

การศึกษาการลดน้ำหนักเนื้อดินสำหรับการประดิษฐ์เครื่องประดับเซรามิก โดยการเติมวัสดุชนิดเผาไหม้ได้

The Weight Reduction Study of Clay Body for Ceramic Jewelry by Using Combustible Filler.

ธิดิมา คุณยศยิ่ง*, ศิริมา เอมวงษ์, ไพฑูรย์ เกิดพร้อม และ แวอีเลียส บินโซดาโอะ

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการลดน้ำหนักของเนื้อดินสำหรับการประดิษฐ์เครื่องประดับ เซรามิกโดยการเติมวัสดุชนิดเผาไหม้ได้ และเพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพหลังเผา วิธีดำเนินการทดลองเริ่มด้วยการผสมเนื้อดินสูตรพื้นฐาน ประกอบด้วย ดินขาวลำปาง ร้อยละ 25 โซดาเฟลด์สปาร์ ร้อยละ 25 ควอตซ์ ร้อยละ 25 และดินดำแม่ตาน ร้อยละ 25 และใช้ซิงค์ออกไซด์ เป็นสารเติม ร้อยละ 8 เติมผงถ่านไม้รวมและเชื้อกระดาษร้อยละ 5 10 15 และ 20 โดยน้ำหนัก รวม 8 สูตร ขึ้นรูปแท่งทดสอบโดยวิธีรีดเป็นแท่งทรงกระบอก ด้วยเครื่องรีดดิน เผาแท่งทดสอบที่อุณหภูมิสูงสุด 1250 องศาเซลเซียส อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียสต่อชั่วโมง ในบรรยากาศการเผาแบบออกซิเดชันด้วยเตาไฟฟ้า และทดสอบสมบัติทางกายภาพหลังเผา ผลการทดลองพบว่าเนื้อดินซึ่งเติมผงถ่านไม้รวม ร้อยละ 10 มีอัตราการหดตัว ร้อยละ 20.00 การดูดซึมน้ำร้อยละ 3.98 ความแข็งแรง 1,164.64 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ความหนาแน่น 2.86 กรัม/ลบ.ซม. น้ำหนักที่หายไป ร้อยละ 14.56 และเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อดินสูตรพื้นฐานสามารถลดน้ำหนักลงได้ ร้อยละ 7.47 เนื้อดิน มีความเหนียวสามารถขึ้นรูปได้ และผิวหลังการเผามีความเรียบมัน เหมาะสมสำหรับการใช้เป็นเนื้อดินสำหรับการประดิษฐ์เครื่องประดับเซรามิก

คำสำคัญ : การศึกษา, การลดน้ำหนัก, เนื้อดิน, เครื่องประดับเซรามิก, วัสดุชนิดเผาไหม้ได้

Abstract

The purposes of this research were to find the result in weight reduction of clay body for ceramic jewelry making by using combustible materials fillers and to test for its fired physical properties. The experiment began by mixing basic clay body for jewelry making. The formula of basic clay body was as follows; Lampang kaolin 25%, soda feldspar 25%, Quartz 25%, Maetan ball clay 25%, and the addition of 8% of zinc oxide as fluxing material. The basic clay body formula was modified by adding 5, 10, 15, and 20% of ground charcoal and paper pulp, which resulted in 8 formulas total. The modified clay bodies were formed into test pieces by extrusion method, fired to the maximum temperature of 1250 degree. Celsius at the rate of 180 degree.

สาขาเทคโนโลยีเซรามิก คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

Celsius per hour in oxidation atmosphere, and finally the samples were tested for their fired physical properties. The experiment found that clay body with 10% of charcoal added resulted 10% shrinkage rate, 3.98 water absorption, 1,164.64

kg/cm² bending strength, 2.86 gr/cm³, and 14.56 % loss on firing. The clay body was plastic enough for forming and fired to smooth and shiny ceramic jewelry products with the weight reduction of 7.47 %, and therefore was suitable for jewelry making.

Key Words : Study, Weight Reduction ,Clay Body, Ceramic Jewelry, Combustible Filler

บทนำ

เครื่องประดับร่างกายมนุษย์ที่ได้รับการค้นพบนับได้ว่าเป็นสัญลักษณ์ของความเจริญทางวัฒนธรรมของมนุษยชาตินับจากการค้นพบลูกปัดเคลือบหินที่มีสีฟ้าสดและเครื่องประดับดินเผา ของชนชาติอียิปต์ มีอายุก่อนคริสตศักราชราว 3,500 ปี (ไพจิตร อังศิริวัฒน์, 2537 หน้า 1) และที่ค้นพบในประเทศไทย มีการค้นพบหลักฐานการใช้เครื่องประดับร่างกายมนุษย์ในสมัยหินใหม่ ที่จังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดราชบุรี จังหวัดนครปฐม มีอายุประมาณ 3,900 ปี หลักฐานที่พบเป็นเครื่องประดับที่ใส่อยู่ที่คอและแขน เครื่องประดับของคนสมัยหินใหม่ มีลูกปัดทำด้วยเปลือกหอย หินและกระดูกสัตว์ กำไลมือทำด้วยกระดูก เปลือกหอยและหิน (ปรีชา กาญจนคม, 2551) ในส่วนของเครื่องประดับร่างกายมนุษย์ที่ถูกค้นพบ ในแหล่งโบราณคดีบ้านเชียง พบว่าลักษณะของเครื่องประดับมี 3 ลักษณะ คือ กำไลมือทำด้วยสำริด สร้อยคอ สร้อยข้อมือทำด้วยลูกปัดหินและลูกปัดแก้ว จากการสำรวจข้อมูลข้างต้น เครื่องประดับร่างกายมนุษย์นอกจาก เป็นการใช้เพื่อเป็นเครื่องรางตามความเชื่อของชุมชนและสังคมแล้ว ยังเป็นสิ่งที่สามารถแสดงถึงฐานะที่แตกต่างกันของสมาชิกในสังคม และเป็นที่น่าสนใจคือ เครื่องประดับร่างกายมนุษย์ในอดีตทำจากแก้วและเซรามิก ถึงแม้ว่าวิถีชีวิตของมนุษย์จากอดีตจนถึงปัจจุบันจะเปลี่ยนแปลงไปมาก การใช้เครื่องประดับร่างกายมนุษย์ ก็ยังคงมีความสำคัญต่อการใช้เพื่อความสวยงามและความพึงพอใจของผู้ใช้ และผลิตภัณฑ์เซรามิกประเภทเครื่องประดับร่างกายก็ยังได้รับความนิยมจากผู้บริโภคทั่วไป

