

ปูนปั้นผสมเซรามิกรีไซเคิลสำหรับงานประติมากรรม¹

received 3 OCT 2023 revised 11 JAN 2024 accepted 24 JAN 2024

ธนอมจิตร ชุ่มวงศ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ภาควิชาประติมากรรม

คณะจิตรกรรมประติมากรรมและภาพพิมพ์

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทคัดย่อ

บทความนี้จะกล่าวถึงการทดลองวัสดุปูนปั้นผสมเศษผงเซรามิก การกำหนดสมมติฐานพัฒนาวัสดุปูนปั้น และวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมการสร้างประติมากรรมในรูปแบบต่าง ๆ และสมบัติเพื่อการอนุรักษ์ศิลปกรรม โดยกระบวนการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ การวิเคราะห์วัสดุ รูปแบบ และขนาดของประติมากรรมปูนปั้น และปูนปลาสเตอร์ที่มีความสำคัญในประวัติศาสตร์ จากการสำรวจเก็บข้อมูลประติมากรรมปูนปั้นโบราณวัตถุ และศิลปวัตถุ ขั้นตอนที่ 2 การทดลองผสมวัสดุปูนปั้นกับเศษผงเซรามิกทดแทนทรายบางส่วนตามสัดส่วนปูนปั้นโบราณ รวม 8 สูตร จากนั้นทำการทดสอบทางกล การหดตัว ความแข็งแรงของพื้นผิว และทดสอบทางรูปทรง และขั้นตอนที่ 3 ทำการทดสอบผลการทดลอง หรือทดสอบสมมติฐานโดยการนำปูนปั้นจากผลการทดลองมาใช้สร้างงานประติมากรรมแบบไทยดั้งเดิม และแบบร่วมสมัย โดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปด้วยมือ และการหล่อโดยแม่พิมพ์ยาง

คำสำคัญ: ประติมากรรม, วัสดุศิลปะรีไซเคิล, ปูนปั้น

¹บทความวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายงานวิจัย เรื่อง “การอนุรักษ์และพัฒนา สร้างศิลปกรรมจากองค์ความรู้พื้นฐานช่างไทยโบราณ วัสดุทรัพยากรธรรมชาติท้องถิ่น และเศษวัสดุเหลือใช้ ดันทุนวัฒนธรรมเมืองราชบุรี เพื่อความเข้มแข็งในชุมชน” ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) ประจำปีงบประมาณ ค.ศ. 2022 ปีที่ดำเนินการเสร็จ ค.ศ. 2023

Recycled Ceramic Mixed Stucco for Sculpture¹

Thanomchit Chumwong

Assistant Professor

Department of Sculpture,

Faculty of Painting Sculpture and Graphic Art,

Silpakorn University

Abstract

This article describes an experiment with stucco materials mixed with ceramic powder. Formulating hypotheses for developing stucco materials and the purpose of efficiency in creating sculptures in various forms and treasures for art conservation the research process is divided into 3 steps: analyzing the materials, forms, and sizes of stucco and plaster sculptures that are important in history, from surveys, collecting data on stucco sculptures, antiques, and art objects. Step 2: Experimenting with mixing stucco materials with ceramic powder waste in partial replacement of sand in proportion to ancient stucco, totaling 8 formulas. Then mechanical tests, shrinkage, and surface hardness were tested. and test the shape and step 3, test the experimental results or test the hypothesis by using stucco from the experimental results to create traditional Thai sculptures. and contemporary Using hand-forming techniques and casting by rubber molds

Keywords: Sculpture, Recycled art objects, Stucco

¹This research article is part of a research report. Subject: "Conservation and development Create art from basic knowledge of ancient Thai craftsmanship. local natural resource materials and leftover materials Cost of culture in Ratchaburi For strength in the community" received a research grant from the Office of the Science Promotion Board. Research and Innovation (NRCT), Science Promotion Fund Research and Innovation (NRCT), fiscal year 2022, year of completion 2023

บทนำ

วัสดุส่วนผสมหลักของปูนปั้น (Stucco) มาจากหินปูน (Limestone) หรือปูนขาว (Lime) หรือปูนปลาสเตอร์ (Plaster) มีส่วนผสมของทราย (Sand) ซิลิกา (Silica) เพื่อต้องการให้เกิดความแข็งแรงทนทาน แต่หากนำเซรามิกพอร์ซเลน (Ceramic Porcelain) ที่เป็นวัสดุที่มีสมบัติแข็งแรงทนทาน ไม่มีการหดตัวทอนอุณหภูมิสูง (Carbajal et al., 2007) มาเป็นส่วนผสมของปูนปั้น เพื่อต้องการให้ปูนปั้นมีความแข็งแรง ทนทาน และมีการหดตัวลดน้อยลง เป็นแนวคิดที่คาดหวังความเป็นไปได้ของการวิจัยการพัฒนาปูนปั้นเพื่อสร้างประติมากรรมในรูปแบบของศิลปกรรมไทยประเพณี และร่วมสมัย

วิเคราะห์จากข้อมูลศิลปะวัตถุสมัยทวารวดี การทบทวนบทความวิเคราะห์องค์ประกอบทางเทคนิคการปั้น พระเศียรพระพุทธรูปคันธาระ และการวิเคราะห์รูปแบบผ่านทางทัศนธาตุ (Visual Elements) ที่สร้างความเข้าใจ และสามารถแยกแยะรูปแบบ การใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เช่น แวนชยาย เครื่องวัดความแข็งแรงแบบดิจิตอล Durometer Shore D (Corp, 2023) และเครื่องมือ DIGITAL CALIPER ใช้กำหนดขนาดของปูนปั้นตัวอย่าง ทดลองเพื่อหาขนาดความยาวที่เปลี่ยนแปลง ก่อนและภายหลังที่เนื้อปูนแห้งหรือแข็งตัว (Gage, 2007) เป็นเครื่องมือที่ช่วยพิสูจน์ให้เกิดความชัดเจนของสาเหตุ เพื่อการพัฒนาการสร้างสรรค์ศิลปกรรม โดยมุ่งเน้นเพื่อการพัฒนาส่วนผสมของวัสดุปูนปั้น ที่มีส่วนผสมหลักจากปูนขาวจากหินปูน เซรามิกและพอร์ซเลน

ในบทความของ Webb (2016) เรื่อง “Lime: A Civilized Plaster” ได้อธิบายว่าปูนขาวเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติเด่นในด้านความยืดหยุ่น (Flexibility) และการหายใจได้ของเนื้อปูน (Breathability) ซึ่งช่วยให้การระเหยความชื้นเป็นไปอย่างสมดุล จึงลดโอกาสการแตกร้าวและการเสื่อมสภาพของผิวงานในระยะยาว วัสดุปูนขาวยังมีเนื้อเนียนละเอียด สามารถขัดแต่งและขึ้นรูปได้ง่าย เหมาะกับการสร้างพื้นผิวที่ต้องการความเรียบหรือรายละเอียดเชิงศิลปะสูง นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติการยึดเกาะที่ดีเยี่ยมกับวัสดุธรรมชาติ เช่น อิฐ หิน และไม้ จึงนิยมใช้ในงานสถาปัตยกรรมดั้งเดิมและงานอนุรักษ์ รวมถึงการสร้างผลงานประติมากรรมที่ต้องการผิวสัมผัสละเอียดและคงทนต่อสภาพแวดล้อม ปูนขาวยังเป็นวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ผ่านกระบวนการคาร์บอนชั่น ทำให้เป็นวัสดุที่ทั้งงดงามและยั่งยืนในงานศิลปกรรมและสถาปัตยกรรม

