การพัฒนาเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ ด้วยดินขาวและดินพื้นบ้าน

เลิศชาย สถิตย์พนาวงศ์[1]

บทคัดย่อ

การพัฒนาเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ ด้วยดินขาวและดินพื้นบ้านมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของดินพื้นบ้านและทดลองหาอัตราส่วนผสมระหว่างดินพื้นบ้าน ดินขาวลำปาง และทราย โดยการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงจากตารางสามเหลี่ยมได้ส่วนผสม 36 สูตร ศึกษาสมบัติทางกายภาพหลังการเผาที่อุณหภูมิ 850 และ 1,230 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชันและทดลองขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยการปั้นแบบอิสระ ผลการวิจัยพบว่าส่วนผสมที่เหมาะสมคือส่วนผสมที่ 5 มีส่วนผสมของดินพื้นบ้านร้อยละ 60 ดินขาวลำปางร้อยละ 20 และทรายร้อยละ 20 มีคุณสมบัติทางกายภาพหลังการเผาที่อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส มีการหดตัวเฉลี่ยร้อยละ 7.86 การดูดซึมน้ำเฉลี่ยร้อยละ 17.68 ความแข็งแรงเฉลี่ย 7.14 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ทนไฟที่อุณหภูมิ 850 สามารถได้ อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียสมีการหดตัวเฉลี่ยร้อยละ 13.57 การดูดซึมน้ำเฉลี่ยร้อยละ 6.27 ความแข็งแรงเฉลี่ย 35.98 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สามารถทนไฟอุณหภูมิ 1,230 ได้ สามารถใช้ผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทสโตนแวร์ได้

คำสำคัญ : เครื่องปั้นดินเผา , สโตนแวร์ , ดินขาวและดินพื้นบ้าน

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
* ผู้ติดต่อ อีเมลล์ : Lerdchai@aru.ac.th รับเมื่อ 8 กันยายน 2554 ตอบรับเมื่อ 10 ตุลาคม 2554

Development of Stoneware body by white clay and local clay

Lerdchai Sathitpanawong[1]

Abstract

This paper was study to develop Stoneware Body by using white clay and local clay. The objectives of this paper aim to study in physical qualifications and find out the appropriate ratio of the mixture clays which included of Local clay, Lampang clay and Sand. The sampling plan is used in the experiment by sampling diagram from Triaxial diagram which the suitable number of experiment is 36 mixtures. The characteristic of physical qualifications have been studied after burning at 850 Degrees Celsius and 1,230 Degrees Celsius under an oxidation atmosphere and also the product test was formed by free form. The results of this research showed that the proportion of the clay mixture from sample no.5 give the optimal result that included of local clay at 60 percents, Lampang clay 20 percents and Sand 20 percents. In the physical qualifications after burning 850 Degrees Celsius show that the burning shrinkage is 7.86 %, the water absorption is 17.68%, modulus of rupture 7.14 kg/cm^2, Softening Point at 850 Degrees Celsius. Finally the physical qualifications after burning 1,230 Degrees Celsius show that the burning shrinkage is 13.57 %, the water absorption is 6.27 %, modulus of rupture 35.98 kg/cm^2, Softening Point at 1,230 Degrees Celsius which it can make Stoneware Pottery.

Keywords : Pottery, Stoneware, White and Local Clay

[1] Department of Applied Science,Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University

* Corresponding author, Email: Lerdchai@aru.ac.th Received 8 September 2011; Accepted 10 October 2011

1. บทนำ

เครื่องปั้นดินเผามีการผลิตมากมายหลายประเภทด้วยกัน ในปัจจุบันสามารถแบ่งผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาตามลักษณะเนื้อดินปั้นได้ดังนี้

1.1 เนื้อดินปั้นชนิดเอิทเทนแวร์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมใช้ดินในท้องถิ่นของตนนำมาผลิต เพราะสะดวกแก่การนำมาผลิต ลดต้นทุนการผลิตได้ดี สิ่งจำเป็นที่ควรทดสอบในขั้นแรกคือ การทดสอบการหดตัวของดิน การดูดซึมน้ำตลอดจนความเหนียวซึ่งเป็นการช่วยให้ผู้ผลิตทราบถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเผาผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ในยุโรปแบ่งเครื่องปั้นดินเผาประเภท เอิร์ทเทนแวร์ออกเป็น 3 ประเภทคือ [1]

1.1.1เคลย์เอิร์ทเทนแวร์ (Clay Earthen Ware) หมายถึงเครื่องปั้นดินเผาอุณหภูมิต่ำ มีสีค่อนข้างคล้ำ เพราะเนื้อดินที่นำมาใช้ผลิตมีสิ่งที่ไม่บริสุทธิ์หลายชนิดมักผลิตเป็นของใช้พื้นบ้านทั่ว ๆ ไป เช่น กระถาง ภาชนะใส่น้ำ อิฐมอญซึ่งจะพบการทำผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ได้ทั่วไป

