการวิจัย

<u>ตัวแปรต้น</u>

1.อัตราสวนผสมของเคลือบขี้เถาพืชจากส่วนผสมของเถ้าใยปาล์มน้ำมัน จำนวน 36 สูตร

2. บรรยากาศในการเผาไหม

2.1 การเผาไหมแบบออกซิเดชัน

2.2 การเผาไหมแบบรีดักชัน

<u>ตัวแปรตาม</u>

คุณภาพของเคลือบผลิตภัณฑ

1.พื้นผิวของเคลือบ

1.1 ผิวเรียบเนียน

1.2 ผิวหยาบ

2.ความสมบูรณของเคลือบ

2.1 เคลือบรานตัว

2.2 รูเข็ม

2.3 เคลือบแยกตัว

3. การดำเนินวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อพัฒนาสูตรเคลือบขี้เถาพืชจากส่วนผสมของเถ้าใยปาล์มน้ำมัน โดยมีระเบียบวิธีวิจัย ดังนี้

1. เครื่องมือวิจัยที่ใช้ ได้แก่ แบบประเมินคุณภาพเคลือบ ซึ่งผู้วิจัยเป็นคนพัฒนาขึ้นเองและตรวจสอบเครื่องมือโดยผูเชี่ยวชาญที่มีประสบการณทางการสอนวิชาเครื่องปนดินเผาจำนวน 2 ท่าน

2. วัตถุดิบที่ใชในการทดลอง

1.1 เถ้าใยปาล์มน้ำมันเหลือทิ้ง มีความละเอียด 100 เมส

1.2 หินฟนมา (Feldspar) มีความละเอียด 325 เมส

1.3ดินขาว (Kaolin, China clay)มีความละเอียด 100 เมส

3. การกำหนดอัตราสวนผสมของเคลือบไดจากแผนภาพสามเหลี่ยมดานเทา จำนวน 36 สูตรโดยกำหนดวัตถุดิบหลักคือ เถ้าใยปาล์มน้ำมันเหลือทิ้งหินฟนมา และดินขาว

4. การทดลองมี 2 ขั้นตอนหลักดังนี้

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> นำแผนทดสอบชุบในน้ำเคลือบทั้ง 36 สูตร สูตรละ 6 แผนจะไดแผน ทดสอบจำนวน 213 ชิ้น นำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศการเผาไหม แบบออกซิเดชัน (OF) และบรรยากาศแบบรีดักชัน(RF) จากนั้นคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุด 3 สูตรโดยผูเชี่ยวชาญโดยการเปรียบเทียบกันเองภายในอัตราสวนสูตรตางๆ จากลักษณะของเคลือบในดานการหลอมตัวของเคลือบและสีของเคลือบ

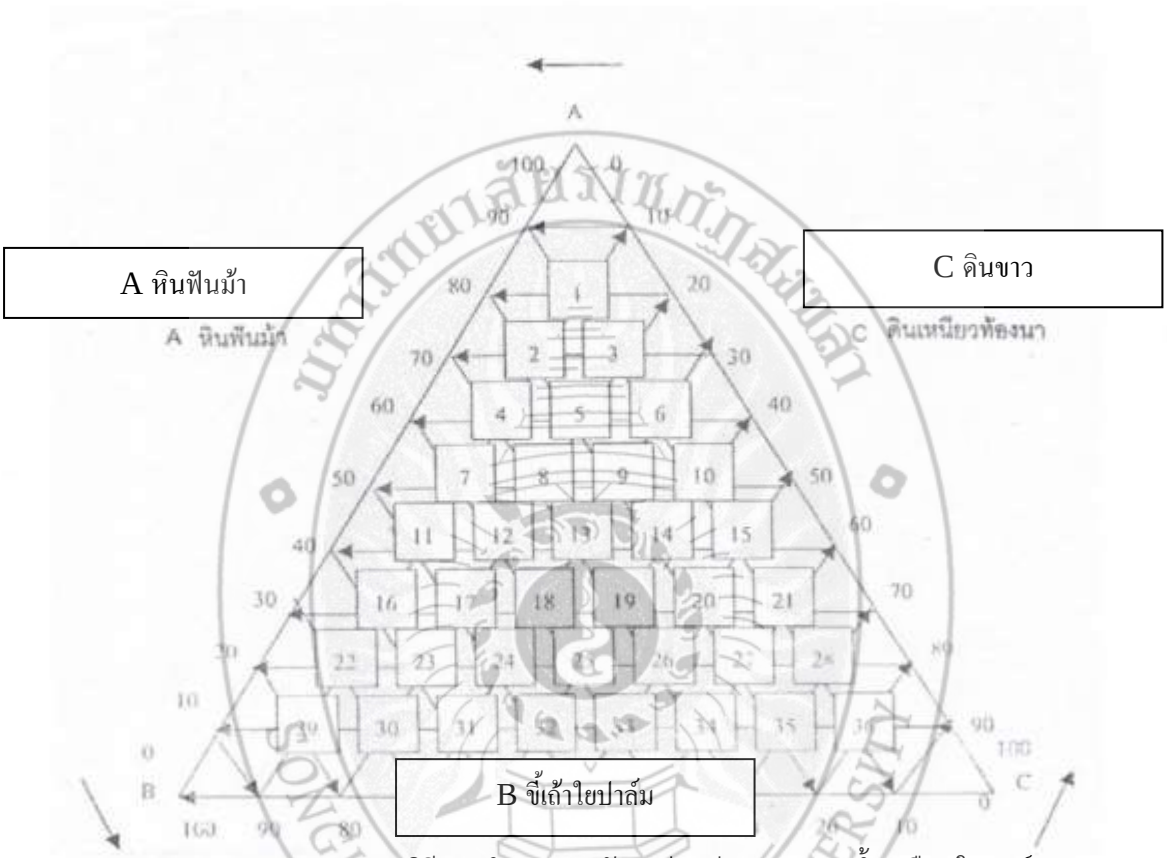
<u>ขั้นตอนที่ 2</u> นำสูตรที่ดีที่สุดอย่างละ 3 สูตรไปเคลือบผลิตภัณฑเครื่องปนดินเผาสโตนแวร์ ที่ผานการเผาดิบจำนวน 3 รูปแบบ ที่ตางกันรูปแบบละ 6 ชิ้น จะไดผลิตภัณฑที่เผาจำนวน 18 ชิ้น นำไปเคลือบและเผาที่อุณหภูมิ 1, 230 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศการเผาไหม แบบออกซิเดชัน (OF) และการเผาไหม แบบรีดักชัน (RF) และทำการประเมินคุณภาพของเคลือบผลิตภัณฑในดานพื้นผิวของเคลือบ

5.เตาเผาที่ใชในการทดลองเปนเตาเผาชนิดทางเดินลมรอนลงใช้ แก็สเปนเชื้อเพลิงในการเผาไหมในบรรยากาศรีดักชัน (OF) และแบบบรรยากาศออกซิเดชัน (OF)

6. การประเมินคุณภาพของเคลือบจะใชแบบประเมินคุณภาพเคลือบ โดยผูเชี่ยวชาญที่มีประสบการณทางการสอนวิชาเครื่องปนดินเผาจำนวน 3 ทานและผูมีประสบการณในสถานประกอบการทางงานเครื่องปนดินเผา 1 ทาน

7.การชั่งสวนผสมของวัตถุดิบ ใชเครื่องชั่งระบบไฟฟา จำนวนทศนิยม 2 ตำแหนง

การพัฒนาสูตรเคลือบ ใช้วิธีการ Triaxial Blend ซึ่งเป็นวิธีที่จะนำมาใช้หาสูตรเคลือบให้ดีขึ้นในด้านต่างๆ โดยสูตรเคลือบเคลือบที่ได้ทั้ง 36 สูตร มีส่วนผสมดังนี้



ภาพประกอบ 2ภาพแสดงวิธีการคำนวณหาอัตราส่วนส่วนผสมของน้ำเคลือบใยปาล์ม

หมายเหตุ กำหนดใหคาที่อานไดจากดาน A แทน หินฟนมา
กำหนดใหคาที่อานไดจากดาน B แทน ขี้เถาใยปาล์ม
กำหนดใหคาที่อานไดจากดาน C แทน ดินขาว