ปัจจุบันเครื่องประดับเป็นที่นิยมและผลิตจากวัสดุหลากหลาย เช่น ไม้ พลาสติก คริสตัล และเซรามิก โดยเครื่องประดับเซรามิกเป็นที่นิยมในต่างประเทศ ส่วนในประเทศไทยเครื่องประดับเซรามิกยังขาดการพัฒนาให้มีรูปแบบหลากหลายและทำให้น่าสนใจ เครื่องประดับเซรามิกจึงได้รับความนิยมน้อย เนื้อดิน เซรามิกมีข้อดีที่สามารถนำมาขึ้นรูป ตกแต่งให้มีลวดลาย และเคลือบ ให้มีความสวยงามแปลกตา เครื่องประดับเซรามิก จึงมีศักยภาพทางการตลาดสูง และเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มสูง (กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเซรามิก, 2550)

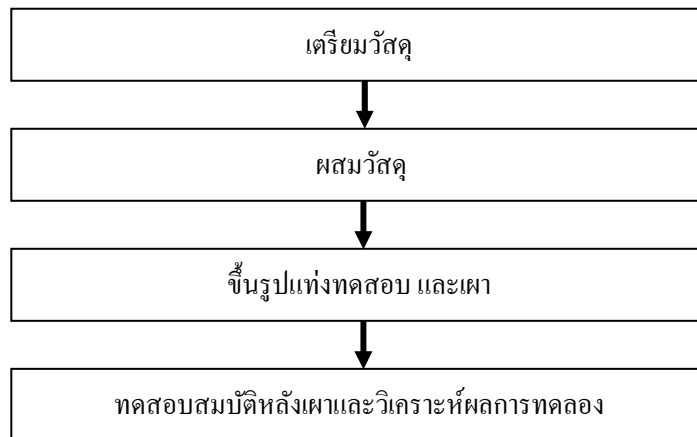
จากการศึกษาเนื้อดินสำหรับการประดิษฐ์เครื่องประดับเซรามิกพบว่า เนื้อดินที่ได้จากการทดลอง มีน้ำหนักมากทำให้ผู้สวมใส่เกิดความไม่สะดวกสบาย ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาเนื้อดินสำหรับการประดิษฐ์เครื่องประดับเซรามิก ให้มีน้ำหนักน้อยลงโดยการเติมวัสดุชนิดเผาไหม้ได้ ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่ง ที่จะทำให้ผู้ใช้เครื่องประดับมีความนิยมใช้เครื่องประดับที่ทำจากเซรามิกเพิ่มขึ้น

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการลดน้ำหนัก และสมบัติทางกายภาพหลังเผาของเนื้อดินสำหรับประดิษฐ์เครื่องประดับเซรามิก โดยการเติม วัสดุชนิดเผาไหม้

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยนี้ แบ่งเป็นขั้นตอน ดังต่อไปนี้



1. การเตรียมวัสดุ

1.1 การเตรียมถ่าน

ทุบย่อยถ่านไม้รวมให้เป็นก้อนเล็กๆ ร้อนผ่านตะแกรงร่อน ความละเอียด 16 เมช บดด้วยหม้อบด ระยะเวลา 16 ชั่วโมง ร้อนผ่านตะแกรงร่อน ความละเอียด 60 เมช เพื่อคัดส่วนหยาบออก เก็บส่วนที่ผ่านตะแกรงสำหรับการทดลอง

1.2 การเตรียมเชื้อกระดาษ

แช่กระดาษหนึ่งดื้อพิมพ์ในน้ำ ระยะเวลา 7 วัน บั่นด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้า เป็นเวลา 10 นาที เพื่อให้ได้เชื้อกระดาษ ผึ่งแห้งเชื้อกระดาษที่ได้ในร่มบนตะแกรงมุ้งลวด ระยะเวลา 24 ชั่วโมง อบแห้งในตู้อบ อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการอบแห้ง 2 ชั่วโมง

2. การผสมวัสดุ

2.1 ผสมส่วนผสมที่เป็นเนื้อดินตามตารางที่ 3.3 ปริมาณเนื้อดินที่ผสม อัตราส่วนผสมละ 1 กิโลกรัม

2.2 บรรจุเนื้อดินในหม้อบด เติมน้ำปริมาณ 2 กิโลกรัม ลงในหม้อบดแล้วนำไปบด ระยะเวลาการบด 6 ชั่วโมง

2.3 เติมน้ำส่วนผสมที่เป็นสารที่เผาไหม้ได้ในเนื้อดินตามตารางที่ 3.3

2.4 บดส่วนผสมที่ได้ด้วยหม้อบด ระยะเวลาการบด 2 ชั่วโมง

2.5 กรองส่วนผสมด้วยตะแกรง 60 เมช

2.6 เกรอะเนื้อดินพักไว้ 24 ชั่วโมง

3. การขึ้นรูปแท่งทดสอบ และเผา

3.1 นวดเนื้อดินบนแผ่นปูนพลาสติกอร์ให้มีความเหนียวสามารถขึ้นรูปได้ ด้วยการรีด (extrusion)

3.2 ขึ้นรูปเนื้อดินเป็นแท่งทดสอบด้วยเครื่องรีด ขนาดแท่งทดสอบ $8 \times 12 \times 150$ มิลลิเมตร จัดเส้นระยะห่างกัน 100 มิลลิเมตรบนแท่งทดสอบสำหรับการหาค่าการหดตัวหลังเผา ผึ่งแห้งระยะเวลา 24 ชั่วโมง อบในตู้อบ อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ระยะเวลาอบแห้ง 1 ชั่วโมง จำนวนแท่งทดสอบที่เตรียม สูตรละ 10 ชิ้น