ผลงานประติมากรรมจากโบราณสถาน

ประติมากรรมปูนปั้นในยุคสมัยทวารวดี เขตจังหวัดราชบุรี เป็นวัตถุสำคัญที่แสดงวิวัฒนาการของประเทศไทยมาแต่โบราณ ปัจจุบันที่ยังคงหลงเหลือให้เห็นภายในถ้ำในบริเวณอุทยานหินเขางู ภาพพระพุทธรูปปูนปั้นที่มีความสวยงามคงทนแข็งแรง หากจะมีบางส่วนที่แสดงให้เห็นว่ามีการปั้นทับองค์เดิมอาจจะในสมัยอยุธยา โดยเฉพาะในผนังถ้ำจัน ด้านทิศใต้และผนังด้านทิศตะวันออกเป็นภาพปูนปั้นรูปบุคคลี่ซ้อนกันและผนังทิศตะวันตกเป็นภาพพระพุทธรูปปางไสยาสน์ ด้านหลังเป็นลวดลายปูนปั้นรูปต้นสาละ และถ้ำฝ่าโงเป็นภาพเทพชุมนุม ภาพต้นไม้ และอีกหลายผนังจะคงหลงเหลือเพียงร่องรอย และประติมากรรมปูนปั้นอีกจำนวนมากที่จัดเก็บแสดงในพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ จังหวัดราชบุรี จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และกรุงเทพมหานคร (Office of

Archaeology and National Museums No. 1, Ratchaburi Office of Archaeology and National Museums, 2001) และที่น่าสนใจประติมากรรมเศียรพระพุทธรูปของสมัยมอญ-ทวารวดี คือ เนื้อปูนปั้นมีสภาพที่สมบูรณ์และประณีต มีรูปทรงเส้นรอบนอกเคลื่อนไหวสวยงาม และพื้นผิวละเอียดอ่อนของระนาบที่ประกอบเป็นใบหน้าเป็นลักษณะเฉพาะรูปแบบศิลปะทวารวดี และด้วยวัสดุปูนปั้นนี้ได้บ่งบอกว่าเดิมที่เป็นส่วนหนึ่งของการตกแต่งโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมโบราณ (Themet, 2000)



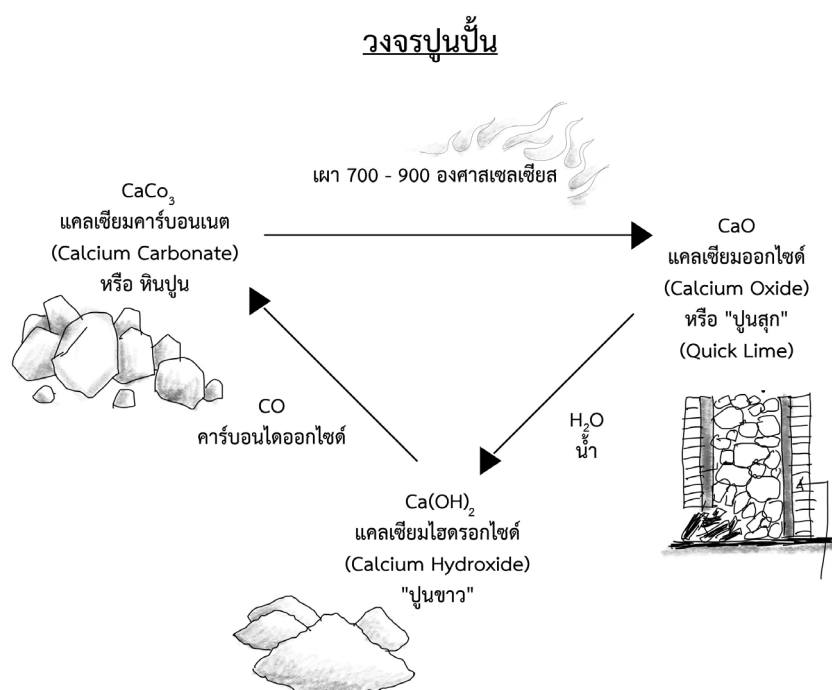
ภาพที่ 1 ประติมากรรมประติมากรรม มีความละเอียดพื้นผิว (ซ้าย)
ความแตกต่างปูนปั้นระหว่างของเดิม และส่วนซ่อมแซม (กลาง)
ประติมากรรมปูนปั้นส่วนประกอบด้านขวาของซุ้มประตู (ขวา)
Note: From © Thanomchit Chumwong 05/01/2022

ประติมากรรมปูนปั้นเป็นส่วนประกอบของซุ้มประตูรูปแบบศิลปกรรมจีน มีการเขียนสีทับบนลวดลาย ลักษณะภาพเป็นรูปบุคคลสวมชุดและเครื่องประดับที่เป็นองค์ประกอบทางศิลปกรรมที่ละเอียดอ่อน จุดเด่นสำคัญคือพื้นผิวมีความเรียบเนียน หารายละเอียดของรูปทรงครบถ้วนชัดเจนจากการสังเกตด้วยตาเปล่า โดยเฉพาะส่วนใบหน้าที่มีอวัยวะครบถ้วน แสดงถึงคุณภาพของวัสดุและความประณีตของกระบวนการขึ้นรูปซึ่งสะท้อนทักษะเชิงช่างได้อย่างชัดเจน วัสดุปูนปั้นดังกล่าวมีคุณสมบัติในการสร้างรูปทรงขนาดเล็กได้ดี อย่างไรก็ตาม จากการตรวจสอบด้วยสายตาพบว่ามีส่วนได้รับการซ่อมแซมเพิ่มเติม ซึ่งลักษณะพื้นผิวของปูนปั้นใหม่ (ส่วนซ่อมแซม) ไม่สอดคล้องกับพื้นผิวเดิมของประติมากรรมอย่างสมบูรณ์ (ภาพที่ 1 (กลาง))

เพื่อยืนยันข้อสังเกตเบื้องต้นและศึกษาความแตกต่างของวัสดุระหว่างส่วนเดิมและส่วนซ่อมแซม จึงได้วิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุในเนื้อปูนปั้นด้วยเครื่องมือ X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เชิงไม่รุกราน (Non-Invasive Analysis) ที่ช่วยระบุองค์ประกอบของสารเคมีและธาตุแร่ในวัสดุศิลปกรรมได้โดยไม่ต้องเก็บตัวอย่างจากชิ้นงาน (ภาพที่ 1) ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ X-ray Fluorescence (XRF) พบพีคหลักของ Ca, Si และ S ซึ่งบ่งชี้ว่าปูนปั้นมีองค์ประกอบหลักเป็นปูนขาว (CaCO_3) ผสมทราย (SiO_2) และยิปซัม ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) สอดคล้องกับสูตรปูนปั้นเมืองเพชรบุรีที่ใช้ปูนขาวและทรายละเอียดเป็นวัสดุหลัก (Srapphoem, 2016)

บทความงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เทคนิคการวิเคราะห์แบบไม่รุกราน (Non-Invasive Methods) โดยเฉพาะเครื่องมือ X-ray Fluorescence (XRF) เป็นเทคโนโลยีสำคัญในงานอนุรักษ์ศิลปกรรม เนื่องจากสามารถตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุได้โดยไม่ต้องเก็บตัวอย่างหรือทำลายพื้นผิว (Spoto et al., 2022) การใช้ XRF กับงานปูนปั้นช่วยระบุธาตุหลัก เช่น Ca, Si และ S ซึ่งสะท้อนสูตรส่วนผสมและการซ่อมแซมภายหลังได้อย่างแม่นยำ ทั้งนี้ Giovanni Verri ได้นำเทคนิคดังกล่าวร่วมกับการถ่ายภาพรังสีมาใช้ตรวจสอบ เศียรพระพุทธรูปปูนปั้นศิลปะคันธาระ ที่พิพิธภัณฑ์วิกตอเรียและอัลเบิร์ต พบส่วนผสมของปูนขาวและยิปซัมในโครงสร้าง และร่องรอยเม็ดสีแดงสดที่ใช้ตกแต่งพื้นผิวดั้งเดิมของผลงาน (Verri, 2019)



ภาพที่ 2 วงจรของปูนปั้น จากหินปูน ปูนสุก ไปสู่ปูนขาว
Note: From © Thanomchit Chumwong 02/02/2022

จากภาพที่ 2 ได้แสดงวงจรของปูนขาวซึ่งเป็นวัสดุหลักสำหรับการปั้นประติมากรรมปูนปั้น (Stucco) ดังที่มีให้เห็นในผลงานประติมากรรมประดับอาคารและวัสดุสร้างสถาปัตยกรรมโบราณ และจากแผนภาพข้างต้น แสดงให้เห็นวงจรของวัสดุที่มีการเปลี่ยนแปลงด้วยอิทธิพลการเกิดปฏิกิริยากับสิ่งรอบข้างทำให้โครงสร้างทางกายภาพเปลี่ยนแปลงทางกลจากการจัดการ “ปูนปั้น” ของช่างปั้น