หมายเลขที่อยู่ในชองสี่เหลี่ยมหมายถึงการกำหนดอัตราสวนผสมของวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด โดยจะอานคาของวัตถุดิบตามทิศทางของลูกศรที่ปรากฏในแตละดานเชน

สูตรที่ 1 หินฟนมา อานที่ดาน A มีคาเทากับ 80
ขี้เถาใยปาล์ม อานที่ดาน B มีคาเทากับ 10
ดินขาว อานที่ดาน C มีคาเทากับ 10

ซึ่งวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิดเมื่อนำคาทั้ง 3 ดานมารวมกันแลวจะตองมีคาเทากับ 100 เสมอ

4.การวิเคราะห์ข้อมูล

การทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยไดทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามการทดลองที่กำหนดขึ้น โดยใช้เครื่องมือวิจัย ได้แก่

1. แบบประเมินคุณภาพเคลือบด้านการหลอมตัวของเคลือบโดยการลงความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ(ใช้ในการทดลองขั้นที่ 1)
2. แบบประเมินคุณภาพเคลือบด้านสีของเคลือบโดยการลงความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (ใช้ในการทดลองขั้นที่ 1)
3. แบบประเมินคุณภาพของเคลือบบนผลิตภัณฑ์ชนิดสโตนแวร์ (ใช้ในการทดลองขั้นที่ 2)

ซึ่งผู้วิจัยได้คัดเลือกผู้เชี่ยวชาญในการประเมินคุณภาพเคลือบ โดยประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์สอนทางด้านเครื่องปั้นดินเผาในสถาบันอุดมศึกษาจำนวน 3 ท่าน และ ผู้เชี่ยวชาญที่เป็นผู้ประกอบการทางด้านเครื่องปั้นดินเผาจำนวน 1 ท่าน

4.1 ในขั้นตอนที่1 เปนการประเมินลักษณะของเคลือบทั้ง 36 อัตราสวนจำนวน 216 ชิ้นทดลอง จากการเผาทั้ง2บรรยากาศโดยผูเชี่ยวชาญตรวจสอบโดยสายตาแลวจึงคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุด 3 สูตร จากจำนวน 36 สูตรเพื่อนำไปเคลือบผลิตภัณฑจริงโดยใชตารางในการวิเคราะหผลมีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 การประเมินการหลอมตัวของเคลือบโดยแบงออกเปนเกณฑดังนี้

4.1.1.1 เคลือบไมหลอมตัว

4.1.1.2 เคลือบดาน

4.1.1.3 เคลือบกึ่งมันกึ่งดาน

4.1.1.4 เคลือบมันวาว

4.2 ในขั้นตอนที่2 เปนการประเมินคุณภาพของเคลือบของผลิตภัณฑ 3 รูปแบบจำนวน 18 ชิ้นงานที่ผานการเผาในอุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียสทั้ง 2 บรรยากาศ โดยใชตารางการประเมินดวยสายตามีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 การประเมินคุณภาพของเคลือบดานพื้นผิวของเคลือบที่ผานการเผาในอุณหภูมิ 1,230องศาเซลเซียสทั้ง 2บรรยากาศแบงออกเปน

4.2.1.1 ผิวเคลือบเรียบเนียน

4.2.1.2 ผิวเคลือบหยาบ

4.2.2 การประเมินคุณภาพของเคลือบดานความสมบูรณของเคลือบหลังการเผาในอุณหภูมิ1,230 องศาเซลเซียสทั้ง 2 บรรยากาศแบงออกเปน

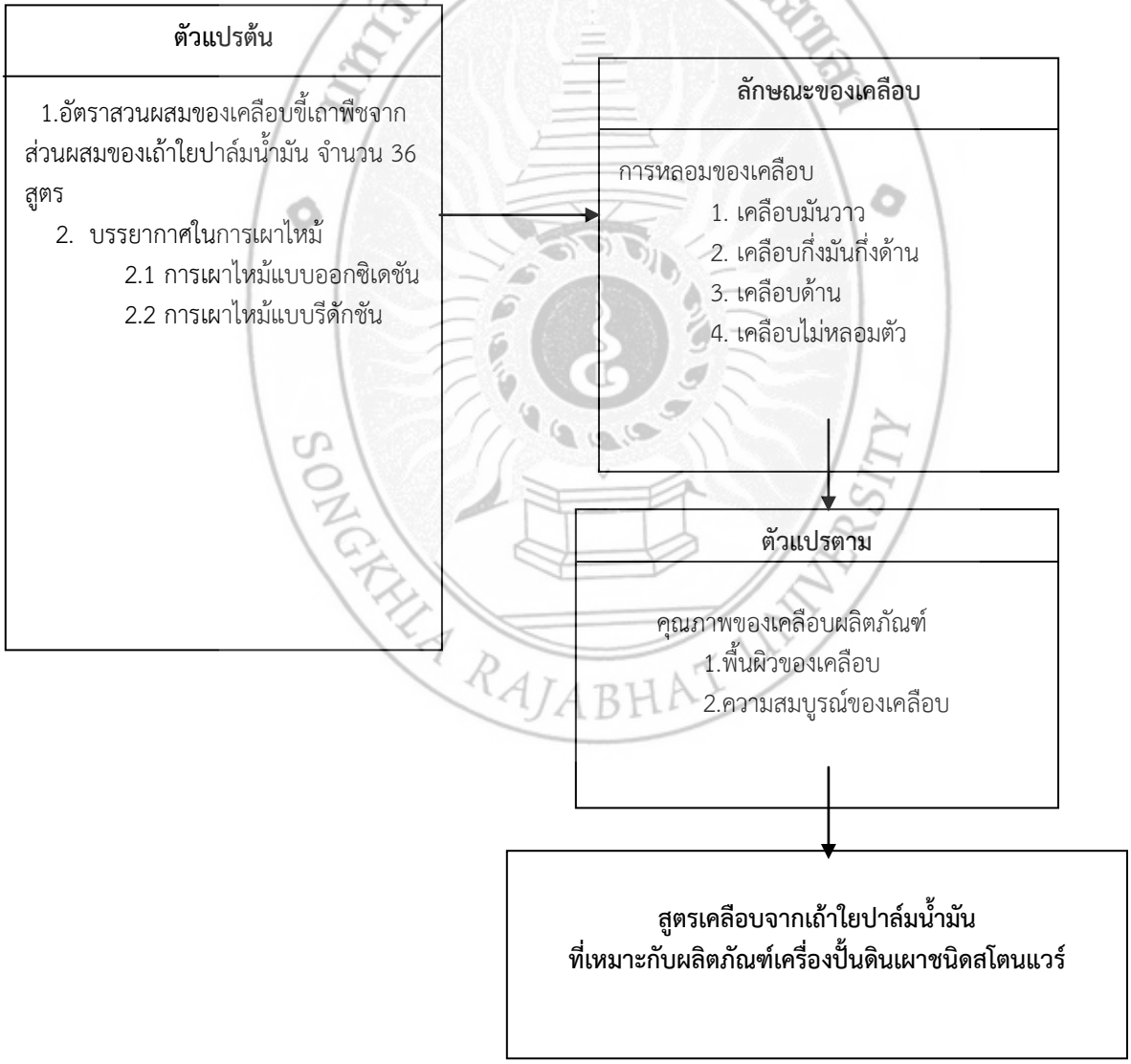
4.2.2.1 เคลือบรานตัว คือการรานเปนตาขายบนผิวผลิตภัณฑมีระยะหางของเสนที่กวางทำใหผลิตภัณฑดูไมสวยงามและยอมรับไมได

4.2.2.2 รูเข็ม เปนจุดขนาดเล็กบนผิวเคลือบมีจำนวนที่ทำใหผลิตภัณฑเกิดความไมสวยงามและยอมรับไมได

4.2.2.3 เคลือบแยกตัวเปนตำหนิที่ไมควรพบบนผิวผลิตภัณฑหรือหากพบควรมีขนาดไมเกิน0.5เซนติเมตรหรืออยูในจุดที่ยอมรับไดและไมทำใหความสวยงามของผลิตภัณฑลดนอยลง