1.1.2 ไลท์เอิร์ทเทนแวร์ (Lime Earthen Ware) เป็นเอิร์ทเทนแวร์ที่ผลิตจากดินที่มีส่วนผสมของดินขาวสูง ซึ่งอาจมีส่วนผสมของซิลิก้าด้วย ทำให้มีความพรุนตัวสูงและน้ำหนักเบา

1.1.3เฟลด์สปาร์ติกเอิร์ทเทนแวร์ (Feldspathic Earthen Ware) หรือเรียกว่าฮาร์ดเอิร์ทเทนแวร์ (Hard Earthen Ware) เป็นเอิร์ทเทนแวร์ที่มีคุณสมบัติพิเศษ มีความแข็งแกร่งมากกว่า 2 ประเภทแรกเพราะเผาในอุณหภูมิค่อนข้างสูง เหมาะแก่การตกแต่งใต้เคลือบ

1.2 เนื้อดินปั้นสโตนแวร์ (Stone Ware) [2-3]เป็นผลิตภัณฑ์ที่เผาถึงจุดสุกตัวส่วนมากสีเนื้อดินเป็นสีจากธรรมชาติ เช่น สีเทา สีน้ำตาล เผาในอุณหภูมิค่อนข้างสูงอยู่ระหว่าง Cone 6 –14 ลักษณะของผลิตภัณฑ์โดยทั่ว ๆ ไปจะมีเนื้อแน่น และมีความแข็งแกร่งมาก ไม่ดูดซึมน้ำและของเหลวไม่สามารถซึมผ่านได้ เป็นผลิตภัณฑ์เผาในอุณหภูมิสูงเนื้อดินทึบแสง อาจมีสีต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ในส่วนผสม เนื้อดินปั้นมีความเหนียวสูงขณะที่เป็นดิน ยังไม่เผาเนื้อดินจะแข็งแรงไม่เปราะแตกหักง่าย โดยปกติเนื้อดินปั้นชนิดนี้จะหดตัวก่อนและหลังเผาสูง มีโอกาสบิดเบี้ยวได้ [2]เนื้อดินปั้น สโตนแวร์จะต้องเผาในอุณหภูมิสูงระหว่าง 1,200 – 1,250 องศาเซลเซียส ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมด้วย

วัตถุดิบที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นเผาส่วนใหญ่ได้มาจากสินแร่ตามธรรมชาติเช่น ดินชนิดต่างๆ(Clays) หินฟันม้า (Feldspar) หินควอตรซ์ (Quartz) แร่ที่ได้จากการสะกัดสินแร่ตามธรรมชาติและนำมาทำให้บริสุทธิ์ด้วยขบวนการทางเคมี เช่น อะลูมินา (Al_2O_3) ได้จากแร่บ๊อกไซท์ (Bauxite) วัตถุดิบที่ได้จากการสังเคราะห์เช่น แบเรียมเฟอร์ไรท์ (Ferrites) และสารอินทรีย์บางชนิดที่ช่วยในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ปัจจุบันเซรามิกส์สมัยใหม่ต้องการวัตถุดิบในการผลิตที่มีเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์สูงเนื่องจากสิ่งสกปรกเพียงเล็กน้อยอาจจะน้อยกว่า 1% จะมีอิทธิพลต่อโครงสร้าง คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ การควบคุมขนาดและรูปร่างของวัตถุดิบก็มีความสำคัญไม่น้อย เพราะจะมีผลต่อการขึ้นรูป ดินขาวเป็นวัตถุดิบชนิดหนึ่งที่ใช้มากในงานเซรามิกส์ ปริมาณดินขาวถ้าใช้เป็นส่วนผสมในส่วนผสมมากจะทำให้ส่วนผสมไม่มีความเหนียวเป็นอุปสรรคในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

1.3 เนื้อดินปั้นปอร์สเลน (Porcelain) เป็นผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นพิเศษ โดยที่เนื้อดินมีสีขาว เผาในอุณหภูมิสูงจนถึงจุดสุกตัวและมีความโปร่งแสง เผาในอุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียสขึ้นไป เนื้อดินประกอบด้วยหินฟันม้า หินเขี้ยวหนุมาน ดินเกาลิน ดินเหนียวขาว และวัตถุดิบอื่น ๆ ตามสัดส่วนที่เหมาะสม เมื่อนำไปเผาแล้ว มีความแข็งแกร่ง น้ำและของเหลวไม่สามารถซึมผ่านได้ เนื้อดินมีความละเอียด แข็งแกร่งมีลักษณะเหมือนแก้ว [4,5]

2. ดินขาว

ดินขาวตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม[6] มีการให้นิยามดินขาวสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องดินเผามี ดังนี้

ดินขาว (White Clay) หมายถึงดินขาวเคโอลินหรือดินขาวอิลไลต์

ดินขาวเคโอลิน (White Kaolin หรือChina Clay) หมายถึงดินขาวที่ประกอบด้วยแร่เคโอลิไนต์หรือแร่ฮาลลอยไซต์ (Halloysite) เป็นส่วนใหญ่