- 3.3 ชั่งน้ำหนักแท่งทดสอบด้วยตาชั่งดิจิตอล หาค่าเฉลี่ย บันทึกผล
- 3.4 เฝาทิ้งทดสอบด้วยเตาไฟฟ้า อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส/ชั่วโมง อุณหภูมิสูงสุด 1250 องศาเซลเซียส
- 3.5 การทดสอบสมบัติหลังเผาและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4. การทดสอบการหดตัวหลังเผา

วิธีการทดสอบ

วัดระยะห่างระหว่างรอยขีดบนแท่งตัวอย่างแล้วหาค่าเฉลี่ยของสูตรดังสมการ (1)

$$\text{อัตราการหดตัวหลังเผา} = \frac{\text{ความยาวเปียก} - \text{ความยาวหลังการเผา}}{\text{ความยาวเปียก}} \times 100 \quad (1)$$

4.1 การทดสอบการดูดซึมน้ำ

ขั้นตอนในการทดสอบ

นำแท่งทดสอบอย่างต่ำ 5 แท่ง ไปอบให้แห้งสนิทที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อแท่งทดสอบมีอุณหภูมิห้อง นำชั่งหาค่าน้ำหนักก่อนดูดซึมน้ำ จดบันทึกค่าน้ำหนักแห้ง นำแท่ง ทดสอบ ไปดม้ในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นลง และแช่ไว้ในน้ำนั้นอีก 24 ชั่วโมง การดม้จะต้องหาเศษวัสดุรองไม่ให้แท่งทดสอบติดกัน ภาชนะแต่ละชิ้นวางห่างจากกัน นำแท่งทดสอบขึ้นมาจากน้ำ ใช้ผ้าหมาดๆ ซับ ผิวแท่งทดสอบให้ทั่วแล้วนำแท่งทดสอบชั่งหาน้ำหนักที่ดูดซึมน้ำจดบันทึกไว้ ดังสมการ (2)

$$\text{การดูดซึมน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักเปียก} - \text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักแห้ง}} \times 100 \quad (2)$$

4.2 การทดสอบความแข็งแรง

ขั้นตอนในการทดสอบ

ทดสอบหักแท่งทดสอบด้วยเครื่องทดสอบการกดหัก ระยะห่างระหว่างลิ้มรองรับ 10 เซนติเมตร บันทึกแรงกดที่ใช้หักแท่งทดสอบ วัดเส้นผ่าศูนย์กลางแท่งทดสอบที่รอยหัก คำนวณหาความแข็งแรง (modulus of rupture, MOR) จำนวนแท่งทดสอบที่ใช้ทดสอบ สูตรละ 10 แท่งดังสมการ (3)

$$MOR = \frac{8LD}{\pi d^3} \quad (3)$$

เมื่อ	L	=	ค่าน้ำหนักแรงกด
	D	=	ระยะห่างของลิ้มที่รองรับแท่งทดสอบ
	d	=	เส้นผ่าศูนย์กลางของแท่งทดสอบ

4.3 การทดสอบหาความหนาแน่น

ขั้นตอนในการทดสอบ

ชั่งน้ำหนักแห้งทดสอบด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล บันทึกน้ำหนัก คำนวณหาปริมาตรโดยใช้ ถ้วย ยูเรกา (Eureka) คำนวณค่าความหนาแน่นดังสมการ (4)

$$D = \frac{m}{V} \quad (4)$$

เมื่อ D = ความหนาแน่น มีหน่วยเป็นกรัม ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (g/cm^3)
 m = มวล มีหน่วยเป็นกรัม (g)
 V = ปริมาตร มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร (cm^3)

4.4 การทดสอบหาน้ำหนักที่หายไปหลังเผา

ขั้นตอนในการทดสอบ

ชั่งน้ำหนักแห้งทดสอบหลังเผา ของเนื้อดินแต่ละสูตร หาค่าเฉลี่ย คำนวณน้ำหนักที่ หายไป โดยเปรียบเทียบกับน้ำหนักหลังอบแห้งที่บันทึกไว้ดังสมการ (5)

$$\text{ร้อยละของมวลที่หายไปหลังการเผา} = \frac{\text{น้ำหนักหลังอบ} - \text{น้ำหนักหลังเผา}}{\text{น้ำหนักหลังอบ}} \times 100 \quad (5)$$

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้กำหนดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 7 ชนิด รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตาราง 1 รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ลำดับที่	รายการ	ยี่ห้อ/รุ่น/ความละเอียด/ขนาด
1	เครื่องชั่งดิจิตอล	METTLER TOLEDO / METTLERPM1200 /1500 กรัม
2	หม้ออบความเร็วสูง	500 กรัม
3	หม้ออบและแท่นอบ	3,000 กรัม
4	เตาไฟฟ้า	CARBOLITE / CWF 13/5 / 1300° C
5	ถ้วยยูเรกา	300 มิลลิลิตร
6	ตะแกรง	ขนาด # 60 เมช
7	เครื่องทดสอบกดหัก	แรงกด ที่วัดได้ 0-100 กิโลกรัม ความละเอียด 20 กรัม

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยมี 7 ส่วนตามตัวแปรตามที่ได้ตั้งไว้ ดังนี้

1. การหัดตัวหลังเผา

เนื้อดินที่เดิมผงถ่านไม่รวม 4 อัตราส่วนผสม มีค่าการหดตัวเรียงจากมากไปน้อยคือ อัตราส่วนผสมที่ 4A 2A 3A และ 1A ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าการหดตัวของเนื้อดินที่ผสมผงถ่านไม่รวม 4 อัตราส่วนผสมพบว่า อัตราส่วนผสมที่

3A มีค่าการหดตัวมากที่สุด ซึ่งส่วนประกอบของอัตราส่วนผสม มีดังนี้ ดินขาวลำปาง ร้อยละ 25 โซดาเฟลด์สปาร์ ร้อยละ 25 ควอตซ์ ร้อยละ 25 ดินดำแม่ทาน ร้อยละ 25 และซิงค์ออกไซด์ ร้อยละ 8 เดิมผงถ่านไม้รวม ร้อยละ 15