5.กรอบแนวคิดการวิจัย

กรอบแนวคิดการวิจัย



บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ทำการวิเคราะห์ผลโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 4 ท่าน ซึ่งเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการสอนวิชาเครื่องเคลือบดินเผา จำนวน 3 ท่าน และอีก 1 ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการทำธุรกิจด้านเครื่องเคลือบดินเผา ตัวแปรต้น คือ อัตราส่วนผสมเคลือบขี้เถ้าใยปาล์ม จำนวน 36 สูตร โดยมีการกำหนดอัตราส่วนผสมจากแผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่าและบรรยากาศที่ใช้ในการเผาซึ่งแบ่งออกเป็นบรรยากาศการเผาไหม้แบบออกซิเดชัน และบรรยากาศเผาไหม้แบบรีดักชัน และตัวแปรตาม ได้แก่ ลักษณะของเคลือบหลังทำการเผาในบรรยากาศเผาไหม้แบบออกซิเดชันและบรรยากาศเผาไหม้แบบรีดักชัน โดยอัตราส่วนผสมของเคลือบขี้เถ้าใยปาล์มสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาดังตารางด้านล่าง

ตารางที่ 5 ตารางแสดงอัตราส่วนของเคลือบขี้เถ้าใยปาล์ม36 สูตร

อัตราส่วนผสมที่สูตรที่	วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมคิดเป็นจำนวนร้อย			
	หินฟันม้า	ขี้เถ้าใยปาล์ม	ดินขาว	รวม
1	80	10	10	100
2	70	20	10	100
3	70	10	20	100
4	60	30	10	100
5	60	20	20	100
6	60	10	30	100
7	50	40	10	100
8	50	30	20	100
9	50	20	30	100
10	50	10	40	100
11	40	50	10	100
12	40	40	20	100
13	40	30	30	100
14	40	20	40	100
15	40	10	50	100
16	30	60	10	100
17	30	50	20	100
18	30	40	30	100
อัตราส่วนผสมที่สูตรที่	วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมคิดเป็นจำนวนร้อย			
	หินฟันม้า	ขี้เถ้าใยปาล์ม	ดินขาว	รวม
19	30	30	40	100
20	30	20	50	100
21	30	10	60	100

22	20	70	10	100
23	20	60	20	100
24	20	50	30	100
25	20	40	40	100
26	20	30	50	100
27	20	20	60	100
28	20	10	70	100
29	10	80	10	100
30	10	70	20	100
31	10	60	30	100
32	10	50	40	100
33	10	40	50	100
34	10	30	60	100
35	10	20	70	100
36	10	10	80	100

โดยทำการประเมินผลการทดลองตามเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ คือ

การทดลองอัตราส่วนผสมเคลือบขี้เถ้าจำนวน 36 สูตร แบ่งเป็น 2 ชุดเพื่อทดลองเผาที่ 2 บรรยากาศ จึงให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินผลโดยแบ่งการประเมินข้อมูลดังนี้

1. การหลอมตัวของเคลือบ
   1.1 เคลือบมันวาว
   1.2 เคลือบกึ่งมันกึ่งด้าน
   1.3 เคลือบด้าน
   1.4 เคลือบไม่หลอมตัว

หลังการวิเคราะห์ข้อมูลจึงให้ผู้เชี่ยวชาญเลือกสูตรที่ดี จำนวน 3 สูตร โดยใช้การลงความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อไปเคลือบผลิตภัณฑ์ จำนวน 3 รูปแบบที่ต่างกันเพื่อวิเคราะห์ผลในด้านอื่น

ผลการทดลองขั้นที่ 1

ภาพประกอบ 3ภาพแสดงผลการทดลองขั้นที่ 1 บรรยากาศการเผาแบบออกซิเดชัน

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาพประกอบ 4ภาพแสดงผลการทดลองขั้นที่ 1 บรรยากาศการเผาแบบรีดักชัน

การทดลองอัตราส่วนผสมเคลือบขี้เถ้าใยปาล์ม นำวัตถุดิบมาชั่งตามอัตราส่วนทั้งหมด 36 สูตร ชุบลงบนชิ้นทดลองจำนวน 216 ชิ้น แบ่งเป็น 2 ชุด นำไปเผาในอุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ที่บรรยากาศออกซิเดชันและรีดักชัน ในด้านการหลอมตัวของเคลือบโดยใช้ลงความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 4 ท่าน ดังตาราง

ตาราง 6 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของการประเมินผลการทดลองขั้นตอนที่ 1 โดยการลงความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

สูตรที่	การหลอมตัวของเคลือบ									
	บรรยากาศออกซิเดชัน (OF)					บรรยากาศรีดักชัน (RF)				
	เคลือบมันวาว	เคลือบกึ่งมันกึ่งด้าน	เคลือบด้าน	เคลือบไม่หลอมตัว	เคือบมีตำหนิ	เคลือบมันวาว	เคลือบกึ่งมันกึ่งด้าน	เคลือบด้าน	เคลือบไม่หลอมตัว	เคือบมีตำหนิ
1.	✓					✓				
2.	✓					✓				
3.	✓					✓				
4.	✓					✓				
5.	✓					✓				
6.		✓				✓				
7.	✓					✓				
8.	✓					✓				
9.	✓					✓				
10.		✓				✓				
11.	✓					✓				
12.	✓					✓				
13.	✓					✓				
14.	✓					✓				
15.		✓				✓				
16.	✓					✓				
17.	✓					✓				
18.	✓					✓				
19		✓					✓			
20.		✓					✓			
21.			✓					✓		
22.	✓					✓				
23.	✓					✓				
24.		✓				✓				
25.		✓				✓				

ตาราง 6 (ต่อ)

สูตรที่	การหลอมตัวของเคลือบ	
	บรรยากาศออกซิเดชัน (OF)	บรรยากาศรีดักชัน (RF)

	เคลือบมันวาว	เคลือบกึ่งมันกึ่งด้าน	เคลือบด้าน	เคลือบไม่หลอมตัว	เคลือบมีตำหนิ	เคลือบมันวาว	เคลือบกึ่งมันกึ่งด้าน	เคลือบด้าน	เคลือบไม่หลอมตัว	เคลือบมีตำหนิ
26.		✓					✓			
27.			✓					✓		
28.				✓				✓		
29.	✓					✓				
30.	✓					✓				
31.	✓					✓				
32.		✓					✓			
33.			✓				✓			
34.				✓	✓			✓		
35.				✓				✓		
36.				✓				✓		

จากตาราง 6 แสดงผลการประเมินผลการทดลองอัตราส่วนผสมเคลือบขี้เถ้าจากใยปาล์ม ดินขาว และหินฟันม้า เผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ด้านการหลอมตัวของเคลือบ

ในบรรยากาศเผาไหม้แบบออกซิเดชัน พบว่าในด้านการหลอมตัวของเคลือบ สูตรที่เคลือบมีความมันวาวได้แก่สูตรที่ 1 2 3 4 5 7 8 911 12 13 14 16 17 18 22 23 29 30 31สูตรที่เคลือบกึ่งมันกึ่งด้านได้แก่สูตรที่ 6 10 15 19 20 24 25 26และ32สูตรที่เคลือบด้านได้แก่สูตรที่ 21 27 และ33สูตรที่เคลือบไม่หลอมได้แก่สูตรที่ 28 33 34 35 และ 36 ในลักษณะของเคลือบมีตำหนิได้แก่สูตรที่ 34

ในบรรยากาศเผาไหม้แบบรีดักชันพบว่าในด้านการหลอมตัวของเคลือบ สูตรที่เคลือบมีความมันวาวได้แก่สูตรที่ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 16 17 18 22 23 24 29 30 และ31 สูตรที่เคลือบกึ่งมันกึ่งด้านได้แก่สูตรที่ 19 20 26 32และ 33 สูตรที่เคลือบด้านได้แก่สูตรที่ 21 27 28 34 35 และ36