ดินขาวอิลไลต์ (White Illite) หมายถึงดินขาวที่ประกอบด้วยแร่อิลไลต์เป็นส่วนใหญ่

แร่เคโอลิไนต์ (Kaolinite) หมายถึงแร่ดิน (Clay Minerals) ประเภท 2 แผ่นคือมีโครงสร้างเป็นชั้นๆแต่ละชั้น(Layer Unit) ประกอบด้วยแผ่นซิลิกาเตตระฮีดรัล (Silica Tetrahedral) 1 แผ่นและแผ่นอะลูมินาออกตะฮีดรัล(Alumina Octahedral) 1 แผ่นประกบกันมีสูตรเคมี คือ

$Al_2O_3 .2SiO_2 . 2H_2O$

แร่ฮาลลอยไซต์ (Halloysite) หมายถึงแร่ดินที่มีโครงสร้างเหมือนกับแร่เคโอลิไนต์แต่ละแผ่นมีโมเลกุลของน้ำแทรกอยู่ระหว่างชั้นมีสูตรเคมี คือ

$Al_2O_3 .2SiO_2 . 4H_2O$

แร่อิลไลต์ (Illite) หมายถึงแร่ดินประเภท 3 แผ่นคือมีโครงสร้างเป็นชั้นๆแต่ละชั้นประกอบด้วยแผ่นซิลิกาเตตระฮีดรัล 2 แผ่นและมีแผ่นอะลูมินาออกตะฮีดรัล 1 แผ่นอยู่ตรงกลางประกบกันและมีโพแทสเซียมเป็นพันธะระหว่างชั้นมีสูตรเคมีคือ

$K\ 1\text{-}1.5\ Al_4[Si_7\text{-}6.5Al1\text{-}1.5O_{20}](OH)_4$

ดินขาวมีอยู่หลายชนิดแตกต่างกันไป ตามแหล่งที่อยู่บนผิวโลกดินขาวส่วนใหญ่เป็นดิน ที่เกิดอยู่ในแหล่งผุพังของหินเดิม (Residual Clay) เป็นดินที่มีขนาดเม็ดหยาบจึงมีความเหนียวน้อย ประกอบด้วยแร่เกาลินไนท์ (Kaolinitte) มากกว่าดินชนิดอื่นๆ ดินขาวมีกระบวนการเกิด(Kaolinization) ดังนี้

$KAlSi_3O_8 + H_2O$----> $HAlSi_3O_8 + KOH$

ปฏิกิริยาไฮโดรไลสิส (Hydrolysis)

$HAlSi_3O_8$ -----> $HAlSiO_4 + 2SiO_2$

ปฏิกิริยาการสลายตัวให้ซิลิกา (Desilication)

$2HAlSiO_4 + H_2O$-----> $(OH)4Al2Si_2O_5$

ปฏิกิริยาการรวมตัวกับน้ำ (Hydration)

$KAlSi_3O_8$ = หินฟันม้าชนิดโปแตช (Potash Feldspar)

$(OH)4Al_2Si_2O_5$ = ดินขาว (Kaolinite)

ดินขาวมีต้นกำเนิด 2 แบบคือ [7,8]

- แหล่งต้นกำเนิด (Residual Deposits) ดินขาวแหล่งนี้ มักพบในลักษณะเป็นภูเขาหรือที่ราบซึ่งเดิมทีเป็นแหล่งแร่หินฟันม้า เมื่อหินฟันม้าผุพังโดยบรรยากาศ (Weathering) ผลสุดท้ายจะเหลือเป็นดินขาวอยู่ ณ ที่นั้น สิ่งสกปรกที่พบเสมอในดินแหล่งนี้ คือ ซิลิกา (Silica) มีสูตรเคมีเป็น SiO_2นอกจากนี้ก็มีหินฟันม้า และ ผลิตผลอื่น ๆที่ยังไม่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากปฏิกิริยายังไม่สมบูรณ์และอาจมีสิ่งสกปรกที่อื่นที่เข้าไปปน

-แหล่งสะสมที่ลุ่ม (Sedimentary Deposit) หมายถึง แหล่งดินขาว ที่เกิดจากดินขาว จากแหล่งแรกถูกกระแสน้ำพัดพาไปและไปสะสมที่บริเวณที่ราบลุ่ม ในประเทศมีแหล่งดินขาวหลายจังหวัด เช่น จังหวัดลำปาง อุตรดิตถ์ ปราจีนบุรี ระนอง สุราษฎร์ธานีนครศรีธรรมราช เป็นต้น ดินขาวที่ขุดขึ้นมา ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ มีอยู่ 3 ชนิดคือ

2.1 ดินขาวที่มีความบริสุทธิ์ และมีความทนไฟสูง สามารถนำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาได้

2.2 ดินขาวอีกชนิดหนึ่ง เป็นเกรดของฟิลเลอร์ที่ใช้ในอุตสาหกรรม กระดาษ ทำสี ยาง ยาฆ่าแมลง ปุ๋ย และอื่นๆ โดยใช้ดินขาวที่มีเนื้อสีขาวบริสุทธิ์ ตามผลวิเคราะห์ทางเคมี แต่ไม่ได้นำไปเผาผ่านความร้อนในกระบวนการผลิต