เนื้อดินที่เดิมเอื้อกระดาศ 4 อัตราส่วนผสม สามารถขึ้นรูปเป็นแท่งทดสอบได้ 2 อัตราส่วนผสม คือ 1B และ 2B มีค่าการหดตัวเรียงจากมากไปน้อยคือ อัตราส่วนผสมที่ 1B และ 2B ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าการหดตัวของเนื้อดินที่เดิมเอื้อกระดาศ 2 อัตราส่วนผสมพบว่า อัตราส่วนผสมที่ 1B มีค่าการหดตัวมากที่สุด ซึ่งส่วนประกอบของอัตราส่วนผสม มีดังนี้ ดินขาวลำปาง ร้อยละ 25 โซดาเฟลด์สปาร์ ร้อยละ 25 ควอตซ์ ร้อยละ 25 ดินดำแม่ทาน ร้อยละ 25 และซิงค์ออกไซด์ ร้อยละ 8 เดิมเอื้อกระดาศ ร้อยละ 5

2. การดูดซึมน้ำ

เนื้อดินที่เดิมผงถ่านไม้รวม 4 อัตราส่วนผสม มีค่าการดูดซึมน้ำเรียงจากมากไปน้อยคือ อัตราส่วนผสม ที่ 2A 4A 3A และ 1A ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าการหดตัวของเนื้อดินที่ผสมผงถ่านไม้รวม 4 อัตราส่วนผสมพบว่า อัตราส่วนผสมที่ 2A มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุด ซึ่งส่วนประกอบของอัตราส่วนผสม มีดังนี้ ดินขาวลำปาง ร้อยละ 25 โซดาเฟลด์สปาร์ ร้อยละ 25 ควอตซ์ ร้อยละ 25 ดินดำแม่ทาน ร้อยละ 25 และซิงค์ ออกไซด์ ร้อยละ 8 เดิมผงถ่านไม้รวม ร้อยละ 10

เนื้อดินที่เดิมเอื้อกระดาศ 4 อัตราส่วนผสม สามารถขึ้นรูปเป็นแท่งทดสอบได้ 2 อัตราส่วนผสม คือ 1B และ 2B มีค่าการดูดซึมน้ำเรียงจากมากไปน้อยคือ อัตราส่วนผสมที่ 1B และ 2B ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าการดูดซึมน้ำของเนื้อดิน ที่เดิมเอื้อกระดาศ 2 อัตราส่วนผสมพบว่า อัตราส่วนผสมที่ 1B มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุด ซึ่งส่วนประกอบของอัตราส่วนผสม มีดังนี้ ดินขาวลำปาง ร้อยละ 25 โซดาเฟลด์สปาร์ ร้อยละ 25 ควอตซ์ ร้อยละ 25 ดินดำแม่ทาน ร้อยละ 25 และซิงค์ออกไซด์ ร้อยละ 8 เดิมเอื้อกระดาศ ร้อยละ 5

3. ความแข็งแรง

เนื้อดินที่เดิมผงถ่านไม้รวม 4 อัตราส่วนผสม มีค่าความแข็งแรงเรียงจากมากไปน้อยคือ อัตราส่วนผสมที่ 3A 4A 2A และ 1A ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงของเนื้อดินที่ผสมผงถ่านไม้รวม 4 อัตราส่วนผสมพบว่า อัตราส่วนผสมที่ 3A มีค่าความแข็งแรงมากที่สุด ซึ่งส่วนประกอบของอัตราส่วนผสม มีดังนี้ ดินขาวลำปาง ร้อยละ 25 โซดาเฟลด์สปาร์ ร้อยละ 25 ควอตซ์ ร้อยละ 25 ดินดำแม่ทาน ร้อยละ 25 และซิงค์ ออกไซด์ ร้อยละ 8 เดิมผงถ่านไม้รวม ร้อยละ 15

เนื้อดินที่เดิมเอื้อกระดาศ 4 อัตราส่วนผสม สามารถขึ้นรูปเป็นแท่งทดสอบได้ 2 อัตราส่วนผสม คือ 1B และ 2B มีค่าความแข็งแรงเรียงจากมากไปน้อยคือ อัตราส่วนผสมที่ 2B และ 1B ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงของเนื้อดินที่เดิมเอื้อกระดาศ 2 อัตราส่วนผสมพบว่า อัตราส่วนผสมที่ 2B มีค่าความแข็งแรงมากที่สุด ซึ่งส่วนประกอบของอัตราส่วนผสม มีดังนี้ ดินขาวลำปาง ร้อยละ 25 โซดาเฟลด์สปาร์ ร้อยละ 25 ควอตซ์ ร้อยละ 25 ดินดำแม่ทาน ร้อยละ 25 และซิงค์ออกไซด์ ร้อยละ 8 เดิมเอื้อกระดาศ ร้อยละ 10

4. ความหนาแน่นของเนื้อดินหลังเผา

เนื้อดินที่เดิมผงถ่านไม้รวม 4 อัตราส่วนผสม มีค่าความหนาแน่นเรียงจากมากไปน้อยคือ อัตราส่วนผสมที่ 2A 1A 4A และ 3A ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นของเนื้อดินที่ผสมผงถ่านไม้รวม 4 อัตราส่วนผสมพบว่า อัตราส่วนผสมที่ 2A มีค่าความหนาแน่นมากที่สุด ซึ่งส่วนประกอบของอัตราส่วนผสม มีดังนี้ ดินขาวลำปาง ร้อยละ 25 โซดา

เพลตสปาร์ ร้อยละ 25 ควอตซ์ ร้อยละ 25 ดินดำแม่ทาน ร้อยละ 25 และซิงค์ออกไซด์ ร้อยละ 8 เดิมผงถ่าน ไม่รวม ร้อยละ 10

เนื้อดินที่เดิมเอื้อกระดาษ 4 อัตราส่วนผสม สามารถขึ้นรูปเป็นแท่งทดสอบได้ 2 อัตราส่วนผสม คือ 1B และ 2B มีค่าความหนาแน่นเรียงจากมากไปน้อยคือ อัตราส่วนผสมที่ 1B และ 2B ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นของเนื้อดินที่เดิมเอื้อกระดาษ 2 อัตราส่วนผสมพบว่า อัตราส่วนผสมที่ 1B มีค่าความหนาแน่นมากที่สุด ซึ่งส่วนประกอบของอัตราส่วนผสม มีดังนี้ ดินขาวลำปาง ร้อยละ 25 โซดาเพลตสปาร์ ร้อยละ 25 ควอตซ์ ร้อยละ 25 ดินดำแม่ทาน ร้อยละ 25 และซิงค์ออกไซด์ ร้อยละ 8 เดิมเอื้อกระดาษ ร้อยละ 5