ในการประเมินผลการทดลองอัตราส่วนผสมเคลือบขี้เถ้าใยปาล์ม โดยผู้เชี่ยวชาญได้คัดเลือกสูตรที่นำไปเคลือบผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ จำนวน 3 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของหินฟันม้าร้อยละ 80 ขี้เถ้าใยปาล์ม ร้อยละ 10 และดินขาวร้อยละ 10 สูตรที่ 4 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของหินฟันม้าร้อยละ 60 ขี้เถ้าใยปาล์มร้อยละ 30 และดินขาวร้อยละ 10 และสูตรที่ 19 มีอัตราส่วนผสมของหินฟันม้าร้อยละ 30 ขี้เถ้าใยปาล์มร้อยละ 30 และดินขาวร้อยละ 40. เนื่องจากลักษณะของเคลือบที่หลอมตัวเป็นมันวาวในสูตรที่ 1 และ 4 และสูตรที่ 19 มีลักษณะเคลือบกึ่งมันกึ่งด้าน มาเคลือบผลิตภัณฑ์ชนิดสโตนแวร์ในการทดลองขั้นที่ 2 ต่อไป

การทดลองขั้นที่ 2 ผลิตภัณฑ์ชนิดสโตนแวร์ ที่เคลือบผลิตภัณฑ์จากเคลือบขี้เถ้าสูตรที่ผู้เชี่ยวชาญคัดเลือก จำนวน 3 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1,4และ สูตรที่ 19 เผาในอุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส แบ่งเป็น 2 ชุด เพื่อเผาใน 2 บรรยากาศ จึงให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพของเคลือบในด้านพื้นผิวของเคลือบและความสมบูรณ์ของเคลือบ

ภาพประกอบ 5ภาพแสดงผลิตภัณฑ์ชนิดสโตนแวร์ ที่เคลือบผลิตภัณฑ์จากเคลือบขี้เถ้าใยปาล์มสูตรที่ 1 บรรยากาศออกซิเดชัน

ภาพประกอบ 6 ภาพแสดงรายละเอียดเคลือบขี้เถ้าใยปาล์มสูตรที่ 1 บรรยากาศออกซิเดชัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาพประกอบ 7ภาพแสดงผลิตภัณฑ์ชนิดสโตนแวร์ ที่เคลือบผลิตภัณฑ์จากเคลือบขี้เถ้าใยปาล์มสูตรที่ 1 บรรยากาศรีดักชัน

ภาพประกอบ 8 ภาพแสดงรายละเอียดเคลือบขี้เถ้าใยปาล์มสูตรที่ 1บรรยากาศรีดักชัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาพประกอบ 9ภาพแสดงผลิตภัณฑ์ชนิดสโตนแวร์ ที่เคลือบผลิตภัณฑ์จากเคลือบขี้เถ้าใยปาล์มสูตรที่ 4 บรรยากาศออกซิเดชัน

ภาพประกอบ 10 ภาพแสดงผลิตรายละเอียดเคลือบขี้เถ้าใยปาล์มสูตรที่ 4บรรยากาศรีดักชัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาพประกอบ 11ภาพแสดงผลิตภัณฑ์ชนิดสโตนแวร์ ที่เคลือบผลิตภัณฑ์จากเคลือบขี้เถ้าใยปาล์มสูตรที่ 4 บรรยากาศรีดักชัน

ภาพประกอบ 12 ภาพแสดงผลิตรายละเอียดเคลือบขี้เถ้าใยปาล์มสูตรที่ 4บรรยากาศรีดักชัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาพประกอบ 13ภาพแสดงผลิตภัณฑ์ชนิดสโตนแวร์ ที่เคลือบผลิตภัณฑ์จากเคลือบขี้เถ้าใยปาล์มสูตรที่ 19 บรรยากาศออกซิเดชัน

ภาพประกอบ 14 ภาพแสดงผลิตรายละเอียดเคลือบขี้เถ้าใยปาล์มสูตรที่ 19บรรยากาศรีดักชัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาพประกอบ 15ภาพแสดงผลิตภัณฑ์ชนิดสโตนแวร์ ที่เคลือบผลิตภัณฑ์จากเคลือบขี้เถ้าใยปาล์มสูตรที่ 19 บรรยากาศรีดักชัน

ภาพประกอบ 16 ภาพแสดงผลิตรายละเอียดเคลือบขี้เถ้าใยปาล์มสูตรที่ 19บรรยากาศรีดักชัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ตาราง 7ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของผลการประเมินคุณภาพของเคลือบขี้เถ้า ที่เคลือบผลิตภัณฑ์ชนิดสโตนแวร์ ในด้านพื้นผิวของเคลือบในบรรยากาศเผาไหม้แบบออกซิเดชันและรีดักชัน

สูตรที่	ผลิตภัณฑ์รูปแบบที่	พื้นผิวของเคลือบ	
		บรรยากาศออกซิเดชัน (OF)	บรรยากาศแบบรีดักชัน (RF)
1	1	ผิวเรียบเป็นมันวาว รานตัว	ผิวเรียบเป็นมันวาว รานตัว
	2	ผิวเรียบเป็นมันวาว รานตัว	ผิวเรียบเป็นมันวาว รานตัว
	3	ผิวเรียบเป็นมันวาว รานตัว	ผิวเรียบเป็นมันวาว รานตัว
4	1	ผิวเรียบเป็นมันวาว รานตัว	ผิวเรียบเป็นมันวาว รานตัว
	2	ผิวเรียบเป็นมันวาว รานตัว	ผิวเรียบเป็นมันวาว รานตัว
	3	ผิวเรียบเป็นมันวาว รานตัว	ผิวเรียบเป็นมันวาว รานตัว
19	1	เรียบกึ่งมันกึ่งด้าน	เรียบกึ่งมันกึ่งด้าน
	2	เรียบกึ่งมันกึ่งด้าน	เรียบกึ่งมันกึ่งด้าน
	3	เรียบกึ่งมันกึ่งด้าน	เรียบกึ่งมันกึ่งด้าน

จากตาราง 7 แสดงผลการประเมินคุณภาพของเคลือบขี้เถ้าที่เคลือบผลิตภัณฑ์ชนิดสโตนแวร์เผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียสด้านพื้นผิวของเคลือบ

ในบรรยากาศเผาไหม้แบบออกซิเดชัน พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบที่เคลือบผลิตภัณฑ์ด้วยเคลือบสูตรที่ 1และ 4 มีลักษณะผิวเรียบเป็นมันวาว มีการรานตัวเป็นเป็นเส้นเล็กบางและมีขนาดตาเล็ก ส่วนสูตรที่ 19 ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบมีลักษณะผิวเคลือบที่เรียบเรียบกึ่งมันกึ่งด้าน

ในบรรยากาศเผาไหม้แบบรีดักชัน พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบที่เคลือบผลิตภัณฑ์ด้วยเคลือบสูตรที่ 1 และ 4 มีลักษณะผิวเรียบเป็นมันวาว มีการรานตัวเป็นเป็นเส้นเล็กบางและมีขนาดตาเล็ก ส่วนสูตรที่ 19 ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบมีลักษณะผิวเคลือบที่เรียบเรียบกึ่งมันกึ่งด้านเช่นกัน

ตาราง 8ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของผลการประเมินคุณภาพของเคลือบขี้เถ้าที่เคลือบผลิตภัณฑ์ชนิดสโตนแวร์ด้านความสมบูรณ์ของเคลือบในบรรยากาศเผาไหม้แบบออกซิเดชันและรีดักชัน

สูตรที่	ผลิตภัณฑ์	**ความสมบูรณ์ของเคลือบ**	
		บรรยากาศออกซิเดชัน (OF)	**บรรยากาศออกรีดักชัน (RF)**

	รูปแบบที่	**เคลือบรานตัว**	**รูเข็ม**	**เคลือบแยกตัว**	**หมายเหตุ**	**เคลือบรานตัว**	**รูเข็ม**	**เคลือบแยกตัว**	**หมายเหตุ**
1	1	✓	-	-	ผิวรานเป็นเส้นเล็กขนาดตาเล็ก	✓	-	-	ผิวรานเป็นเส้นเล็กขนาดตาเล็ก
	2	✓	-	-		✓	-	--	
	3	✓	-	-		✓	-	-	
4	1	✓	-	-		✓	-	-	
	2	✓	-	-		✓	-	-	
	3	✓	-	-		✓	-	-	
19	1	-	-	-		-	-	-	พบจุดสีน้ำตาลขนาดเล็กกระจายอยู่ทั่วผลิตภัณฑ์
	2	-	-	-		-	-	-	
	3	-	-	-		-	-	-	