ผลงานประติมากรรมของ Henry Moore ศิลปกรรมในยุคหลังสงครามโลกที่ 2 ถูกสร้างขึ้นด้วยวัสดุปูนปลาสเตอร์ ซึ่งเป็นวัสดุสะดวกสำหรับการสร้างประติมากรรม และเป็นวัสดุที่ใช้บันทึกแต่งสถาปัตยกรรมในยุคนั้น ด้วยคุณสมบัติ ปลาสเตอร์เผยให้เห็นความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการทำงานของศิลปินมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้สื่อนี้เพื่อแปลง วัตถุที่ศิลปินพบเห็น (Transform Found Objects) ได้แก่ กระดูกโครงสร้างของมนุษย์ให้เป็นรูปเป็นร่างโดยตรง (Feldman, 2015)

มีงานวิจัยที่ศึกษาการใช้ยิปซัมในงานศิลปะปูนปั้นของช่างชาวติซิโน (Ticinese) ในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 16–17 พบว่า ปริมาณการใช้ยิปซัมมีความแตกต่างกันอย่างมาก ขึ้นอยู่กับเทคนิคและความต้องการของช่างปูนแต่ละคน โดยยิปซัมมักถูกใช้เป็น ส่วนผสมในชั้นฐานแรก (Base Layer) เพื่อให้ได้คุณสมบัติของพื้นผิวและรูปแบบการ ขึ้นรูปที่สอดคล้องกับผลลัพธ์ทางศิลปะที่ศิลปินต้องการ (Caroselli et al., 2019)

การนำหินดินดานดินเผาของเช็ก (Burnt Czech Clay Shale) ที่เผาไหม้ซึ่งมีความละเอียดของเกรน (Grain) ถูกนำมาใช้เป็นพอซโซลานใหม่ที่เติมลงในปูนขาว ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าปูนขาว-พอซโซลานมอร์ตาร์ใหม่ มีคุณสมบัติทางกลที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญและต้านทานการเย็นแข็งตัวได้ดีกว่า คุณสมบัติทางกล การแตกหัก ความชื้น และความร้อนจะเทียบเท่าหรือดีกว่า ดังนั้นหินดินดานจากดินเผาของเช็กที่เผาแล้วมีศักยภาพที่ดีที่จะ นำไปใช้ในปูนขาว-พอซโซลานเพื่อปรับปรุงหรือซ่อมแซมอาคารประวัติศาสตร์ (Vejmelková et al., 2012)

นิยามของคำศัพท์ในงานวิจัย

1. เซรามิกและพอร์ซเลน ทั้งสองอย่างทำมาจากดินเหนียว แต่กระเบื้องเซรามิกมีทรายผสมอยู่ด้วย กระเบื้อง พอร์ซเลนมักจะทำด้วยดินเหนียวที่มีความหนาแน่นมากกว่าเซรามิก กระบวนการเผาด้วยความร้อนเป็นเวลานาน จึงทำให้มีความแข็งแรงและเปราะบางมากกว่าเซรามิก และทั้งสองชนิดอยู่ในลักษณะของใช้ในครัวเรือนทั่วไป เช่น ของตกแต่งบ้าน แจกัน ชุดจานชาม และโถสุขภัณฑ์ (Bennett, 2015) ลักษณะสำคัญของพอร์ซเลนและเซรามิก ทนไฟจากอุณหภูมิการเผาสูง และมีผลความหนาแน่นและความแข็งแรงสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเซรามิกที่ถูก เผาที่อุณหภูมิต่ำ

2. คำว่า ปูนปลาสเตอร์ ปูนฉาบ และปูนปั้น (Plaster, Stucco and Stuccoes) เป็นคำศัพท์ทางเทคนิคที่ใช้เพื่อ สื่อความหมายเฉพาะเมื่อกล่าวถึงงานฉาบและตกแต่งพื้นผิวในประวัติศาสตร์สถาปัตยกรรม โดยทั่วไป “ปูนปลาสเตอร์” หมายถึงวัสดุที่ใช้สำหรับการฉาบตกแต่งพื้นผิว แต่ในทางอนุรักษ์จำเป็นต้องระบุคุณสมบัติให้ ชัดเจนว่าเป็น ปูนขาว (lime plaster) หรือ ปูนยิปซัม (gypsum plaster) ซึ่งมีคุณสมบัติและจุดประสงค์การใช้ งานแตกต่างกัน ส่วนคำว่า ปูนปั้น (Stucco) มักใช้หมายถึงวัสดุผสมที่นำปูนปลาสเตอร์มาดัดแปลงเพื่อสร้าง ลวดลายหรืองานตกแต่งแบบนูนต่ำและนูนสูง ในแต่ละประเทศและยุคสมัย คำเหล่านี้ถูกใช้ในบริบทต่างกัน ทำให้ การแปลความหมายหรือการกำหนดขอบเขตวัสดุในทางเทคนิคมักเกิดความคลาดเคลื่อน

บทความของ Gapper and Orton (2011) ได้อธิบายว่าความกำกวมนี้เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ทั้งช่างอนุรักษ์และนักประวัติศาสตร์สถาปัตยกรรมประสบปัญหาในการใช้คำศัพท์ให้สื่อความหมายตรงกัน เนื่องจากคำว่า “ปูนปลาสเตอร์” ในบางกรณีหมายถึงวัสดุปูนขาว ในขณะที่คำว่า “ปูนปั้น” อาจใช้แทนงานฉาบตกแต่งทุกชนิด ทั้งแบบนูนต่ำ นูนสูง หรือแม้แต่งานปูนฉาบภายในและภายนอกอาคาร ดังนั้น การทำความเข้าใจวิวัฒนาการของคำศัพท์เหล่านี้จึงมีความสำคัญ เพื่อให้การบันทึกข้อมูลและการอนุรักษ์วัสดุปูนในสถาปัตยกรรมโบราณเป็นไปอย่างถูกต้องและสอดคล้องกับบริบททางประวัติศาสตร์

3. การรีไซเคิลวัสดุเซรามิกเป็นแนวทางสำคัญในการจัดการของเสียและอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม โดยมีการนำเศษวัสดุเซรามิกกลับมาใช้ใหม่เพื่อลดการฝังกลบและลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ วัสดุเซรามิกมีคุณสมบัติทนทาน แข็งแรง และเหมาะสมต่อการใช้ซ้ำในงานก่อสร้างหรือผลิตภัณฑ์ใหม่ งานของ Arias Ocampo and González (2023) เสนอทางเลือกในการใช้เศษเซรามิกเป็นวัสดุทดแทนเพื่อเพิ่มคุณค่าของของเสีย ขณะที่ Elemam et al. (2023) แสดงให้เห็นว่าการใช้เศษเซรามิกแทนทรายหรือซีเมนต์ในคอนกรีตสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเพิ่มความยั่งยืนของวัสดุได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์รูปแบบ เทคนิค ประติมากรรมปูนปั้นโบราณ
2. เพื่อพัฒนาวัสดุปูนปั้น สร้างประติมากรรมร่วมสมัย และการอนุรักษ์ประติมากรรมปูนปั้น
3. เพื่อนำเซรามิกขยะที่เป็นส่วนผสมของปูนปั้นมาเพิ่มสมบัติที่เหมาะสมกับการสร้างประติมากรรม

ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาวเคราะห์เชิงเปรียบเทียบ รูปแบบ เทคนิควิธีการ และวัสดุในผลงานประติมากรรมปูนปั้นโบราณสมัยทวารวดี และร่วมสมัยเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง และนำผลการวิเคราะห์มาเป็นแนวทางในการพัฒนาด้วยวิธีการทดลองเชิงวิทยาศาสตร์ และทดสอบการสร้างศิลปกรรมเป็นต้นแบบ (Prototype) จากวัสดุประติมากรรมที่มีส่วนผสมเศษวัสดุเซรามิก “รีไซเคิล” ที่เหมาะสมกับการนำไปเป็นรูปทรงทางศิลปกรรมรูปแบบไทยประเพณี และรูปแบบร่วมสมัย โดยคำนึงคุณสมบัติวัสดุปูนปั้นที่สอดคล้องกับวิธีการสร้างหรือการปั้นขึ้นรูปตามลักษณะของรูปทรงประติมากรรม เช่น ลักษณะรูปทรงเหลี่ยม รูปทรงอิสระ เป็นต้น