5. น้ำหนักที่หายไปหลังเผา

เนื้อดินที่เดิมผงถ่านไม่รวม 4 อัตราส่วนผสม มีค่าน้ำหนักที่หายไปหลังเผา เรียงจากมากไปน้อยคือ อัตราส่วนผสมที่ 4A 3A 2A และ 1A ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าน้ำหนักที่หายไปหลังเผาของเนื้อ ดิน ที่ผสมผงถ่านไม่รวม 4 อัตราส่วนผสมพบว่า อัตราส่วนผสมที่ 4A มีค่าน้ำหนักที่หายไปหลังเผามากที่สุด ซึ่งส่วนประกอบของอัตราส่วนผสม มีดังนี้ ดินขาวลำปาง ร้อยละ 25 โซดาเพลตสปาร์ ร้อยละ 25 ควอตซ์ ร้อยละ 25 ดินดำแม่ทาน ร้อยละ 25 และซิงค์ออกไซด์ ร้อยละ 8 เดิมผงถ่าน ไม่รวม ร้อยละ 20

เนื้อดินที่เดิมเอื้อกระดาษ 4 อัตราส่วนผสม สามารถขึ้นรูปเป็นแท่งทดสอบได้ 2 อัตราส่วนผสม คือ 1B และ 2B มีค่าน้ำหนักที่หายไปหลังเผาเรียงจากมากไปน้อยคือ อัตราส่วนผสมที่ 2B และ 1B ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าน้ำหนักที่หายไปหลังเผาของเนื้อดินที่เดิมเอื้อกระดาษ 2 อัตราส่วนผสมพบว่า อัตราส่วนผสมที่ 2B มีค่าน้ำหนักที่หายไปหลังเผามากที่สุด ซึ่งส่วนประกอบของอัตราส่วนผสม มีดังนี้ ดินขาวลำปาง ร้อยละ 25 โซดาเพลตสปาร์ ร้อยละ 25 ควอตซ์ ร้อยละ 25 ดินดำแม่ทาน ร้อยละ 25 และซิงค์ออกไซด์ ร้อยละ 8 เดิมเอื้อกระดาษ ร้อยละ 10

6. การหลอมตัว

เนื้อดินที่เดิมผงถ่านไม่รวม 4 อัตราส่วนผสม มีลักษณะการหลอมตัวหลังเผาดีใกล้เคียงกัน ทั้ง 4 อัตราส่วนผสม สีของเนื้อดินหลังเผามีสีขาว ลักษณะผิวเรียบมัน ไม่มีดำหนิ ซึ่งส่วนประกอบของอัตราส่วนผสมเนื้อดินทั้ง 4 อัตราส่วนผสม มีดังนี้ ดินขาวลำปาง ร้อยละ 25 โซดาเพลตสปาร์ ร้อยละ 25 ควอตซ์ ร้อยละ 25 ดินดำแม่ทาน ร้อยละ 25 และซิงค์ออกไซด์ ร้อยละ 8 โดยเดิมเอื้อกระดาษ ร้อยละ 5 10 15 และ 20 ตามลำดับ

เนื้อดินที่เดิมเอื้อกระดาษ 4 อัตราส่วนผสม สามารถขึ้นรูปเป็นแท่งทดสอบได้ 2 อัตราส่วนผสม คือ 1B และ 2B มีลักษณะการหลอมตัวหลังเผาดีใกล้เคียงกัน สีของเนื้อดินหลังเผามีสีขาว ลักษณะผิวเรียบไม่มีความมัน ไม่มีดำหนิ ซึ่งส่วนประกอบของอัตราส่วนผสมเนื้อดินทั้ง 2 อัตราส่วนผสม มีดังนี้ ดินขาวลำปาง ร้อยละ 25 โซดาเพลตสปาร์ ร้อยละ 25 ควอตซ์ ร้อยละ 25 ดินดำแม่ทาน ร้อยละ 25 และซิงค์ออกไซด์ ร้อยละ 8 โดยเดิมเอื้อกระดาษ ร้อยละ 5 และ 10 ตามลำดับ

7. ดำหนิ

ไม่มี

ผลการศึกษารดน้ำหนักเนื้อดินสำหรับการประดิษฐ์เครื่องประดับเซรามิก การประดิษฐ์เครื่องประดับเซรามิกโดยเติมวัสดุชนิดเผาไหม้ได้ (โดยการเติมผงถ่านไม้รวม)	
อัตราส่วนผสม	ผลการทดลอง
1A	
2A	
3A	
4A	

รูปที่ 1 ผลการทดลองส่วนผสมการลดน้ำหนักเนื้อดินสำหรับการประดิษฐ์เครื่องประดับเซรามิก
ด้วยการเติมผงถ่านไม้รวม

ผลการศึกษารดน้ำหนักเนื้อดินสำหรับการประดิษฐ์เครื่องประดับเซรามิก การประดิษฐ์เครื่องประดับเซรามิกโดยเติมวัสดุชนิดเผาไหม้ได้ (โดยการเติมเชื้อกระดาษ)	
อัตราส่วนผสม	ผลการทดลอง
1B	
2B	
3B	ขึ้นรูปไม่ได้
4B	ขึ้นรูปไม่ได้

รูปที่ 2 ผลการทดลองส่วนผสมการลดน้ำหนักเนื้อดินสำหรับการประดิษฐ์เครื่องประดับเซรามิก
ด้วยการเติมเชื้อกระดาษ



รูปที่ 3 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากผลการทดลอง

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาลดน้ำหนักเนื้อดินสำหรับการประดิษฐ์เครื่องประดับเซรามิกโดยการเติมวัสดุชนิดเผาไหม้ได้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการลดน้ำหนักของเนื้อดินสำหรับการประดิษฐ์เครื่องประดับเซรามิกโดยการเติมวัสดุชนิดเผาไหม้ได้ และเพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพหลังเผาของเนื้อดินสำหรับการประดิษฐ์เครื่องประดับเซรามิกที่เติมวัสดุชนิดเผาไหม้ได้ โดยเนื้อดินทุกอัตราส่วนผสมเผาที่อุณหภูมิ 1250 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศออกซิเดชันด้วยเตาไฟฟ้า ผลการศึกษารูปได้ดังนี้