จากตาราง 8 แสดงผลการประเมินคุณภาพของเคลือบขี้เถ้าที่เคลือบผลิตภัณฑ์ชนิดสโตนแวร์เผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ด้านความสมบูรณ์ของเคลือบ

ในบรรยากาศเผาไหม้แบบออกซิเดชัน ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบที่เคลือบผลิตภัณฑ์ด้วยเคลือบสูตรที่ 1และ 4 มีรอยตำหนิเคลือบรานทั้งหมด ผิวรานเป็นเส้นเล็กบางและมีขนาดตาเล็ก ในสูตรที่ 19 ไม่พบตำหนิเคลือบ

ในบรรยากาศเผาไหม้แบบรีดักชันพบว่า ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบ ที่เคลือบผลิตภัณฑ์ด้วยเคลือบสูตรที่ 1 และ 4 มีรอยตำหนิเคลือบรานทั้งหมด ผิวรานเป็นเส้นเล็กบางและมีขนาดตาเล็ก ในสูตรที่ 19 ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบพบพบจุดสีน้ำตาลขนาดเล็กกระจายทั่วผลิตภัณฑ์

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการการพัฒนาสูตรเคลือบจากเถ้าใยปาล์มน้ำมันสำหรับเคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องปนดินเผาชนิดสโตนแวร์มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อพัฒนาเคลือบขี้เถ้าพืชจากส่วนผสมของเถ้าใยปาล์มน้ำมัน สำหรับเคลือบผลิตภัณฑเครื่องปั้นดินเผาชนิดสโตนแวร์และเพื่อประเมินคุณภาพของเคลือบเถ้าใยปาล์มน้ำมัน สำหรับเคลือบ ผลิตภัณฑเครื่องปนดินเผาชนิดสโตนแวร์โดยมีการดำเนินการ ดังนี้

สมมุติฐานของงานวิจัย

สูตรเคลือบขี้เถาพืชจากส่วนผสมของเถ้าใยปาล์มน้ำมัน จำนวน 3 สูตร ที่ดีที่สุดโดยการเลือกของผู้เชี่ยวชาญ เผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศออกซิเดชัน และรีดักชันมีผิวที่เรียบเนียนใสเปนมันวาว มีความสมบูรณสวยงาม สามารถใชกับผลิตภัณฑเครื่องปนดินเผาชนิดสโตนแวร์

<u>ตัวแปรต้น</u>

1.อัตราสวนผสมของเคลือบขี้เถาพืชจากส่วนผสมของเถ้าใยปาล์มน้ำมัน จำนวน 36 สูตร

2. บรรยากาศในการเผาไหม

2.1 การเผาไหมแบบออกซิเดชัน

2.2 การเผาไหมแบบรีดักชัน

<u>ตัวแปรตาม</u>

คุณภาพของเคลือบผลิตภัณฑ

1.พื้นผิวของเคลือบ

2.ความสมบูรณของเคลือบ

วัตถุดิบ เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิจัย

1. ขี้เถ้าใยปาล์ม
2. หินฟันม้า
3. ดินขาว
4. เครื่องชั่งไฟฟ้า
5. ตะแกรงร่อน ขนาด 100 และ 120 เมส
6. หม้อบดเคลือบขนาดความจุไม่เกิน 1 กิโลกรัม
7. โกร่งบดเคลือบ
8. เตาเผาไฟฟ้าชนิดควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ
9. เตาเผาเซรามิกส์ชนิดเผาด้วยแก๊ส

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อพัฒนาสูตรเคลือบขี้เถาพืชจากส่วนผสมของเถ้าใยปาล์มน้ำมัน โดยมีระเบียบวิธีวิจัย ดังนี้

1. เครื่องมือวิจัยที่ใช้ ได้แก่ แบบประเมินคุณภาพเคลือบ ซึ่งผู้วิจัยเป็นคนพัฒนาขึ้นเองและตรวจสอบเครื่องมือโดยผูเชี่ยวชาญที่มีประสบการณทางการสอนวิชาเครื่องปนดินเผาจำนวน 2 ท่าน

2. วัตถุดิบที่ใชในการทดลอง

1.1 เถ้าใยปาล์มน้ำมันเหลือทิ้ง มีความละเอียด 100 เมส

1.2 หินฟนมา (Feldspar) มีความละเอียด 325 เมส

1.3 ดินขาว(Kaolin, China clay)มีความละเอียด 100 เมส

3. การกำหนดอัตราสวนผสมของเคลือบไดจากแผนภาพสามเหลี่ยมดานเทา จำนวน 36 สูตรโดยกำหนดวัตถุดิบหลักคือ เถ้าใยปาล์มน้ำมันเหลือทิ้งหินฟนมา และดินขาว

4. การทดลองมี 2 ขั้นตอนหลักดังนี้

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> นำแผนทดสอบชุบในน้ำเคลือบทั้ง 36 สูตร สูตรละ 6 แผนจะไดแผน ทดสอบจำนวน 213 ชิ้น นำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศการเผาไหม แบบออกซิเดชัน (OF) และบรรยากาศแบบรีดักชัน(RF) จากนั้นคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุด 3 สูตรโดยผูเชี่ยวชาญโดยการเปรียบเทียบกันเองภายในอัตราสวนสูตรตางๆ จากลักษณะของเคลือบในดานการหลอมตัวของเคลือบ

<u>ขั้นตอนที่ 2</u> นำสูตรที่ดีที่สุดอย่างละ 3 สูตรไปเคลือบผลิตภัณฑเครื่องปนดินเผาสโตนแวร์ ที่ผานการเผาดิบจำนวน 3 รูปแบบ ที่ตางกันรูปแบบละ 6 ชิ้น จะไดผลิตภัณฑที่เผาจำนวน 18 ชิ้น นำไปเคลือบและเผาที่อุณหภูมิ 1, 230 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศการเผาไหมแบบออกซิเดชัน (OF) และการเผาไหม แบบรีดักชัน (RF) และทำการประเมินคุณภาพของเคลือบผลิตภัณฑในดานพื้นผิวของเคลือบ

5.เตาเผาที่ใชในการทดลองเปนเตาเผาชนิดทางเดินลมรอนลงใช้แก็สเปนเชื้อเพลิงในการเผาไหมในบรรยากาศรีดักชัน (RF) และแบบบรรยากาศออกซิเดชัน (OF)

6. การประเมินคุณภาพของเคลือบจะใชแบบประเมินคุณภาพเคลือบ โดยผูเชี่ยวชาญที่มีประสบการณทางการสอนวิชาเครื่องปนดินเผาจำนวน 3 ทานและผูมีประสบการณในสถานประกอบการทางงานเครื่องปนดินเผา 1 ทาน

7.การชั่งสวนผสมของวัตถุดิบ ใชเครื่องชั่งระบบไฟฟา จำนวนทศนิยม 2 ตำแหนง

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการการพัฒนาสูตรเคลือบจากเถ้าใยปาล์มน้ำมันสำหรับเคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องปนดินเผาชนิดสโตนแวร์แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

การทดลองขั้นตอนที่ 1 การประเมินลักษณะของเคลือบขี้เถ้า จำนวน 36 สูตรเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ใน 2 บรรยากาศที่ต่างกัน

1.ด้านการหลอมตัวของเคลือบ

ในบรรยากาศเผาไหม้แบบออกซิเดชัน พบว่าในด้านการหลอมตัวของเคลือบ สูตรที่เคลือบมีความมันวาวได้แก่สูตรที่ 1 2 3 4 5 7 8 911 12 13 14 16 17 18 22 23 29 30 31 สูตรที่เคลือบกึ่งมันกึ่งด้านได้แก่สูตรที่ 6 10 15 19 20 24 25 26 และ32 สูตรที่เคลือบด้านได้แก่สูตรที่ 21 27 และ33 สูตรที่เคลือบไม่หลอมได้แก่สูตรที่ 28 33 34 35 และ 36 ในลักษณะของเคลือบมีตำหนิได้แก่สูตรที่ 34