2.3 ดินขาวที่เป็นดินสอพองซึ่งไม่ใช่ดินขาวแต่เป็นปูนขาว ชอล์ก (Chalk) หรือแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCo_3$) เกิดจากผลึกของหินปูนตามธรรมชาติ ที่มีลักษณะ เป็นผลึกละเอียดสีขาว บางครั้งเป็นสีอมชมพู และน้ำตาลอ่อนซึ่งใช้เป็นเนื้อดินปั้นขึ้นรูปไม่ได้ ใช้ผสมทำปูนซีเมนต์

ดินขาวในแต่ละแหล่งจะมีสารประกอบของธาตุ[9]ต่างกัน เช่น ดินขาวลำปาง มีผลวิเคราะห์ทางเคมีคือ SiO_2 61.5 %, $Al_2O_3$26.0 %, Fe_2O_3 0.7 %, CaO 0.1 %, MgO 0.8 %, TiO_2

0 %, K_2O 4.5 %, Na_2O 0.3 % และ LOI 6.0 % ดินขาวลำปาง [13]มีควอตซ์ปะปนอยู่ในปริมาณมาก แต่เนื่องจากเซริไซต์เป็นตัวที่ช่วยลดจุดสุกตัวประกอบกับความเหนียวในตัวเอง สามารถที่จะเผาดินลำปางให้สุกตัวได้ที่อุณหภูมิประมาณ 1,280 องศาเซลเซียสซึ่งจุดสุกตัวนี้จะมากหรือน้อยขึ้นกับปริมาณของเซริไซต์ในเนื้อดิน[10] ดินขาวจัดเป็นวัตถุดิบที่มีปริมาณเหล็กต่ำ ให้สีขาวและเมื่อเผาแล้วสามารถให้ความโปร่งแสง สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบหลักในการทำปอร์ซเลน โบนไชน่าและใช้ในผลิตภัณฑ์ประเภทเอิร์ทเทนแวร์ เนื่องจากดินขาวโดยทั่วไปจะละเอียดทำให้การหดตัวหลังการเผาสูงและสุกตัวที่อุณหภูมิสูง จึงไม่นิยมใช้ดินขาวล้วน ๆ ในการทำเนื้อดินปั้น[11]

ดินขาวเป็นวัตถุดิบที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในอุตสาหกรรมเซรามิกและอุตสาหกรรมอื่นๆ ได้ดังนี้

1. ใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิก เช่น ถ้วยชาม เครื่องสุขภัณฑ์ เครื่องประดับ
2. ทำผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง เช่น อิฐก่อสร้าง อิฐปูพื้น ท่อระบายน้ำกระเบื้องมุงหลังคา
3. ใช้ทำเป็นเบ้าหลอมในอุตสาหกรรมถลุงเหล็กและหล่อเหล็ก
4. ใช้ทำเครื่องกรองน้ำ (Water Filter)
5. ใช้ทำฉนวนไฟฟ้าในการทำฉนวนไฟฟ้าที่ทนแรงดันไฟฟ้าได้สูง (High-tension Insulator) ทำฉนวนไฟฟ้า (Electrical Porcelain)
6. ใช้ทำเครื่องมือวิทยาศาสตร์ เช่น เบ้าหลอม (Crucible) ผลิตเซรามิกกึ่งตัวนำ (Semi-conducting Ceramic)
7. ใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ โดยเติมลงไปในเยื่อกระดาษทำให้กระดาษมีคุณสมบัติดูดซับน้ำหมึก ช่วยให้ผิวหน้ากระดาษเรียบและมันเป็นเงาสีของกระดาษขาวขึ้น ช่วยเพิ่มน้ำหนักของกระดาษและทำให้กระดาษทึบแสงทำให้ไม่เห็นตัวหนังสือ หรือลายพิมพ์อื่นๆในหน้าตรงข้าม
8. เป็นตัวฟอกสีและตัวเร่งปฏิกิริยา ในอุตสาหกรรมน้ำมันปิโตรเลียม
9. ใช้ในอุตสาหกรรมยาง โดยเติมลงไปในยาง (Rubber Filler) ให้มีความแข็งแรงทนทาน
10. ใช้ผสมลงในของเหลว ที่ใช้ในงานเจาะ (Drilling Fluid) สำรวจน้ำมันปิโตรเลียม
11. ใช้ในอุตสาหกรรมเกษตร เช่น เป็นส่วนผสมของยาฆ่าแมลงและปุ๋ย
12. ใช้ในอุตสาหกรรมพรมน้ำมัน ทอผ้าและพลาสติก
13. ใช้ในอุตสาหกรรมสี โดยใช้ผลิตสีขาว (White Pigment)
14. ใช้ในอุตสาหกรรมทำยารักษาโรค เครื่องสำอางทำฟันปลอม (Dental Porcelain)[12]