วัสดุและการทดลอง

ปูนขาว (Lime) หรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เป็นวัสดุหลักในปริมาณส่วนผสมร้อยละ 50 ของสัดส่วนปูนปั้น วัสดุชนิดที่ 2 คือทรายละเอียด โดยเป็นส่วนประกอบที่สร้างความแข็งแรงและลดการหดตัวของปูนขาว และวัสดุชนิดที่ 3 สำหรับสร้างกาว ได้แก่ หนังสัตว์ น้ำตาลแดง น้ำตาลโตนด รวมวัสดุใยพืช และวัสดุรีไซเคิล ได้แก่ เศษผงขยะเซรามิก ผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ (Stoneware) พอร์ซเลน (Porcelain) โดยมีรายละเอียดการเตรียมการดังนี้

1. การเตรียมวัสดุส่วนผสมของปูนปั้น จำนวน 5 รายการ โดยมีรายละเอียดขั้นตอน ดังนี้

1.1 การเตรียมปูนขาว แช่น้ำเป็นระยะเวลา 1 เดือน เปลี่ยนน้ำทุกสัปดาห์ แล้วตากแดดให้แห้ง บดด้วยครกหิน และร่อนตะแกรงความละเอียด 60 mesh ดังตารางที่ 1 (4.1.1 A, B และ C)

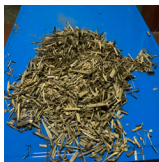
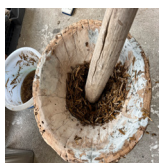
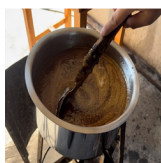
1.2 การเตรียมทรายละเอียดด้วยการล้างให้สะอาด ตากแดดให้แห้ง และร่อนตะแกรงความละเอียด 60 mesh ดังตารางที่ 1 (4.1.2 A, B และ C)

1.3 การเตรียมผงเซรามิก โดยตำด้วยครกหินแล้วร่อนตะแกรงความละเอียด 250 mesh ดังตารางที่ 1 (4.1.3 A, B และ C)

1.4 การเตรียมใยพืช นำใบกล้วยแห้งหั่นความยาว 1 เซนติเมตร แช่น้ำสะอาดเป็นระยะเวลาไม่ต่ำกว่า 24 ชั่วโมง ตำและบดให้ละเอียด แล้วตากให้แห้ง ดังตารางที่ 1 (4.1.4 A, B และ C)

1.5 การเตรียมกาว นำส่วนผสมประกอบด้วย หนังสัตว์ น้ำอ้อย และน้ำตาลโตนด ชั่งตามสัดส่วน 3:1:1 แล้วทำการเคี่ยวด้วยไฟอ่อน ให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ดังตารางที่ 1 (4.1.5 A, B และ C)

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการเตรียมวัสดุส่วนผสมปูนปั้น

	4.1.1 ปูนขาว	4.1.2 ทรายละเอียด	4.1.3 ผงเซรามิก	4.1.4 ใยพืช	4.1.5 กาว
1	 (4.1.1 A)	 (4.1.2 A)	 (4.1.3 A)	 (4.1.4 A)	 (4.1.5 A)
2	 (4.1.1 B)	 (4.1.2 B)	 (4.1.3 B)	 (4.1.4 B)	 (4.1.5 B)
3	 (4.1.1 C)	 (4.1.2 C)	 (4.1.3 C)	 (4.1.4 C)	 (4.1.5 C)

Note: From © Thanomchit Chumwong 20/03/2022

2. ขั้นตอนการตำปูนปั้น โดยทุกสูตรมีขั้นตอนเช่นเดียวกับปูนปั้น ดังนี้

2.1. ชั่งน้ำหนักวัสดุส่วนผสม ปูนขาว ททราย เศษผงเซรามิก ไยวัชพืช และกาว โดยชั่งส่วนผสมตามปริมาณสัดส่วนของแต่ละสูตรที่กำหนด

2.2 นำส่วนผสม ปูนขาว ททราย ผงเซรามิก และไยวัชพืช ลงในครกและทำการคนให้ทั่วเสมอกัน

2.3 เทกาว (สารยึดเกาะ) เทให้ทั่วถึงเนื้อผงปูนปั้น ทำการคนคลุกเคล้าก่อนทำการตำ

2.4 การตำปูนให้ทั่วเสมอกัน โดยทำการพลิกกลับด้านในขณะตำ เหมือนการบด

2.5 ทำการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันของปูนปั้น ด้วยการปั้นเป็นก้อน หากปูนยังคงมีลักษณะร่วนซุย ให้เติมน้ำเปล่าพอให้ชุ่มเสมอแล้วตำบด พลิกกลับด้านและนำขึ้นนวดทดสอบ ทำซ้ำ ๆ จนมีความเหนียวของปูนปั้นที่สามารถปั้นเป็นก้อน

2.6 การจัดเก็บปูนปั้นที่ได้ด้วยบรรจุในถุงพลาสติกแล้วนำเก็บในถัง เพื่อไม่ทำให้ปูนแข็งตัวเร็ว



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการตำปูนปั้น

Note: From © Thanomchit Chumwong 21/11/2022

3. การกำหนดสัดส่วนปูนปั้น

การกำหนดสัดส่วนของวัสดุส่วนผสมโดยเทียบเคียงจากสูตรช่างไทยโบราณ คิดเป็นสัดส่วนอัตราร้อยละ ซึ่งประกอบด้วย ปูนขาวร้อยละ 50 ทรายร้อยละ 25 ไยร้อยละ 5 และกาวร้อยละ 20 (Sammawutthi, 2002) และในการทดลองได้ปรับเป็นอัตราส่วนร้อยละ 50:26:4:20 ด้วยการเพิ่มสัดส่วนของทรายเป็นอัตราร้อยละ 26 เพื่อการปรุงแต่ง (Customization) ส่วนผสมจากผงเซรามิกทดแทนสัดส่วนของทราย เริ่มจากอัตราร้อยละ 24 และเพิ่มหรือลดแต่ละสูตรร้อยละ 8 หรือเทียบสัดส่วนต่อปูนขาวเริ่มจากร้อยละ 12 และเพิ่มครั้งละ 4 ตามลำดับ จากนั้นปรับไยวัชพืชลดลงคงเหลือร้อยละ 4 และส่วนผสมของกาวอัตราร้อยละ 20 ดังแสดงรายละเอียดสัดส่วนผสมที่แตกต่างกันในจำนวน 8 สูตร (ตารางที่ 2) และเลือกสูตร 3 และ 6 เพื่อทำการทดสอบสร้างประติมากรรม

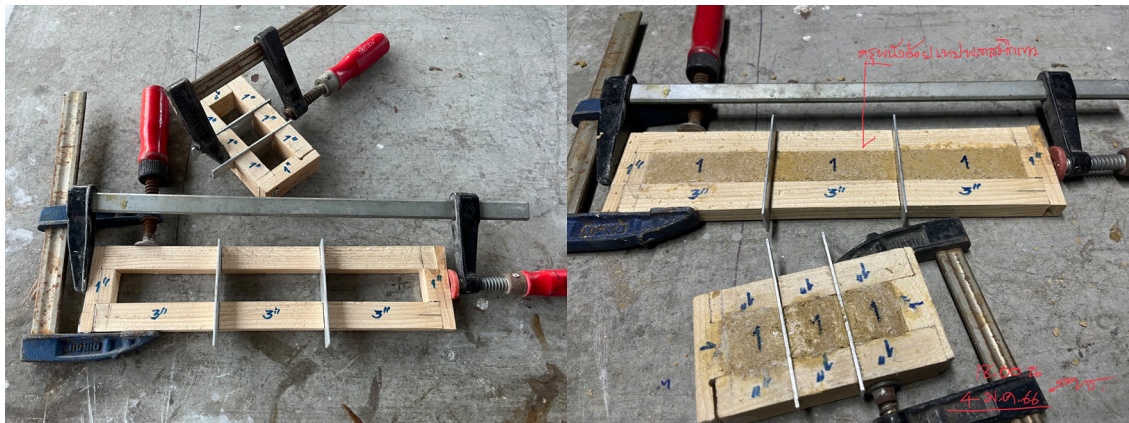
ตารางที่ 2 แสดงอัตราส่วนผสมผงเซรามิกบดละเอียดตัวอย่างการวิจัย