ในบรรยากาศเผาไหม้แบบรีดักชันพบว่าในด้านการหลอมตัวของเคลือบ สูตรที่เคลือบมีความมันวาวได้แก่สูตรที่ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 16 17 18 22 23 24 29 30 และ 31 สูตรที่เคลือบกึ่งมันกึ่งด้านได้แก่สูตรที่ 19 20 26 32 และ 33 สูตรที่เคลือบด้านได้แก่สูตรที่ 21 27 28 34 35 และ36

หลังจากทำการเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ใน 2 บรรยากาศ จึงให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินและคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมจำนวน 3 สูตร เพื่อนำไปเคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาชนิดสโตนแวร์ 3 รูปแบบที่ต่างกันเพื่อประเมินผลิตภัณฑ์ ในด้านพื้นผิวของเคลือบ และความสมบูรณ์ของเคลือบ ซึ่งอัตราส่วนที่ผู้เชี่ยวชาญคัดเลือก คือ สูตรที่ 1 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของหินฟันม้าร้อยละ 80 ขี้เถ้าใยปาล์ม ร้อยละ 10 และดินขาวร้อยละ 10 สูตรที่ 4 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของหินฟันม้าร้อยละ 60 ขี้เถ้าใยปาล์มร้อยละ 30 และดินขาวร้อยละ 10 และสูตรที่ 19 มีอัตราส่วนผสมของหินฟันม้าร้อยละ 30 ขี้เถ้าใยปาล์มร้อยละ 30 และดินขาวร้อยละ 40

การทดลองขั้นตอนที่ 2การประเมินคุณภาพของเคลือบผลิตภัณฑ์ชนิดสโตนแวร์ ที่เคลือบผลิตภัณฑ์ด้วยเคลือบขี้เถ้าสูตรละ 3 รูปแบบแบ่งเผาใน 2 บรรยากาศ แล้วประเมินผลการทำลองในด้านพื้นผิวของเคลือบและความสมบูรณ์ของเคลือบ

1.ด้านพื้นผิวของเคลือบ

ในบรรยากาศเผาไหม้แบบออกซิเดชัน พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบที่เคลือบผลิตภัณฑ์ด้วยเคลือบสูตรที่ 1 และ 4 มีลักษณะผิวเรียบเป็นมันวาว มีการรานตัวเป็นเป็นเส้นเล็กบางและมีขนาดตาเล็ก ส่วนสูตรที่ 19ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบมีลักษณะผิวเคลือบที่เรียบเรียบกึ่งมันกึ่งด้าน

ในบรรยากาศเผาไหม้แบบรีดักชัน พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบที่เคลือบผลิตภัณฑ์ด้วยเคลือบสูตรที่ 1 และ 4 มีลักษณะผิวเรียบเป็นมันวาว มีการรานตัวเป็นเป็นเส้นเล็กบางและมีขนาดตาเล็ก ส่วนสูตรที่ 19 ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบมีลักษณะผิวเคลือบที่เรียบเรียบกึ่งมันกึ่งด้านเช่นกัน

2.ด้านความสมบูรณ์ของเคลือบ

ในบรรยากาศเผาไหม้แบบออกซิเดชัน ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบที่เคลือบผลิตภัณฑ์ด้วยเคลือบสูตรที่ 1 และ 4 มีรอยตำหนิเคลือบรานทั้งหมด ผิวรานเป็นเส้นเล็กบางและมีขนาดตาเล็ก ในสูตรที่ 19 ไม่พบตำหนิเคลือบ

ในบรรยากาศเผาไหม้แบบรีดักชันพบว่า ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบ ที่เคลือบผลิตภัณฑ์ด้วยเคลือบสูตรที่ 1 และ 4 มีรอยตำหนิเคลือบรานทั้งหมด ผิวรานเป็นเส้นเล็กบางและมีขนาดตาเล็ก ในสูตรที่ 19 ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบพบพบจุดสีน้ำตาลขนาดเล็กกระจายทั่วผลิตภัณฑ์

สรุป อภิปรายผล

1. ด้านการหลอมตัวของเคลือบ เคลือบที่ทำการเผาไหม้ที่บรรยากาศแบบรีดักชันเคลือบจะมีการหลอมตัวที่ดีกว่าการเผาแบบออกซิเดชันจากการประเมินผลการทดลองพบว่าเคลือบที่มีอัตราส่วนผสมของหินฟันม้าและขี้เถ้าใยปาล์มร้อยละ 20 – 80 และดินขาวมีสัดส่วนที่น้อยจะทำให้เคลือบมีการหลอมตัวที่ดี เคลือบมีความมันวาวทั้ง 2 บรรยากาศเนื่องจากหินฟันม้าและขี้เถ้ามีคุณสมบัติเป็นด่าง ทำหน้าที่เป็นตัวหลอมละลายในเคลือบ น้ำเคลือบหลอมละลายเร็วขึ้นทำให้เคลือบมีผิวเรียบเนียน (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์:2547.162) มีความมันวาวสูงโดยเฉพาะสูตรที่ 1-8 ซึ่งมีปริมาณของหินฟันม้าในสูตรเคลือบปริมาณที่สูง ในทางตรงกันข้ามอัตราส่วนผสมที่มีดินขาวในปริมาณที่มากร้อยละ 50-80 จะทำเกิดเคลือบด้านหรือไม่หลอมได้ เนื่องจากในดินขาวมีปริมาณของซิลิกาที่สูงและบางส่วนในขี้เถ้าซึ่งมีคุณสมบัติเป็นกรด ทำหน้าที่เป็นตัวทนไฟ หากไม่ถึงอุณหภูมิที่หลอมก็จะทำให้เคลือบไม่หลอมหรือเคลือบด้านได้ สูตรที่เคลือบกึ่งมันกึ่งด้านอาจจะเนื่องมาจากเผาเคลือบยังไม่ถึงจุดสุกตัว หากได้เพิ่มอุณหภูมิในการเผาน่าจะดีกว่านี้ จากผลการทดลองเคลือบด้านหลายสูตรมีการหลอมตัวดี ผิวเรียบเนียนแสดงว่าถึงจุดหลอมละลาย ซึ่งอาจเกิดจากการตกผลึกของซิงค์ออกไซค์ ขณะที่เคลือบเย็น

ตัวลงช้าๆ (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์.2547:187) และบรรยากาศในการเผาแบบรีดักชันยังทำให้เคลือบหลายสูตรมีความมันวาวกว่า การเผาในบรรยากาศออกซิเดชัน

2. ด้านพื้นผิวของเคลือบ เคลือบที่เผาในบรรยากาศแบบรีดักชันจะมีพื้นผิวที่เรียบเนียนกว่าการเผาแบบรีดักชัน ในเคลือบที่มีอัตราส่วนผสมของดินขาวในปริมาณที่สูงจะทำให้ผิวเคลือบไม่เรียบในการเผาแบบออกซิเดชัน หลายสูตรมีการรานตัวที่เคลือบเป็นลักษณะตาข่ายขนาดเล็กทั่วผิวเคลือบ โดยจะเห็นชัดในสูตรที่มีประมาณของหินฟันม้าที่มาก ส่วนในสูตรที่มีหินฟันม้าน้อยการรานตัวจะเกิดเฉพาะบริเวณที่มีเคลือบหนาและมีขนาดเล็กจนมองเห็นได้ยาก ในสูตรที่มีปริมาณของดินขาวมากจะไม่พบการรานตัว ในการเผาแบบรีดักชัน พบมีการรานตัวในหลายสูตร บางสูตรในออกซิเดชันการรานตัวไม่เด่นชัดก็จะชัดขึ้นในการเผาแบบรีดักชัน เส้นที่รานมีขนาดเล็กและเห็นตัดกับสีรอบข้างอย่างเด่นชัด แต่ในสูตรที่มีปริมาณของดินขาวในปริมาณที่มากยังไม่พบการราน การรานในเคลือบเนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของเนื้อดินและเคลือบไม่เท่ากันเกิดจากในสูตรที่เคลือบมีปริมาณของหินฟันม้าอยู่มาก ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวหลังเผาสูงมากถึงร้อยละ 11-12 ทำให้เคลือบขยายตัวดันกันแตกเป็นลายละเอียด (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์.2547:126) หลังนำสูตรที่คัดเลือกโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 สูตร คือ สูตรที่ 1,4และ 19 หลังการเผาทั้ง 2 บรรยากาศพบว่าสูตรที่ 1 และ 4 ไม่พบตำหนิใด ๆ นอกจากการรานตัวของเคลือบ ในสูตรที่ 19 ไม่พบการรานตัวเพียงจุดสีน้ำตาลขนาดเล็กกระจายอยู่ทั่วผลิตภัณฑ์