3. ดินพื้นบ้าน

แหล่งดินพื้นบ้านในประเทศไทยหลาย ๆ แหล่งมีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาเช่นแหล่งดินด่านเกวียน อำเภอโชคชัย จังหวัดนครราชสีมา แหล่งดินเกาะเกล็ด จังหวัดนนทบุรี แหล่งดินอำเภอสามโคก จังหวัดปทุมธานี แหล่งดินอำเภอป่าโมก จังหวัดอ่างทอง และมีอีกหลายแหล่งที่ยังไม่มาใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา การนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาส่วนใหญ่นำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จำพวก กระถางดินเผา หม้อดินเผา อิฐมอญแจกันประดับตกแต่งสวน จัดเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทเอิร์ทเทนแวร์ เนื้อดินปั้นเอิร์ทเทนแวร์ใช้การเผาในอุณหภูมิไม่สูงมากนัก อุณหภูมิการเผาไม่เกิน 1,190 องศาเซลเซียส (Cone 6)[13] เนื้อดินจะมีความพรุนตัว ดินปั้นที่ใช้ส่วนมากจะใช้ดินเหนียวธรรมดาผสมทรายหรือดินเชื้อบ้าง เพื่อแก้ไขปัญหาการแตกร้าว ดินชนิดนี้เหมาะสำหรับขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน ดินจะมีเปอร์เซนต์ของเหล็กสูงมักจะมีสีแดง สีน้ำตาลอ่อนหรือเข้ม มีความทนไฟไม่สูงมากนัก[14]สารประกอบของดินพื้นบ้านในแต่ละแหล่งจะมีสารประกอบทางเคมีในแหล่งดินที่ต่างกัน ตัวอย่างสารประกอบของดินพื้นบ้านในแต่ละแหล่งดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สารประกอบทางเคมีของดินแหล่งต่าง ๆ

แหล่งดินพื้นบ้าน	ซิลิกา (SiO_2)	อลูมินา (Al_2O_3)	เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O)	ไทเทเนียมออกไซด์ (TiO_2)	แมงกานีสออกไซด์ (MnO)	น้ำหนักสูญเสียเนื่องจากการเผา (LOI)
อ.บางปะหัน จ.พระนครศรีอยุธยา[1]	58.40	29.40	0.20	0.74	0.43	0.10	1.90	ไม่พบ	-	8.50
อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี[14]	52.00	27.30	3.40	1.30	2.00	-	-	-	-	13.90
อ.บางระจัน จ.สิงห์บุรี [15]	70.64	14.51	4.82	0.63	0.48	0.49	1.80	0.80	0.07	5.90

4. การทดสอบคุณสมบัติของเนื้อดินปั้น

การผลิตเครื่องปั้นดินเผาให้มีคุณภาพและคุณสมบัติตามต้องการ จำเป็นต้องมีการทดสอบด้านต่าง ๆไม่ว่าจะเป็นวัตถุดิบเนื้อดินปั้น และเคลือบ ไพจิตร[16] กล่าวว่าการทดสอบวัตถุดิบเป็นหัวใจหลักของการผลิตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ภัณฑ์ที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ เนื่องจากวัตถุดิบในธรรมชาติมีคุณสมบัติที่ไม่คงที่ การทดสอบวัตถุดิบและเนื้อดินปั้นในโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกส์ขนาดใหญ่ถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นและต้องทำการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบใหม่ทุกครั้ง กระบวนการทดสอบจะต้องได้มาตรฐานเดียวกัน

การทดสอบวัตถุดิบจำแนกได้เป็น 3 ประเภทคือ

1.การทดสอบทางกายภาพ(Physical Testing) หมายถึงการพิจารณาลักษณะของวัตถุดิบโดยใช้คุณสมบัติที่สามารถจับต้องได้ วัดได้ง่ายเช่นการใช้สายตาตรวจสอบหรือการใช้ความรู้สึกสัมผัส เป็นต้น

2.การทดสอบทางเคมี(Chemical Testing)ต้องใช้อุปกรณ์ที่มีความซับซ้อนและมีความละเอียดสูงเพื่อที่จะทราบว่าวัตถุดิบนั้นจะมีส่วนประกอบทางเคมีอย่างไรบ้าง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการคำนวณและปรับปรุงคุณภาพของเนื้อดินต่อไป เครื่องมือที่ใช้ทดสอบทางเคมีที่มีความละเอียดสูงคือ X-Ray Flourescence Spectrometer สามารถหาส่วนประกอบทางเคมีได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว

3.การทดสอบทางแร่(Mineral Testing) วัตถุดิบทางเซรามิกส์คือวัตถุดิบทางธรรมชาติที่ประกอบด้วยแร่ธาตุชนิดต่าง ๆ กัน การที่ทราบว่าวัตถุดิบมาจากแหล่งใดนั้น ช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมของวัตถุดิบนั้น ตลอดจนเข้าใจโครงสร้างและเปลี่ยนแปลงของวัตถุดิบเมื่อผ่านการเผาได้ การหาส่วนประกอบทางแร่นั้นใช้เครื่องต่าง ๆ เช่น เครื่อง X – Ray Diffractometerเป็นต้น [11]

การทดสอบคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นมีการทดสอบทางกายภาพและทางเคมี ในการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาจำเป็นต้องมีการทดสอบคุณสมบัติ ดังนี้

การหดตัวก่อนเผา (Drying Shrinkage)

การหดตัวเป็นการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาตร ทำให้มีขนาดเล็กลงโดยเนื้อดินปั้นที่มีการหดตัวมากย่อมเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการแตก การงอ การบิดเบี้ยวได้มากจะเกิดขึ้นได้จากผลิตภัณฑ์ที่แห้ง การเผาดิบและการเคลือบ สาเหตุที่ดินหดตัวเนื่องจากน้ำที่อยู่รอบ ๆ เนื้อดินระเหยออกไป ทำให้เนื้อดินหดตัวเข้ามาติดกัน โดยปกติแล้วดินที่มีความละเอียดและเหนียว ย่อมมีการหดตัวมากกว่าดินหยาบ [17] กล่าวว่าเนื้อดินปั้นมีการหดตัวเมื่อปล่อยให้แห้ง เนื่องจากการสูญเสียน้ำที่ยึดเกาะติดกับอนุภาคของดิน ในขณะที่น้ำระเหยออกไปอนุภาคของดินจะเคลื่อนตัวมาชิดกัน ปริมาตรของดินทั้งหมดจะลดลงการจะหดตัวมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการได้แก่ ปริมาณน้ำและธรรมชาติของดินนั้น ปริมาณน้ำมากการหดตัวมาก ปริมาณน้ำน้อยการหดตัวน้อย ขนาดอนุภาคดิน รูปร่างของอนุภาค โดยทั่วไปเม็ดดินละเอียดจะให้ความเหนียวและการหดตัวที่มากกว่าเม็ดดินที่หยาบ

การคำนวณหาการหดตัวเมื่อแห้งโดยใช้สูตรดังนี้

$$DS = \frac{Lw - Ld}{Lw} X\ 100$$

ให้ DS = ร้อยละของการหดตัวเมื่อแห้ง
Lw = ความยาวของดินเปียก
Ld =ความยาวของดินแห้ง

ความแข็งแรงก่อนเผา (Green Strength)

การทดสอบความแข็งแรงก่อนเผาเป็นการหาความเหนียวและความละเอียดของเนื้อดินในทางอ้อม เนื้อดินมีความละเอียดมากจะมีความแข็งแรงสูง[17]

การทดสอบความแข็งแรงของเนื้อดินมีการคำนวณหาค่าความแข็งแรงได้ดังนี้

$$M = \frac{3PL}{2bd^2}$$

ให้ M = ค่าความแข็งแรงของดิน(กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)
P = แรงที่กดทำให้แท่งทดลองหัก (กิโลกรัม)
L = ระยะห่างของแท่นรองรับชิ้นทดลอง (เซนติเมตร)
b = ความหนาของชิ้นงาน (เซนติเมตร)
d = ความกว้างของชิ้นทดลอง (เซนติเมตร)

การหดตัวของดินหลังเผา (Firing Shrinkage)

แท่งทดลองหรือผลิตภัณฑ์ถูกเผาจะเกิดการหดตัวเรียกการหดตัวหลังเผา มีค่าการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างกว้าง ขึ้นกับองค์ประกอบหลายประการเช่น ชนิดของดินที่ประกอบอยู่ความละเอียดของดินปริมาณสารอินทรีย์ที่ปะปนอยู่ และวิธีการขึ้นรูปแท่งทดลอง หรือผลิตภัณฑ์และอุณหภูมิที่เผา ปกติดินเหนียวหดตัวมากทั้งขณะแห้งและจากการเผามากกว่าดินที่ปราศจากความเหนียว สารอินทรีย์ในดินทำให้ดินหลังเผามีการหดตัวมากขึ้น การหดตัวของดินจะมากขึ้นเมื่อเผาสูงขึ้น และจะหดตัวน้อยลงหรือไม่หดตัวอีกเลยเมื่อเผาถึงจุดหลอมหรือจุดสลายตัว การหดตัวถ้ามีค่ามากเกินไปจะเป็นสาเหตุให้ผลิตภัณฑ์บิดเบี้ยว โค้งงอและแตก[7]

สามารถคำนวณหาการหดตัวภายหลังการเผาโดยใช้สูตร

$$FS = \frac{Lw - Lf}{Lw} X100$$

ให้ FS = ร้อยละของการหดตัวภายหลังเผา
Lw = ความยาวของดินเปียก
Lf = ความยาวของดินที่เผาแล้ว

การดูดซึมน้ำ (Absorption)

การดูดซึมน้ำ หมายถึง ความสามารถที่น้ำจะแทรกเข้าไปในเนื้อวัตถุดิบหลังจากผ่านการเผาแล้ว ตัวเลขนี้ถ้ามีค่ามากแสดงว่าเนื้อวัตถุดิบหลังการเผายังมีความพรุนตัวอยู่มาก แต่ถ้ามีค่าเป็นศูนย์ แสดงว่าเนื้อวัตถุดิบสุกตัวแล้ว[11]