สูตรที่	ปูนขาว (กรัม)	ทราย ละเอียด ตะแกรง No.60 (กรัม)	เศษผง เซรามิก ตะแกรง No.200 (กรัม)	ไยวัชพืช (กรัม)	กาว หนังสัตว์ + น้ำตาล โตนด + น้ำตาล แดง (กรัม)	ทราย ละเอียด ต่อปูน ขาว (ร้อยละ)	เศษผง เซรามิก ต่อทราย ละเอียด (ร้อยละ)	เศษผง เซรามิก ต่อปูน ขาว (ร้อยละ)
สูตร โบราณ	500	250	-	50	200	50	-	-
1	500	200	60	40	200	40	24	12
2	500	180	80	40	200	36	32	16
3*	500	160	100	40	200	32	40	20
4	500	140	120	50	200	28	48	24
5	500	120	140	50	200	24	56	28
6*	500	100	160	50	200	20	64	32
7	500	80	180	50	200	16	72	36
8	500	60	200	50	200	12	80	40

Note: From © Thanomchit Chumwong 15/03/2022

การทดสอบสมบัติ

การทดสอบสมบัติโดยการนำปูนปั้นแต่ละสูตร สร้างเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม 2 ลักษณะ คือลูกบาศก์นิ้ว และแผ่นผ้า ขนาด $1 \times 3 \times \frac{1}{2}$ นิ้ว ด้วยวิธีปั้นขึ้นรูปแล้วนำอัดลงแม่พิมพ์ไม้ตามขนาดที่กำหนด (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ปั้นขึ้นรูปเหลี่ยมลูกบาศก์นิ้ว และแผ่นผ้า 1×3 หนา $\frac{1}{2}$ นิ้ว ตัวอย่างทดสอบสมบัติ

Note: From © Thanomchit Chumwong 04/01/2023

ตัวอย่างปูนปั้นจำนวน 8 สูตร แสดงการขึ้นรูปในสองลักษณะ ได้แก่ รูปทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ ขนาด $1 \times 1 \times 1$ นิ้ว และรูปทรงแผ่นผ้า ขนาด $1 \times 3 \times \frac{1}{2}$ นิ้ว เพื่อใช้ในการทดสอบสมบัติทางกายภาพของวัสดุปูนปั้น โดยเฉพาะ การหดตัวและความแข็งแรงของพื้นผิว ซึ่งรูปทรงทั้งสองมีลักษณะและขนาดแตกต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมของการหดตัวในมิติและปริมาตรที่ต่างกันหลังการอบแห้ง ทั้งนี้ ตัวอย่างในแต่ละสูตรถูกเตรียมขึ้นภายใต้สัดส่วนผสมที่แตกต่างกันเพื่อศึกษาผลขององค์ประกอบ เช่น ปูนขาว หินยละเอียด และผงเซรามิกบดละเอียดที่มีต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุ (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 ตัวอย่างปูนปั้น จำนวน 8 สูตร

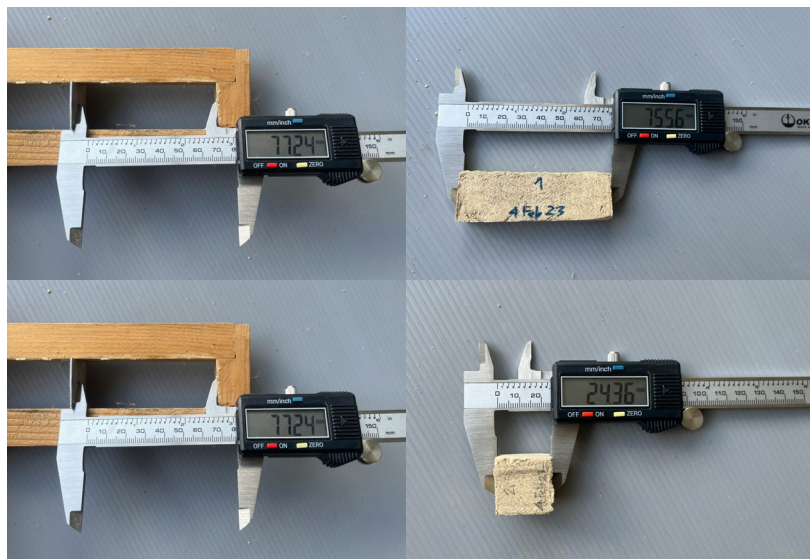
รูปทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ $1 \times 1 \times 1$ นิ้ว และแผ่นผ้า $1 \times 3 \times \frac{1}{2}$ นิ้ว จำนวน 8 สูตร

Note: From © Thanomchit Chumwong 20/03/2023

การสร้างตัวอย่างด้วยวิธีการปั้นปูนรูปทรงเหลี่ยมด้วยนำปูนที่ตำของแต่ละสูตรที่กำหนดจาก 8 สูตร โดยแต่ละสูตรได้ทดลองสร้างชิ้นงานตัวอย่างจำนวน 3 ชิ้น หลังจากระยะเวลาประมาณ 3-5 วัน จึงแกะชิ้นงานตัวอย่าง และหลังจากระยะเวลาประมาณ 45 วันทำการทดสอบสมบัติ ซึ่งประกอบด้วย 2 สมบัติ ได้แก่ 1) การหดแหว่ง และ 2) ความแข็งพื้นผิวเรียบเนียน โดยมีขั้นตอนและวิธีการทดสอบ ตามรายการ ดังนี้

1. การหดตัว (รอยแยก) ด้วยเครื่องวัดทดสอบขนาดความยาว DIGITAL CALIPER (ภาพที่ 6) และกำหนด การทดสอบผลต่างค่าการหดตัวร้อยละ คือ

$$\frac{\text{ผลต่างความยาวหลัง (ระยะเวลาประมาณ 15 วัน)} \times 100}{\text{ความยาวจากการอัดลงแม่พิมพ์}}$$



ภาพที่ 6 การตรวจวัดความยาว หนาของปูนปั้น ก่อนและหลังระยะเวลา 45 วัน ด้วย DIGITAL CALIPER

Note: From © Thanomchit Chumwong 02/03/2023

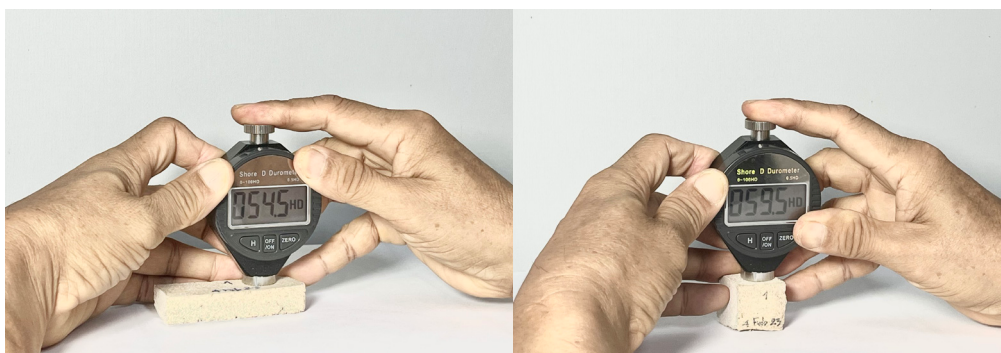
ผลที่ได้จากการทดสอบสมบัติมีค่าการหดตัวคิดเป็นร้อยละลดลงตามลำดับของแต่ละสูตรที่เพิ่มปริมาณผงเซรามิก จากสูตรโบราณมีการหดตัวจากความยาว 76.34 ลดลง 75.45 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ -1.17 ซึ่งมีความต่าง จากสูตร 1 ลดลง 75.89 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ -0.59 และสูตรอื่น ๆ มีความต่างโดยประมาณของการหดตัว 0.04-0.08 (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบความแตกต่างการหดตัวของปูนปั้นแต่ละสูตรจากแม่พิมพ์ขนาด 1x3x1½ นิ้ว