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ตำแหน่งของการวางผลิตภัณฑ์ในเตาเผา ตำแหน่งที่ต่างกันมีส่วนทำให้สีของเคลือบต่างกันบ้างเล็กน้อย จึงควรทดสอบในจุดต่าง ๆ ของเตาที่จะเผางานจริง
2. ในช่วงของการเผาอุณหภูมิที่กำหนดควรมีการยืนไฟ (Soaking) จะช่วยให้อุณหภูมิภายในเตาสม่ำเสมอทั่วทั้งเตา และสามารถลดข้อผิดพลาดในการเผาลดลงได้ อีกทั้งยังทำเคลือบมีความมันวาวขึ้น
3. เคลือบขี้เถ้าที่วิจัยหลายสูตรมีการรานตัวเกิดขึ้น หากต้องการให้การรานหายไปควรเพิ่มทัลก์ (Talc) หรือซิลิกาในสูตรจะลดอัตราการรานตัวลงได้
4. การเคลือบผิวผลิตภัณฑ์แต่ละวิธีที่ต่างกันผลของเคลือบที่ออกมาจะต่างกันด้วย

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการทดลองช่วงอุณหภูมิการเผาที่แตกต่างกันเช่น 1,100-1,250 องศาเซลเซียส เพื่อการศึกษาลักษณะของเคลือบที่อุณหภูมิต่างกันซึ่งผลที่ออกมาจะมีความหลากหลายเพิ่มขึ้น และควรกำหนดจุดในการทดลองให้มากขึ้น
2. ควรทดลองเผาเคลือบในเตาเผาแบบอื่นหรือบริษัทผลิตอื่นๆ เนื่องจากแต่ละเตาเผาอาจจะให้ผลการเผาที่ต่างกัน
3. ควรมีการทดลองนำวัตถุดิบในท้องถิ่นชนิดอื่นๆ มาประยุกต์ใช้ในการทำเคลือบโดยคำนึงถึงปริมาณสำรองของวัตถุดิบ ซึ่งสามารถลดต้นทุนการผลิตได้อีกทั้งวัตถุดิบชนิดเดียวกันแต่อยู่ต่างพื้นที่ ผลการทดลองอาจต่างกัน
4. เคลือบขี้เถ้าจากใยปาล์มที่ทดลองนี้ถือมีสีที่ได้จากสารในวัตถุดิบเท่านั้นสามารถทดลองเติมอ็อกไซค์ให้สีลงไปในอัตราส่วนผสมเพื่อให้มีสีสันที่ต่างไป

บรรณานุกรม

โกมล รักษ์วงศ์.(2531)**วัตถุดิบที่ใช้ในเครื่องปั้นดินเผาและเนื้อดินปั้น.**กรุงเทพฯมหานคร: ภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะอุตสาหกรรมศึกษา วิทยาลัยครูพระนคร.

ทวี พรหมพฤกษ์.(2525).**เตาและการเผาเตา.**พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ:จงเจริญการพิมพ์

นิสา มีฉัยยา.(2538).**การทดลองทำเคลือบขี้เถ้าจากอัตราส่วนผสมระหว่างขี้เถ้าไม้ยางพารา หินฟันม้า. ดินเหนียวท้องนา และขี้เถ้าเปลือกหอยแครง.**ปริญญานิพนธ์.กศ.ม.(อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ:บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ .ถ่ายสำเนา.

ปุณณรัตน์ พิชญไพบูลย์.(2538)**เครื่องเคลือบดินเผา เทคนิคและวิธีการสร้างสรรค์.**กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

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

ปรีดา พิมพ์ขาวขำ.(2535).**เซรามิกส์.**พิมพ์ครั้งที่ 3 .กรุงเทพฯ:จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพจิตร อิงศิริวัฒน์.(2537).**รวมสูตรเคลือบเซรามิกส์.**กรุงเทพฯ:โอเดียนสโตร์.

_____(2541).**เนื้อดินเซรามิกส์.**กรุงเทพฯ:โอเดียนสโตร์.

_____(2546).**สีเซรามิก.**กรุงเทพฯ:โอเดียนสโตร์.

ศูนย์พัฒนาอุตสหกรรมเครื่องดินเผา.(2544)**ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเซรามิกส์**.เชียงใหม่: บุญไชยการพิมพ์.

เสริมศักดิ์ นาคบัว.(2536).**เคลือบขี้เถ้าจากพืช.**กรุงเทพฯ:เจ ฟิล์ม โปรเซส.

สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ . (2531).**น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา.**กรุงเทพฯ:ไทยวัฒนาพานิช.

สิริลักษณ์ ทองลิ่ม .(2545).**การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ สำหรับชิ้นส่วนนำ**
. **ร่องเส้นด้าย.** ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.(อุตสาหกรรมศึกษา).กรุงเทพฯ:บัณฑิตวิทยาลัย.
. . มหาวิทยาลัยศรีนครินทรทรวิโรฒ. ถ่ายสำเนา

อายุวัฒน์ สว่างผล.(2543).**วัตถุดิบที่ใช้แพร่หลายในงานเซรามิก.**กรุงเทพฯ:โอเดียนสโตร์.

Harry Fraser. (1998).**Glazes for Craft Potter.** Australia: Craftsman.

Sander,Herbert H .(1974) . **Glazes for Special Effects**:Guptill Pubiccations, New York.

Lech, Bernard .(1984) .**The Ceramic Spectrum**. William Collims some and Co.,Ltd.,London.

ชื่องานวิจัย การพัฒนาสูตรเคลือบจากเถ้าใยปาล์มน้ำมัน สำหรับเคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาชนิดสโตนแวร์

ผู้วิจัย นายชัยวัฒนภัทร เลาสัตย์

คณะ ศิลปกรรมศาสตร์

ปี 2558

บทคัดย่อ

การวิจัยมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมในการทำเคลือบขี้เถ้าใยปาล์มน้ำมัน เพื่อเคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาชนิดสโตนแวร์ ที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส บรรยากาศแบบออกซิเดชัน และรีดักชันโดยใช้วัตถุดิบ คือ ขี้เถ้าใยปาล์มน้ำมัน,หินฟันม้า และดินขาวการทดลองแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน วิธีการทดลองขั้นตอนที่ 1 เพื่อประเมินลักษณะของเคลือบทำโดยกำหนดอัตราส่วนผสมของสารแต่ละชนิดจากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า จะมีทั้งหมด 36 สูตร นำมาบดผสมทีละสูตร เพื่อชุบบนแผ่นทดสอบเคลือบ เผาในบรรยากาศออกซิเดชันและรีดักชัน แล้วตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญเพื่อคัดเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมจำนวน 3 สูตร ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้คัดเลือกสูตรที่เหมาะสม คือสูตรที่ 1,4 และ19 เพื่อทำการทดลองขั้นตอนที่ 2 เพื่อประเมินคุณภาพของเคลือบเมื่อได้อัตราส่วนที่ผ่านการคัดเลือกจาก ขั้นตอนที่ 1 นำมาเคลือบบนผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาชนิดสโตนแวร์สูตรละ 3 รูปแบบ เผาในอุณหภูมิ1,230 องศาเซลเซียสในบรรยากาศออกซิเดชันและรีดักชัน ประเมินผลิตภัณฑ์ผลการทดลองที่ได้ สูตรที่ 1 และ 4 พื้นผิวเคลือบเรียบเนียนและพบเคลือบรานตัวขนาดตาเล็กทั่วผลิตภัณฑ์ ทั้ง 3 รูปแบบและในสูตรที่ 19 พื้นผิวเคลือบจะเรียบเนียนกึ่งมันกึ่งด้านเหมือนกันทั้ง 3 รูปแบบเมื่อทำการเผาทั้ง 2 บรรยากาศ จากการทดลองเคลือบสูตรที่ 1,4 และ19 สรุปได้ว่าในการเผาทั้ง 2 บรรยากาศ ผิวเคลือบมีความเรียบเนียน มีความสมบูรณ์สวยงามสามารถใช้กับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาชนิดสโตนแวร์ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

Research Title	The Development of Glaze from The Ashes of Oil Palm Fiber for Stoneware Pottery Products.
Researcher	Mr.Chaiwattanapat laosat
Faculty	Faculty of Fine Art
Year	2015

Abstract

The purpose of this experimental was to study the suitable formula of oil palm fiber glazes for the stoneware production by mixing a certain ratio of oil palm fiber ash, feldspar and kaolin. Specification to burn in 1,230 centigrade in oxidation firing and reduction firing.