สามารถคำนวณหาปริมาณการดูดซึมน้ำโดยใช้สูตร

$$A = \frac{W - D}{D} x\ 100$$

โดย A = ร้อยละของการดูดซึมน้ำ
W = น้ำหนักดินที่อิ่มตัว
D = น้ำหนักดินที่แห้ง

5. การเผาผลิตภัณฑ์

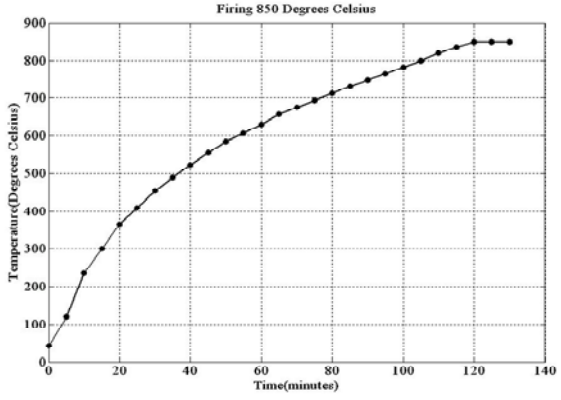
การเผามีขั้นตอนในการเผาเป็นสามระยะคือ[16-18]

5.1 การเผาไหม้สารอินทรีย์ เป็นขั้นตอนที่สำคัญ เพราะการเผาไหม้ไม่หมดหรือปฏิกิริยาในระหว่างการเผาไหม้โดยที่ไม่สามารถควบคุมได้ จะก่อให้เกิดตำหนิชนิดต่าง ๆขึ้นในผลิตภัณฑ์พฤติกรรมการสลายสารอินทรีย์ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของสารเชื่อมประสาน หรือตัวเติมอื่น ๆ ขนาดของผลิตภัณฑ์ ลักษณะการวางชิ้นงานในเตา อัตราการให้ความร้อนและบรรยากาศในการเผา เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ขึ้นอยู่กับระยะทางที่ก๊าซจากปฏิกิริยาจะต้องแพร่ออกจากชิ้นงาน การสลายตัวและระเหยออกของสารอินทรีย์จะทำให้เกิดความดันก๊าซซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราการเกิดก๊าซ ความสามารถในการซึมผ่านได้และขนาดของชิ้นงานดังนั้นการเลือกใช้ตัวเชื่อมประสานและการควบคุมอุณหภูมิและบรรยากาศการเผาไหม้ที่เหมาะสม

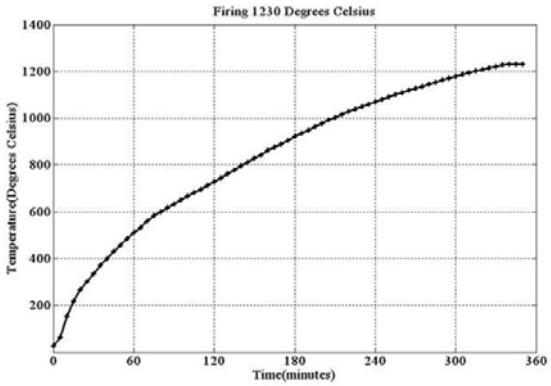
จะทำให้ชิ้นงานไม่เกิดการเสียรูป การบิดเบี้ยว รอยแตกร้าวหรือรูพรุนที่ขยายตัวขึ้น[9]

5.2 การสลายตัวของสารอนินทรีย์ ชิ้นงานที่มีดินเป็นองค์ประกอบน้ำในผลึกดินจะเริ่มสลายออกมาตั้งแต่ 450 - 700 องศาเซลเซียส อะลูมิเนียมไฮเดรตมีการสลายตัวที่ 320 - 560 องศาเซลเซียส ทัลค์มีการสลายตัวที่ 900 – 1,000 องศาเซลเซียส แมกนีเซียมคาร์บอเนตมีการสลายตัวที่ 700 องศาเซลเซียส แมกนีเซียมซัลเฟตมีการสลายตัวที่ 970 องศาเซลเซียส แคลเซียมซัลเฟตมีการสลายตัวที่ 1,050 องศาเซลเซียส นอกจากนี้คาร์บอนที่ยังหลงเหนืออยู่ในชิ้นงาน ถ้าไม่สามารถเผาให้หมดในช่วงแรกหรือมีออกซิเจนไม่เพียงพออาจเกิดเป็นคาร์บอนมอนอกไซด์ทำปฏิกิริยากับธาตุทรานซิชั่นทำให้เกิดตำหนิสีดำในผลิตภัณฑ์