สูตรที่	การหดตัว (ร้อยละ)	พื้นผิวแข็งในระดับ HD
สูตรโบราณ	-1.17	75.45
สูตร 1	-0.59	75.89
สูตร 2	-0.51	75.95
สูตร 3	-0.45	76.00
สูตร 4	-0.38	76.05
สูตร 5	-0.29	76.12
สูตร 6	-0.25	76.15
สูตร 7	-0.18	76.20
สูตร 8	-0.12	76.25
เฉลี่ย		76.34

Note: From © Thanomchit Chumwong 20/03/2023

5.2 ความแข็งพื้นผิว (ความหนาแน่น) ด้วย Shore hardness testers แบบ Shore D (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 7 การตรวจวัดความแข็งพื้นผิวของปูนปั้นอัดขึ้นรูป
ภายหลังระยะเวลา 45 วันด้วย Shore D Hardness Test
Note: From © Thanomchit Chumwong 02/03/2023

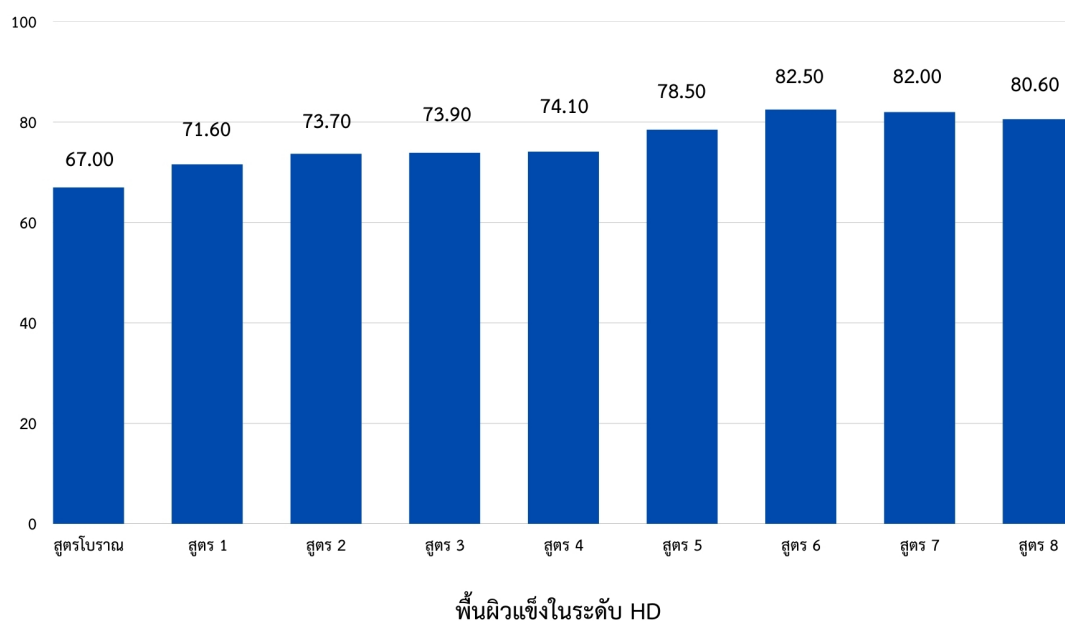
การทดสอบความแข็งพื้นผิว หรือความหนาแน่นชิ้นงานตัวอย่างทั้ง 2 รูปทรง ทดสอบภายหลังจากปั้นขึ้นรูปผ่านระยะเวลา 45 วัน ด้วยเครื่องมือ Shore D เข็มปลายแหลมกดสัมผัสช่วงระยยาน 5 วินาทีต่อครั้ง จำนวน 5 ครั้ง (ภาพที่ 6) ของแต่ละชิ้นตัวอย่าง หลังจากนั้นหาค่าเฉลี่ยความแข็งของแต่ละสูตร ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยของการตรวจวัดความแข็งพื้นผิวปูนปอร์ต

สูตรที่	การทดสอบความแข็งพื้นผิว หรือความหนาแน่นชิ้นงานตัวอย่างทั้ง 2 รูปทรง					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย
สูตรโบราณ	72.00	72.00	74.00	73.00	66.00	71.40
สูตร 1	70.00	72.00	71.00	71.50	73.50	71.60
สูตร 2	74.50	70.00	75.00	75.00	74.00	73.50
สูตร 3	71.50	76.50	74.50	73.50	73.50	73.90
สูตร 4	73.00	75.00	75.00	73.50	74.00	74.10
สูตร 5	76.50	77.00	80.00	81.00	78.00	78.50
สูตร 6	83.00	82.00	82.50	83.00	82.00	82.50
สูตร 7	82.00	85.00	81.00	80.5	81.50	82
สูตร 8	81.50	80.50	80.00	80.00	81.00	80.60

จากตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบความแข็งพื้นผิวตามตารางที่ 4 พบแนวโน้มว่า สูตรที่ 6-8 มีค่าความแข็งเฉลี่ยสูงกว่า 80 Shore D ซึ่งแสดงถึงความหนาแน่นของเนื้อปูนที่ดีและการยึดเกาะระหว่างอนุภาคภายในมีประสิทธิภาพมากขึ้น วัสดุในกลุ่มนี้มักประกอบด้วย ปูนขาว (CaCO_3) ผสมผงเซรามิก ในอัตราส่วนที่เหมาะสม ผสมเซรามิกมีคุณสมบัติช่วยเร่งการเซตตัวในช่วงแรกและเพิ่มความแข็งพื้นผิว ขณะที่ปูนขาวช่วยให้เนื้อปูนมีความเหนียวแน่นและลดการแตกร้าวภายหลังการอบแห้ง

แผนภาพที่ 1 เปรียบเทียบความแตกต่างและค่าเฉลี่ยความแข็งของพื้นผิวปูนปั้นหลังจากการตำและปั้นขึ้นรูปหลัง 45 วัน



Note: From © Thanomchit Chumwong 10/03/2023

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง “ค่าความแข็ง” และ “ความหนาแน่นของเนื้อปูน” พบว่าค่าความแข็งที่สูง สอดคล้องกับการลดช่องว่างอากาศในเนื้อวัสดุ ทำให้เกิดโครงสร้างเนื้อปูนที่ละเอียดและผิวสัมผัสเรียบ คุณสมบัติเหล่านี้เอื้อต่อการนำวัสดุไปใช้ในงานศิลปกรรมที่ต้องการความละเอียด เช่น งานประติมากรรมขนาดเล็ก หรือ งานฉาบตกแต่งที่ต้องการพื้นผิวเรียบและมันวาว

อย่างไรก็ตาม สูตรที่ 7 และ 8 แม้จะแสดงค่าความแข็งสูงสุด แต่มีข้อจำกัดคือช่วงเวลาการแข็งตัวของเนื้อปูน ยาวนานขึ้น และเกิดรอยแตกร้าวขนาดเล็กจำนวนมากบริเวณที่มีความหนา (ขนาดของรอยแตกเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร) สาเหตุอาจมาจากการระเหยน้ำที่รวดเร็วและอัตราการหดตัวภายในสูง จึงควรควบคุมสภาพการอบแห้งและความหนาในระหว่างกระบวนการขึ้นรูปเพื่อป้องกันการแตกร้าว

โดยสรุป การทดสอบนี้แสดงให้เห็นว่าสูตรปูนที่ผสมปูนขาวและยิปซัมในสัดส่วนที่เหมาะสมสามารถเพิ่มความแข็งและความหนาแน่นของวัสดุได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญสำหรับการประยุกต์ใช้ในงานศิลปกรรมและการอนุรักษ์ (ซ่อมแซม) วัสดุปูนปั้นโบราณ โดยสามารถเลือกใช้ลักษณะและคุณภาพเนื้อปูนที่ได้ ดังแสดงตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงสมบัติและลักษณะพื้นผิว ภายหลังจากการตำและบั่นขึ้นรูปผ่านไประยะเวลา 45 วันด้วย การบั่นขึ้นรูปทรงลูกบาศก์นี้ หรือ 1x1x1 นิ้ว และแท่งผืนผ้าขนาด 1x3 นิ้ว ความหนา 1/2 นิ้ว