1. การหดตัวหลังเผา

ค่าการหดตัวหลังเผาของเนื้อดินที่เติมผงถ่านไม้รวม 4 อัตราส่วนผสม พบว่า อัตราส่วนผสมที่ 4A มีการหดตัวมากที่สุด ร้อยละ 22.80 และค่าการหดตัวหลังเผาของเนื้อดินที่เติมเชื้อกระดาษ ที่สามารถขึ้นรูปเป็นแท่งทดสอบได้ 2 อัตราส่วนผสม พบว่า อัตราส่วนผสมที่ 1B มีการหดตัวมากที่สุด ร้อยละ 29.45 ซึ่งค่าการหดตัวหลังเผาสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับการหลอมตัวและลักษณะความเรียบของผิวเนื้อดิน ถ้าเนื้อดิน มีการหลอมตัวดีจะส่งผลให้ผิวของเนื้อดินมีความเรียบและค่าการหดตัวมากตามไปด้วย

2. การดูดซึมน้ำ

ค่าการดูดซึมน้ำของเนื้อดินที่เติมผงถ่านไม้รวม 4 อัตราส่วนผสมพบว่า อัตราส่วนผสมที่ 1A มีการดูดซึมน้ำน้อยที่สุด ร้อยละ 3.02 เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วนผสมอื่น และค่าการดูดซึมน้ำของเนื้อดินที่เติม เชื้อกระดาษ ที่สามารถขึ้นรูปเป็นแท่งทดสอบได้ 2 อัตราส่วนผสม พบว่า อัตราส่วนผสมที่ 1B มีการดูดซึมน้ำ มากที่สุด ร้อยละ 1.28 ซึ่งการดูดซึมน้ำจะสัมพันธ์ในแบบผกผันกับการหลอมตัว ลักษณะความเรียบของผิวเนื้อดิน และค่าการหดตัวหลังเผา ถ้าเนื้อดินมีการหลอมตัวดีจะส่งผลให้ผิวของเนื้อดินมีความเรียบและค่าการหดตัวหลังเผามาก แต่ค่าการดูดซึมน้ำจะมีผลแบบผกผัน เนื่องจากเนื้อดินมีความหนาแน่นสูง มีรูพรุนน้อย เนื้อดิน จะมีค่าการดูดซึมน้ำน้อยลง

3. ความแข็งแรง

ค่าความแข็งแรงของเนื้อดินที่เติมผงถ่านไม้รวม 4 อัตราส่วนผสมพบว่า อัตราส่วนผสมที่ 3A มีค่าความแข็งแรงมากที่สุด เท่ากับ 1,679.87 กก./ตร.ซม. และค่าความแข็งแรงของเนื้อดินที่เติมเชื้อกระดาษที่สามารถขึ้นรูปเป็นแท่งทดสอบ

ได้ 2 อัตราส่วนผสม พบว่า อัตราส่วนผสมที่ 2B มีความแข็งแรงมากที่สุด 716.95 กก./ตร.ซม. ซึ่งค่าความแข็งแรงจะสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับการหลอมตัวและลักษณะความเรียบของผิวเนื้อดิน ถ้าเนื้อดินมีการหลอมตัวดีจะส่งผลให้ผิวของเนื้อดินมีความเรียบและค่าความแข็งแรงมากตามไปด้วย

4. ความหนาแน่นของเนื้อดินหลังเผา

ค่าความหนาแน่นของเนื้อดินที่เดิมผงถ่านไม้รวม 4 อัตราส่วนผสมพบว่า อัตราส่วนผสมที่ 2A มีค่าความหนาแน่นมากที่สุด เท่ากับ 2.86 กรัม/ลบ.ซม. และค่าความหนาแน่นของเนื้อดินที่เดิมเชื้อกระดาษที่สามารถขึ้นรูปเป็นแท่งทดสอบได้ 2 อัตราส่วนผสม พบว่า อัตราส่วนผสมที่ 1B มีความหนาแน่นมากที่สุด 3.33 กรัม/ลบ.ซม. ซึ่งค่าความหนาแน่นของเนื้อดินหลังเผาจะสัมพันธ์ ในทิศทางเดียวกันกับ การดูดซึมน้ำ และความแข็งแรงของเนื้อดิน ถ้าเนื้อดินมีความหนาแน่นมาก จะส่งผล ให้เนื้อดินมีการดูดซึมน้ำ และค่า ความแข็งแรงมากตามไปด้วย

5. น้ำหนักที่หายไปหลังเผา

ค่าน้ำหนักที่หายไปหลังเผาของเนื้อดินที่เดิมผงถ่านไม้รวม 4 อัตราส่วนผสมพบว่า อัตราส่วนผสมที่ 4A มีค่าน้ำหนักที่หายไปหลังเผามากที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 25.97 และค่าน้ำหนักที่หายไปหลังเผาของเนื้อดินที่เดิมเชื้อ กระดาษ ที่สามารถขึ้นรูปเป็นแท่งทดสอบได้ 2 อัตราส่วนผสม พบว่า อัตราส่วนผสมที่ 2B มีน้ำหนักที่หายไป หลัง เผามากที่สุด ร้อยละ 12.91 ซึ่งค่าน้ำหนักที่หายไปหลังเผาของเนื้อดินหลังเผาจะสัมพันธ์ ในทิศทางเดียวกันกับ การหดตัวของเนื้อดิน ถ้าเนื้อดิน มีน้ำหนักที่หายไปหลังเผามาก จะส่งผลให้เนื้อดินมีค่าการหดตัวของเนื้อดิน มากตามไปด้วย