The first step it looking for the qualities of a feature the experimental was to find the suitable ratio of each compo rent by using the triaxial blend which have 36 formulas inside. To conduct material was mixture one by formula for soak test glaze specification to burn in 1,230 centigrade in oxidation firing and reduction firing. After firing. Only suitable of 3 formulas were chosen by the experts for the next step.

The second step it was looking for the quality of experimental was stoneware products 3 forms were glazed by using the suitable formulas which were selected in the first step. Then fired at 1,230 centigrade in oxidation and reduction atmosphere. The results of the experimental were glazes formula at 1 and 4 has a good skin and there was crazing on the glaze all the 3 froms. In formula 19 the skin was semi - matt smooth and all formulas related to the hypothesis.

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องการพัฒนาสูตรเคลือบจากเถ้าใยปาล์มน้ำมัน สำหรับเคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาชนิดสโตนแวร์ นี้ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา พ.ศ. 2557

การวิจัยดำเนินการสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีโดยได้รับการช่วยเหลือจากหลายฝ่าย ขอขอบคุณท่านรองศาสตราจารย์สุขุมาล เล็กสวัสดิ์ และรองศาสตราจารย์วรวุธ สุธีวีระขจร ที่เป็นทั้งครูและที่ปรึกษาในการทำวิจัย ขอขอบคุณคุณผดุงเกียรติ รัตนศรี พอตเตอร์เฮาส์สตูดิโอ และคุณภควัติ ศิริรักษ์ ศูนย์การเรียนรู้ภูมิปัญญาชาวบก ที่ช่วยเหลือในการดำเนินการทดลองรวมถึงเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทดลอง และขอขอบคุณบริษัทล่ำสูง(ประเทศไทย)จำกัด(มหาชน)ที่เอื้อเฟื้อวัตถุดิบในการวิจัยในครั้งนี้

ชัยวัฒนภัทร เลาสัตย์
คณะศิลปกรรมศาสตร์
ธันวาคม 2558

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
สมมุติฐานของงานวิจัย	2
ตัวแปรที่สำคัญในงานวิจัย	2
กรอบแนวคิดการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเคลือบ	4
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเคลือบขี้เถ้า	16
วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	21
การอ่านแผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่า	25
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	26
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	**28**
วัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	28
ตัวแปรที่สำคัญในการวิจัย	29
การดำเนินการวิจัย	29
การวิเคราะห์ข้อมูล	31
กรอบแนวคิดการวิจัย	33

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	**34**
ผลการทดลองขั้นที่ 1	36
ผลการทดลองขั้นที่ 2	40
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	**49**
สรุปผลการวิจัย	50
อภิปรายผล	52
ข้อเสนอแนะ	53
บรรณานุกรม	**54**
ภาคผนวก	**55**
ภาคผนวก ก.เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	56
ภาคผนวก ข.รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ	62
ประวัติผู้วิจัย	**64**

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ตารางแสดงวงจรการเผาดิบ 10
ตารางที่ 2 ตารางแสดงวิธีการเผาเคลือบ 11
ตารางที่ 3 ตารางแสดงปฏิกิริยาของผลิตภัณฑ์ที่เผาผ่านความร้อนในอุณหภูมิต่าง ๆ 12
ตารางที่ 4 ตารางแสดงชื่อเรียกชนิดของหินฟันม้า 22
ตารางที่ 5 ตารางเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างหินฟันม้าชนิดที่ใช้มากในงานเครื่องปั้นดินเผา 23
ตารางที่ 6 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของการประเมินผลการทดลองขั้นตอนที่ 1 โดยการลงความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 38
ตารางที่ 7 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของผลการประเมินคุณภาพของเคลือบขี้เถ้าที่เคลือบผลิตภัณฑ์ชนิดสโตนแวร์ ในด้านพื้นผิวของเคลือบในบรรยากาศเผาไหม้แบบออกซิเดชันและรีดักชัน 47
ตารางที่ 8 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของผลการประเมินคุณภาพของเคลือบขี้เถ้าที่เคลือบผลิตภัณฑ์ชนิดสโตนแวร์ ด้านความสมบูรณ์ของเคลือบในบรรยากาศเผาไหม้แบบออกซิเดชันและรีดักชัน 48

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 ภาพแสดงวิธีการคำนวณหาอัตราส่วนส่วนผสมของน้ำเคลือบ 1
ภาพประกอบ 2 ภาพแสดงวิธีการคำนวณหาอัตราส่วนส่วนผสมของน้ำเคลือบใยปาล์ม 30
ภาพประกอบ 3 ภาพแสดงผลการทดลองขั้นที่ 1 บรรยากาศการเผาแบบออกซิเดชัน 36
ภาพประกอบ 4 ภาพแสดงผลการทดลองขั้นที่ 1 บรรยากาศการเผาแบบรีดักชัน 37
ภาพประกอบ 5 ภาพแสดงผลิตภัณฑ์ชนิดสโตนแวร์ ที่เคลือบผลิตภัณฑ์
จากเคลือบขี้เถ้าใยปาล์มสูตรที่ 1 บรรยากาศออกซิเดชัน 41
ภาพประกอบ 6 ภาพแสดงรายละเอียดเคลือบขี้เถ้าใยปาล์มสูตรที่ 1 บรรยากาศออกซิเดชัน 41
ภาพประกอบ 7 ภาพแสดงผลิตภัณฑ์ชนิดสโตนแวร์ ที่เคลือบผลิตภัณฑ์
จากเคลือบขี้เถ้าใยปาล์มสูตรที่ 1 บรรยากาศรีดักชัน 42
ภาพประกอบ 8 ภาพแสดงรายละเอียดเคลือบขี้เถ้าใยปาล์มสูตรที่ 1 บรรยากาศรีดักชัน 42
ภาพประกอบ 9 ภาพแสดงผลิตภัณฑ์ชนิดสโตนแวร์ ที่เคลือบผลิตภัณฑ์
จากเคลือบขี้เถ้าใยปาล์มสูตรที่ 4 บรรยากาศออกซิเดชัน 43
ภาพประกอบ 10 ภาพแสดงรายละเอียดเคลือบขี้เถ้าใยปาล์มสูตรที่ 4 บรรยากาศออกซิเดชัน 43
ภาพประกอบ 11 ภาพแสดงผลิตภัณฑ์ชนิดสโตนแวร์ ที่เคลือบผลิตภัณฑ์
จากเคลือบขี้เถ้าใยปาล์มสูตรที่ 4 บรรยากาศรีดักชัน 44
ภาพประกอบ 12 ภาพแสดงรายละเอียดเคลือบขี้เถ้าใยปาล์มสูตรที่ 4 บรรยากาศรีดักชัน 44
ภาพประกอบ 13 ภาพแสดงผลิตภัณฑ์ชนิดสโตนแวร์ ที่เคลือบผลิตภัณฑ์
จากเคลือบขี้เถ้าใยปาล์มสูตรที่ 19 บรรยากาศออกซิเดชัน 45
ภาพประกอบ 14 ภาพแสดงรายละเอียดเคลือบขี้เถ้าใยปาล์มสูตรที่ 19 บรรยากาศออกซิเดชัน 45
ภาพประกอบ 15 ภาพแสดงผลิตภัณฑ์ชนิดสโตนแวร์ ที่เคลือบผลิตภัณฑ์
จากเคลือบขี้เถ้าใยปาล์มสูตรที่ 19 บรรยากาศรีดักชัน 46
ภาพประกอบ 16 ภาพแสดงรายละเอียดเคลือบขี้เถ้าใยปาล์มสูตรที่ 19 บรรยากาศรีดักชัน 46

RAJABHAT UNIVERSITY