ลำดับ สูตร	สมบัติโครงสร้าง	ลักษณะพื้นผิว	คุณภาพเนื้อปูนปั้นสำหรับสร้าง ประติมากรรม
สูตร 1	- การหดตัวสูงมากที่สุด (-0.59%) - การแข็งตัวใช้เวลาสั้นมากที่สุด - พื้นผิวแข็งในระดับ 71.6HD	พื้นผิวหยาบมากที่สุด มีช่องว่างระหว่าง เม็ดทราย	เหมาะสมกับงานปั้นรูปทรงโครง สร้างที่มีขนาดใหญ่ ไม่เน้นความ ละเอียดพื้นผิว
สูตร 2	- การหดตัวสูงมาก (-0.51%) - การแข็งตัวใช้เวลาสั้นปานกลาง - พื้นผิวแข็งในระดับ 73.7HD	พื้นผิวหยาบมาก มีช่อง ว่างระหว่างเม็ดทราย	เหมาะสมกับงานปั้นขึ้นรูป โครงสร้างของรูปทรงขนาดใหญ่ และขนาดเล็ก ไม่เน้นความละเอียด พื้นผิว
สูตร 3	- การหดตัวสูงปานกลาง (-.45%) - การแข็งตัวใช้เวลาสั้น - พื้นผิวแข็งในระดับ 73.9HD	พื้นผิวหยาบ มีช่องว่าง ระหว่างเม็ดทรายที่เล็ก ชิดกัน	เหมาะสมกับงานปั้นขึ้นรูป โครงสร้างของรูปทรงขนาดเล็ก หรือลดขนาดเล็กน้อย
สูตร 4	- การหดตัวสูง (-0.38%) - การแข็งตัวใช้เวลาค่อนข้างนาน - พื้นผิวแข็งในระดับ 74.1HD	พื้นผิวค่อนข้างเรียบ เนียน	เหมาะสมกับงานปั้นรูปทรง ลดขนาด และใช้ซ่อมแซมส่วน แตกร้าว
สูตร 5	- การหดตัวค่อนข้างต่ำ (-0.29%) - การแข็งตัวใช้เวลาปานกลาง - พื้นผิวแข็งในระดับ 78.5HD	พื้นผิวเรียบเนียน	เหมาะสมกับงานปั้นเสริม รูปทรง ลดขนาดเล็กน้อย และใช้ซ่อมแซม ร่องแตกร้าว
สูตร 6	- การหดตัวต่ำ (-0.25%) - การแข็งตัวใช้เวลาปานกลาง - พื้นผิวแข็งในระดับ 82.5HD	พื้นผิวเรียบเนียน ละเอียด	เหมาะสมกับงานปั้นเสริม ลดขนาด ตกแต่งรายละเอียดของรูปทรง ขนาดเล็ก และใช้ซ่อมแซมร่อง แตกร้าว
สูตร 7	- การหดตัวต่ำมาก (-0.18%) - การแข็งตัวใช้เวลาปานกลางมาก - พื้นผิวแข็งในระดับ 82HD	พื้นผิวเรียบเนียน ละเอียดและพื้นผิว ค่อนข้างมันวาว	เหมาะสมกับงานปั้นลดขนาดของ รูปทรงขนาดเล็ก ใช้ซ่อมแซมร่อง แตกร้าว และเพิ่มพื้นผิวให้มันวาว
สูตร 8	- การหดตัวต่ำมากที่สุด (-0.12%) - การแข็งตัวใช้เวลาปานกลางมากที่สุด - พื้นผิวแข็งในระดับ 80.6HD	พื้นผิวเรียบเนียน ละเอียดและพื้นผิว มันวาวมาก	เหมาะสมกับงานอุดรอยต่อหรือ รอยแตกแยก ฉาบพื้นผิวเรียบเนียน และมันวาว

Note: From © Thanomchit Chumwong 23/03/2023

ผลการวิจัยและวิจารณ์

จากผลการวิจัยจากการผสมผงเซรามิกทดแทนสัดส่วนของทรายในส่วนที่สมบัติโครงสร้าง พบว่ามีลักษณะพื้นผิว และคุณภาพเนื้อปูนปั้นที่แตกต่างกัน ทดสอบด้วยการเลือกเฉพาะสูตรที่ 3 และ 6 แล้วประเมินผลที่เกิดขึ้นภายหลังเป็นระยะเวลา 15 วัน โดยกำหนดรูปแบบ 2 รูปแบบ คือ รูปทรงกลมรีแบน แผ่นระนาบลายร่องลึก และ 2 เทคนิค คือ ปั้นขึ้นรูป และหล่อด้วยแม่พิมพ์ จำนวน 3 ตัวอย่าง



EMS. (1)

EMS. (2)

EMS. (3)

ภาพที่ 8 ต้นแบบโครงสร้างรูปทรง ทรงกลมรี (ESM.) ตัวอย่างที่ 1

Note: From © Thanomchit Chumwong 30/03/2023

ตัวอย่างที่ 1 (ภาพที่ 8) ต้นแบบโครงสร้างรูปทรง (ESM.)² ลักษณะโครงสร้างพื้นฐานของประติมากรรม โดยกำหนดทรงกลมรี ขนาด 15x30 เซนติเมตร หนา 1.5 เซนติเมตร พบว่า เกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่รอบด้าน (ภาพ ESM.2 และภาพ ESM.3)



ECM. (1)

ECM. (2)

ECM. (3)

ECM. (4)

ภาพที่ 9 ต้นแบบรูปทรงเส้นโครงสร้าง โครงสร้างลายไทย (ECM.) ตัวอย่างที่ 2

Note: From © Thanomchit Chumwong 30/03/2023

²ESM. ย่อมาจาก Example of a Structural Model

ตัวอย่างที่ 2 (ภาพที่ 9) ต้นแบบรูปทรงเส้นโครงสร้าง โครงสร้างลายไทย (ECM.)³ รูปทรงลวดลายกระหนกไทย ลักษณะภาพปูนแผ่นนาร่องลึก ขนาด 9.5 x 15 หนา 1-2 เซนติเมตร พบว่า เกิดรอยร้าวบนก้อนเดียวกันจาก ปูนปั้นสูตรที่ 3 (ECM.3) ส่วนปูนปั้นสูตรที่ 6 เป็นรอยแยกที่เกิดจากการชนต่อของลวดลายหรือระหว่างแต่ละ ก้อนที่ทับซ้อนกัน (ECM.4) แต่ไม่เกิดรอยร้าวบนลวดลายก้อนเดียวกัน



ECT. (1)

ECT. (2)



ECT. (3)

ECT. (4)

ภาพที่ 10 ต้นแบบรูปทรงเทคนิคการหล่อ (ECT.) ตัวอย่างที่ 3

Note: From © Thanomchit Chumwong 30/03/2023

ตัวอย่างที่ 3 (ภาพที่ 10) ต้นแบบรูปทรงจากเทคนิคการหล่อ (ECT.)⁴ ด้วยแม่พิมพ์ยาง (Flexible Mold) (ภาพ ECT.1) โดยกำหนดความหนาเปลือกผิว 1-2 เซนติเมตร ผลสภาพภายหลังระยะเวลา 2 วัน จากปูนสูตร ที่ 6 พบว่าเนื้อปูนมีลักษณะนิ่มร่วน ยังไม่แข็งตัว (ภาพ ECT.4) และบางส่วนหลุดลอกติดแม่พิมพ์ จึงทำให้พื้น ผิวชิ้นงานที่หล่อไม่สมบูรณ์ โดยเฉพาะบริเวณชิ้นส่วนขนาดเล็ก และหลังจากระยะเวลา 15 วันเกิดรอยร้าวร่อง ลึกบริเวณเนื้อปูนปั้นสูตรที่ 3 ด้านหลัง และเมื่อระยะเวลาผ่านไป 60 วัน เกิดรอยร้าวร่องตื้นบริเวณเนื้อปูนปั้น สูตรที่ 6 (ภาพ ECT.4)