6. การหลอมตัว

ลักษณะการหลอมตัวที่เกิดขึ้นของอัตราส่วนผสมที่เดิมผงถ่านไม้รวม 4 อัตราส่วนผสมพบว่า มีลักษณะการหลอมตัวหลังดีใกล้เคียงกันทั้ง 4 อัตราส่วนผสม สังเกตได้จากความเรียบที่ผิวของเนื้อดิน และมองเห็น เป็นเนื้อเดียวกัน และสีของเนื้อดินหลังเผามีสีขาว ลักษณะผิวเรียบมัน ส่วนการหลอมตัวที่เกิดขึ้นของอัตราส่วนผสมของเนื้อดินที่เดิมเชื้อกระดาษ ที่สามารถขึ้นรูปเป็นแท่งทดสอบได้ 2 อัตราส่วนผสม พบว่า มีลักษณะการหลอมตัวหลังเผาดีใกล้เคียงกัน สีของเนื้อดินหลังเผามีสีขาว ลักษณะผิวเรียบไม่มีความมัน ไม่มีดำหนิ เมื่อเปรียบเทียบเนื้อดินที่เดิมผงถ่านไม้รวมกับเนื้อดินที่เดิมเชื้อกระดาษ ผลที่ปรากฏใกล้เคียงกันคือ การหลอมตัวเนื้อดินทั้งสองชนิดมีผลการหลอมตัวหลังเผาดี ลักษณะผิวเรียบ ไม่มีความมัน เนื่องจากส่วนผสมหลักของเนื้อดินคือ ดินขาวล้าปาง ร้อยละ 25 โซดาเฟลด์สปาร์ ร้อยละ 25 ควอตซ์ ร้อยละ 25 ดินดำแม่ทาน ร้อยละ 25 และซิงค์ออกไซด์ ร้อยละ 8 ผลจากวัตถุดิบต่างที่มีผลช่วยในการหลอมตัวของเนื้อดินในปริมาณที่เท่ากัน มีผลให้เนื้อดินทั้งสองชนิดมีผลการหลอมตัวหลังเผา ลักษณะผิว และการเกิดดำหนิใกล้เคียงกัน ส่วน การไม่เกิดความมันของผิวเนื้อดินหลังเผาของเนื้อดินที่เดิมเชื้อกระดาษนั้น อาจเกิดจากการเติมดินขาว ในกระบวนการผลิตกระดาษ เพื่อเป็นสารเติมทำให้ผิวกระดาษเรียบ สารประกอบอลูมินาและซิลิกาในเชื้อกระดาษอาจส่งผลให้ไม่เกิดความมันของผิวเนื้อดินหลังเผาของเนื้อดินที่เดิมเชื้อกระดาษได้

7. ดำหนิ

ไม่มี

จากผลการวิจัยพบว่า อัตราส่วนผสมที่เหมาะสม ในการลดน้ำหนักเนื้อดินสำหรับการประดิษฐ์ เครื่องประดับเซรามิกโดยการเติมวัตถุดิบเผาไหม้ได้ คืออัตราส่วนผสมที่ 2A ซึ่งมี ดินขาวล้าปาง ร้อยละ 25 โซดาเฟลด์สปาร์ ร้อยละ 25 ควอตซ์ ร้อยละ 25 ดินดำแม่ทาน ร้อยละ 25 และซิงค์ออกไซด์ ร้อยละ 8 เดิมผงถ่านไม้รวม ร้อยละ 10 เนื่องจากเนื้อดินมีผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ และความหนาแน่นสูงกว่าเนื้อดินอัตรา ส่วนผสม ที่ 1A 3A 4A 1B และ2B มีการหลอมตัวดี สีหลังเผามีสีขาว ผิวเรียบมัน ไม่มีดำหนิ

อภิปรายผลการทดลอง

การศึกษาผลการลดน้ำหนักของเนื้อดินสำหรับการประดิษฐ์เครื่องประดับเซรามิก โดยการเติมวัสดุชนิดเผาไหม้ได้ เพื่อศึกษาผลของการลดน้ำหนักของเนื้อดินสำหรับการประดิษฐ์เครื่องประดับเซรามิกโดยการเติม วัสดุชนิดเผาไหม้ได้ และเพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพหลังเผาของเนื้อดินสำหรับการประดิษฐ์เครื่องประดับเซรามิก ที่เติมวัสดุชนิดเผาไหม้ได้ โดยเนื้อดินทุกอัตราส่วนผสมเผาที่อุณหภูมิ 1250 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศออกซิเจนด้วยเตาไฟฟ้า ผู้วิจัยได้อภิปรายผลดังนี้