5.3 การเผาผลึก (Sintering) คือการที่ผงอนุภาคผนึกตัวกันเป็นเนื้อเดียวกันและมีความแข็งแรงขึ้นในระหว่างการเผา ผลที่เกิดขึ้นคือการหดตัว และความหนาแน่นมากขึ้น การผนึกอนุภาคมักเริ่มเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงกว่าครึ่งถึงสองในสามของจุดหลอมเหลว เป็นอุณหภูมิที่สูงเพียงพอสำหรับการแพร่อะตอมและถ้าเผาที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นจนเกิดเฟสของเหลวขึ้นจะเกิดการไหลเยิ้ม (Viscous flow) ช่วยให้การเผาผนึกใช้เวลาสั้นลงมาก[19]



รูปที่ 1 แสดงอุณหภูมิและเวลาในการเผาที่อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศออกซิเดชัน[20]



รูปที่ 2 แสดงอุณหภูมิและเวลาในการเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศออกซิเดชัน[20]

6. สรุป

การพัฒนาเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ ด้วยดินขาวและดินพื้นบ้านสามารถจะสร้างผลิตเนื้อดินที่สร้างสร้างชิ้นงานดินเผาที่สวยงามและเป็นเอกลักษณ์ให้กับผู้ผลิตได้ การนำดินพื้นบ้านมาใช้ทำผลิตภัณฑ์ประเภทสโตนแวร์ จำเป็นต้องใช้ดินขาวมาผสมเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นให้เหมาะสมกับการผลิตภัณฑ์ประเภทสโตนแวร์ การทดลองนำดินพื้นบ้านมาขึ้นรูปและเผาในอุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชันพบว่าการนำดินขาวมาผสมลงในส่วนผสมเพื่อช่วยปรับส่วนผสมให้เหมาะสมกับเนื้อดินปั้นประเภทเอิร์ทเทนแวร์และสโตนแวร์สามารถทำได้ ผลิตภัณฑ์ชนิดสโตนแวร์ส่วนผสมที่สามารถนำมาใช้ได้ดีที่สุดคือ ดินพื้นบ้านร้อยละ 35 - 60 ดินขาวลำปางร้อยละ 5 – 30 และทรายร้อยละ1 -20 [14] ผลิตภัณฑ์ชนิดเอิทเทนแวร์ เผาที่อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียสที่มีคุณสมบัติทางกายภาพหลังที่เหมาะสมควรใช้ดินพื้นบ้านร้อยละ 40 - 90 ดินขาวลำปางร้อยละ 5 - 30และทรายร้อยละ1 -20[20]

7. เอกสารอ้างอิง

[1] P. Orapin.Pottery, “Faculty of Architecture”, Chulalongkorn University, Bangkok, 1989.(in Thai)

[2] A. Francis Winger, “Potterycrafts” ,The Compbell Road, London , 1985.

[3] A. Quinn and T. Hudson, “The Ceramics Design Course”, China, 2007.

[4] C. James, “The Potter’s Compete Book of Clay and Glaze”, Watson Guptill Publications, New York,1977.

[5] J.B. Kenny, “The Comolete Book of Potterry Making”, Chilton Book Company, NewYork ,1968.

[6] Industrial standards, “Clay for pottery industry”, Thai Industrial standards institute Ministry of industry, Bangkok, 2004.(in Thai)

[7] P. Parinya, http://www.material.chula.ac.th/RADIO44 /february/radio2-1.htm., 15 May 2010.

[8] R. komon,“ Raw material used in ceramics and bodies”, Phranakorn teacher’ college, Bangkok, 1989. (in Thai)

[9] L. Phaibun,“Copper red glaze for pottery”, Odian Store printing office, Bangkok, 2009.(in Thai)

[10] P. Cosentino, “The encyclopedia of pottery techniques”, Quarto Publishing Plc, London, 1990.

[11] Ceramic Industries Development Center, “General knowledge of ceramics”, Lampang, 2001.(in Thai)

[12] S. Phonyut, “Clay and ballclay”, Department of Mineral resources 3, Chiang Mai, 1995.(in Thai)

[13] S. Felik and S. Sonja, “Industrial Ceramies”, Chemical Publishing , New York, 1978.

[14] K. Surasak, “Ceramic Glazed”, Thaiwatthanaphanit printing Office,Bangkok, 1992.(in Thai)

[15] R. komon, “Kilns research and pottery : Noi river Kiln and conservation art objects province of Sing- Buri”, Phranakorn Institute, Bangkok, 1995. (in Thai)

[16] H .Itabashi, R. Tamura and N. Kawabuchi, “Building your own kiln”, All right reserved, Japan, 2003.

[17] Y. Phaichit, “Ceramic bodies”, Odian store printing Office, Bangkok, 1997.(in Thai)

[18] S. Ayuwat, “Raw material for ceramic”, Odian store printingoffice,Bangkok, 2000.(in Thai)

[19] Y. Phaichit, “Ceramic blame and resolved”, Odian store printing office, Bangkok, 2009.(in Thai)

[20] S. Lerdchai, “Research report: Study and Development Characteristic of clay at Bangban for stone ware pottery”, Phranakhonsi Ayutthaya RajabhatUniversity, 2008.(in Thai)