ผลของการศึกษาการลดน้ำหนักของเนื้อดินสำหรับการประดิษฐ์เครื่องประดับเซรามิก โดยการเติมวัสดุชนิดเผาไหม้ได้ ผู้วิจัยกำหนดวัสดุชนิดเผาไหม้ได้ 2 ชนิด คือ ถ่านไม้รวม และเชื้อกระดาชในการเติมเนื้อดิน เพื่อลดน้ำหนัก เพื่อเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพหลังเผาของเนื้อดิน ว่าเนื้อดินที่เติมวัสดุชนิดเผาไหม้ได้ ชนิดใด สามารถลดน้ำหนักของเนื้อดินได้อย่างเหมาะสมและสามารถขึ้นรูปได้ดี โดยเนื้อดินทุกอัตราส่วนผสมเผา ที่อุณหภูมิ 1250 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศออกซิเจนด้วยเตาไฟฟ้า จากการเปรียบเทียบการเติมวัสดุชนิดเผาไหม้ได้ระหว่าง ผงถ่านไม้รวม กับเชื้อกระดาช โดยอัตราส่วนผสมวัตถุของเนื้อดินทุกอัตราส่วนผสมเหมือนกัน คือดินขาวลำปาง ร้อยละ 25 โซดาเฟลด์สปาร์ ร้อยละ 25 ควอตซ์ ร้อยละ 25 ดินดำแม่ทาน ร้อยละ 25 และซิงค์ออกไซด์ ร้อยละ 8 ซึ่งอัตราส่วนผสมดังกล่าว คือเนื้อดินอัตราส่วนผสมที่ 3 ที่พิจารณาแล้ว ว่าเหมาะสมในการนำไปใช้ จากผลการวิจัยส่วนผสมเนื้อดินสำหรับการประดิษฐ์เครื่องประดับเซรามิก มีสมบัติทางกายภาพหลังเผา คือ การหดตัว ร้อยละ 14.56 การดูดซึมน้ำ ร้อยละ 1.33 ความแข็งแรง 745.22 กก./ตร.ซม. และความหนาแน่น 2.68 กรัม/ลบ.ซม. เมื่อนำเนื้อดินอัตราส่วนผสมดังกล่าวพัฒนาเพื่อลดน้ำหนักของเนื้อดินสำหรับการประดิษฐ์เครื่องประดับเซรามิก โดยการเติมวัสดุชนิดเผาไหม้ได้พบว่าเนื้อดินที่เติมผงถ่านไม้รวม มีสมบัติทางกายภาพหลังเผากว่าเนื้อดินที่เติมเชื้อกระดาช คือ สามารถขึ้นรูปได้ทุกอัตราส่วนผสม มีค่าเฉลี่ยการหดตัว ความหนาแน่นต่ำกว่า มีค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำ ความแข็งแรง น้ำหนักที่หายไปหลังเผาสูงกว่าและผิวของเนื้อดินหลัง เผาหยาบตัวดีและมีความมัน และเมื่อเปรียบเทียบผลของสมบัติทางกายภาพ ที่พึงประสงค์โดยมีความสัมพันธ์กับการลดน้ำหนักของเนื้อดิน คือค่าการดูดซึมน้ำ และ ค่าความหนาแน่น พบว่าเนื้อดินอัตรา ส่วนผสม ที่เหมาะสมในการนำไปใช้ได้คือ อัตราส่วนผสมที่ 2A ซึ่งมีดินขาวลำปาง ร้อยละ 25 โซดาเฟลด์สปาร์ ร้อยละ 25 ควอตซ์ ร้อยละ 25 ดินดำแม่ทาน ร้อยละ 25 และซิงค์ออกไซด์ ร้อยละ 8 เติมผงถ่านไม้รวมร้อยละ 10 มีผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ และความหนาแน่นสูงกว่าเนื้อดินอัตราส่วนผสมที่ 1A 3A 4A 1B และ 2B และเนื้อดินอัตราส่วนผสมที่ 3 จากผลการวิจัยส่วนผสมเนื้อดินสำหรับการประดิษฐ์เครื่องประดับเซรามิก ส่วนสมบัติทางกายภาพด้านการหดตัวหลังเผา ความแข็งแรง น้ำหนักที่หายไป การหยาบตัวและการเกิดตำหนิ อยู่ในเกณฑ์ที่ดีสามารถขึ้นรูปเป็นเครื่องประดับได้จริง และเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อดินสูตรพื้นฐานสามารถลดน้ำหนักลงได้ ร้อยละ 7.47 ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการเติมผงถ่านไม้รวม ร้อยละ 10 สามารถลดน้ำหนัก ของ เนื้อดินสำหรับการประดิษฐ์เครื่องประดับเซรามิกได้จริง

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการทดลองไปใช้ในการนำผลการทดลองไปใช้ ควรมีการทดลองซ้ำก่อน
2. ข้อเสนอแนะเพื่อการทดลองครั้งต่อไปควรทดลองเพิ่มสีในเนื้อดินด้วยการเติมออกไซด์ให้สีชนิดต่างๆ หรือสีสำเร็จรูป เพื่อให้เกิดความหลากหลายของสีเนื้อดิน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยความร่วมมือจาก อาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ทุกท่าน และเจ้าหน้าที่ผู้ช่วยวิจัยทุกท่านที่ได้ให้ความร่วมมือและความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาการทำวิจัย ขอบพระคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมในการอนุมัติทุนการทำวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้สละเวลาให้ข้อเสนอแนะและแก้ไขงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กำธร สติรกุล. (2521). หนังสือและการพิมพ์. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- โกมล รักษ์วงศ์. วัตถุดิบที่ใช้ในเครื่องปั้นดินเผาและเนื้อดินปั้น. (2531). กรุงเทพฯ : ภาควิชาช่างปั้นดินเผา คณะวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ วิทยาลัยครูพระนคร.
- เครือข่ายเรียนรู้ถ่านไม้. (2552). ถ่านไม้. [Online], Available HTTP: <http://www.chuansin.com/charcoal/>
- ธนิสตรา พินสมนตรี. (2550). ผลของซิลิกาจากเถ้าแกลบต่อความทนแรงอัดของพอร์ซเลน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- บริษัท ระยองซิสเต็ม จำกัด. (2552). เรื่องนำรู้เกี่ยวกับสิ่งพิมพ์. [Online], Available HTTP: http://www.rayongsystem.com/home.php?catalogy=News&Flag=reading&id_nt=3&id=BKS50000009
- ประจักษ์ สาทิทธิ. (2543). การทดสอบสมบัติทางฟิสิกส์ในงานเซรามิกส์. นครศรีธรรมราช : คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏนครศรีธรรมราช.
- ปรีชา กาญจนาคม. (2551). สมัยก่อนประวัติศาสตร์ในประเทศไทยโดยสังเขป. [Online], Available HTTP: <http://www.oursiam.net/content/display.php?id=26&category=5&textsize=small>
- พรชัย สุจิตต์. (2546). ลูกปั้นในอดีต-ปัจจุบัน. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : ด้านสุทธาการพิมพ์.
- ไพจิตร อังศิริวัฒน์. (2541). เนื้อดินเซรามิกส์. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- ไพฑูรย์ เกิดพร้อม. เอกสารประกอบการสอนเตาเผาและการเผาเซรามิกส์ 1. (2551). ลำปาง: สาขาวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.
- สมศักดิ์ ขวาลาวันย์. (2549). เซรามิกส์. กรุงเทพฯ : โอ.เอส. พรีนติ้ง เฮาส์.
- สุรพล คำรหัสกุล. (2540). บ้านเชียงมรดกโลกทางวัฒนธรรม. กรุงเทพฯ : คุรุสภาลาดพร้าว.
- สุรศักดิ์ โกสยพันธ์. (2534). น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.
- อายุวัฒน์ สว่างผล. (2543). วัตถุดิบที่ใช้แพร่หลายในงานเซรามิกส์. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- อายุวัฒน์ สว่างผล. (2543). วัตถุดิบที่ใช้แพร่หลายในงานเซรามิกส์. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.