สรุปการทดลองจากปูนปั้นทั้ง 2 สูตร พบว่า มีการเกิดรอยร้าวทั้ง 2 สูตร ทั้งนี้ลักษณะของรอยร้าวมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด คือ สูตรที่ 3 จะเกิดรอยร้าวขนาดใหญ่ในบริเวณกว้าง และการหดตัวจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ยาวนานกว่า ซึ่งแตกต่างจากสูตรที่ 6 มีรอยร้าวร่องเล็กและทั่วบริเวณพื้นที่ที่แบนกว้าง ซึ่งการเกิดรอยร้าวทั้ง 2 สูตรจะเกิดบนรูปทรงเทคนิคการหล่อจากแม่พิมพ์ ตัวอย่างที่ 3 เนื่องด้วยเทคนิคการหล่อขั้นที่ 2 หุ้มทับ

³ECM ย่อมาจาก Example of a Constructivism Model

⁴ECT. ย่อมาจาก Example from the casting technique

ปูนปั้นสูตรที่ 3 (ชั้นแรก) เกิดการแตกร้าวพร้อมกับสูตรที่ 6 ที่ยึดติดกันตั้งแต่แรกของการหล่อซึ่งอาจจะเกิดจากขั้นตอนการหล่อที่ผิดพลาด ทั้งนี้หากเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ 2 CEM. ของปูนปั้นสูตรที่ 6 รูปทรงลายกระหนก (ECM.3) จะไม่มีร้าวร้าวบนพื้นผิวชิ้นงาน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การเพิ่มจำนวนของผงเซรามิกในปริมาณที่มากขึ้น จะเกิดรอยร้าวลดลงและมีขนาดเล็ก และเหตุผลที่สำคัญของการเกิดรอยแตกร้าวคือ ความหนาของแต่ละชั้นไม่ควรต่ำกว่า 1 เซนติเมตร

ทดสอบด้วยการสร้างประติมากรรมปูนปั้นรูปแบบร่วมสมัย

ลำดับการสร้างประติมากรรมจากการเลือกสูตรปูนปั้นจำนวน 2 สูตร ผลการพิสูจน์ปูนปั้นจากสูตรที่ 3 และ 6 ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมและจะให้ผลลัพธ์ตามความคาดหวังสูงสุด ทั้งนี้ได้ทำการสร้างเป็นผลงานประติมากรรมโดยกำหนดวิธีการสร้าง 2 วิธีคือ การปั้นขึ้นรูปด้วยมือ และการหล่อด้วยแม่พิมพ์ จากจำนวนผลงานทั้งหมด 8 ชิ้น แต่ละชิ้นจะมีลักษณะรูปแบบและวิธีการที่ต่างกัน ซึ่งผลลัพธ์ในแต่ละชิ้นจะมีทั้งสภาพพื้นผิวที่ดี และมีข้อเสีย หากแต่จะเลือกใช้ขั้นตอน และวิธีการที่คำนึงถึงสมบัติของวัสดุ ดังแสดงในรายการผลงานศิลปกรรมในแต่ละชิ้น ตามรายการต่อไปนี้

1. เทคนิคการปั้นรูปแบบศิลปกรรมไทย ชื่อผลงาน “Singha” ขนาดกว้าง 18x35x35 เซนติเมตร โดยขั้นตอนเริ่มต้นด้วยการสร้างโครงสร้างเส้นลวดเหล็กและลวดม้วนเป็นแกนของรูปทรงทุกส่วน ขั้นตอนที่ 2 ปอกหุ้มทับลวด (ชั้นใน) ด้วยปูนดำสูตรโบราณ (กรณีรูปทรงที่ปั้นให้เพิ่มเป็นชั้นๆ รอให้แข็งตัวก่อนทุกชั้น) ให้มีความหนาใกล้เคียงรูปทรงที่ต้องการ (ตามแบบร่างลายเส้นดินสอ) ปลอ่ยให้ชิ้นงานแห้งเพื่อให้เนื้อปูนปั้นชั้นแรกแข็งตัวประมาณ 2-5 วัน หลังจากนั้นให้ปั้นหุ้มด้วยปูนปั้นสูตรที่ 3 ให้ทั่วบริเวณโดยมีความหนาไม่เกิน 1 เซนติเมตรให้ทั่วบริเวณพื้นผิวทั้งหมด ในขั้นตอนนี้สามารถเสริมโครงสร้างลวดภายในรูปทรงที่ยื่นลักษณะท่อนหรือเส้นเมื่อแล้วเสร็จจึงปลอ่ยให้แข็งตัวเป็นระยะเวลาประมาณ 2-3 วัน ขั้นตอนสุดท้ายคือทำการปั้นหุ้มรายละเอียดพื้นผิว และลวดลายที่มีขนาดเล็กด้วยปูนปั้นสูตรที่ 6



S. (1)



S. (2)

ภาพที่ 11 ขั้นตอนการปั้นขึ้นรูปจากภายใน และการปั้นลวดลาย ด้วยปูนปั้นสูตรที่ 6 (1)

Note: From © Thanomchit Chumwong 05/04/2023



S. (3)

S. (4)

ภาพที่ 12 ขั้นตอนการปั้นขึ้นรูปจากภายใน และการปั้นลวดลาย ด้วยปูนปั้นสูตรที่ 6 (2)

Note: From © Thanomchit Chumwong 05/04/2023

จากภาพที่ 11 แสดงขั้นตอนการปั้นปูน จากสูตรแตกต่างกัน 3 สูตร โดยชั้นในจะใช้สูตรทรายที่มีขนาดของเม็ดทราย 60 mesh (ตะแกรงร่อนทรายงานก่อสร้าง) ไม่มีส่วนผสมของผงเซรามิก โดยการเพิ่มเป็นชั้น ๆ และปล่อยให้แต่ละชั้นให้แข็งตัว การเพิ่มในแต่ละชั้นความหนาไม่เกิน 1 เซนติเมตร จนกว่าจะได้รูปทรงที่ต้องการ (ภาพ S.2) และการปั้นจากสูตรที่ 3 และ 6 จะใช้ปั้นตกแต่งพื้นผิว และลวดลายที่มีขนาดเล็ก เท่านั้น (ภาพ S.3 และ S.4) ภาพผลงานที่สำเร็จดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ประติมากรรม “Singh”

Note: From © Thanomchit Chumwong 07/04/2023

2. เทคนิคการหล่อในรูปแบบศิลปกรรมไทย ผลงาน “ทวารวดี 2023” มีขนาด 22×25×50 เซนติเมตร เป็นผลงานประติมากรรมเศียรพระพุทธรูปขนาดเท่าคนจริง กระบวนการสร้างเริ่มจากขั้นตอนที่ 1 โดยใช้ปูนปั้นสูตรที่ 6 เคลือบพื้นผิวแม่พิมพ์ให้ทั่วในชั้นแรก โดยมีความหนาไม่เกิน 1 เซนติเมตร (ภาพ M.2) จากนั้นปล่อยให้ปูนแข็งตัวในระยะเวลาประมาณ 2-3 วัน ก่อนปูทับด้วยลวดตะแกรงเหล็กขนาดเล็ก (Wire Mesh) ที่แนบตามลักษณะพื้นผิวโค้งเว้า แล้วพอกทับด้วยปูนปั้นสูตรที่ 3 ให้ทั่วพื้นผิว (ภาพ M.3) โดยคงความหนาไม่เกิน 2 เซนติเมตร เมื่อปูนแข็งตัวดีแล้วจึงประกอบ แม่พิมพ์ส่วนอีกด้านเข้าครอบทับ (ภาพ M.4 และ M.5) และเชื่อมต่อแนวรอยต่อด้วยปูนปั้นสูตรที่ 3 เช่นเดียวกัน

ในขั้นตอนสุดท้าย เคลือบพื้นผิวชั้นนอกด้วยปูนปั้นสูตรโบราณ (ภาพ M.6) โดยให้ความหนาไม่เกิน 1 เซนติเมตร ซึ่งจากการสังเกตพบว่า การหุ้มพื้นผิวด้วยชั้นปูนหนามีแนวโน้มทำให้เกิดรอยแตกร้าวบริเวณผิวภายนอกของชิ้นงาน เนื่องจากการหดตัวของเนื้อปูนสูตรที่ 3 และสูตรโบราณในระหว่างกระบวนการแข็งตัว ส่งผลให้เกิดแรงดึงภายในของเปลือกวัสดุที่มีความหนา (ภาพที่ 14) ภาพที่ 15 เป็นผลงานที่สำเร็จ



M. (1)

M. (2)

M. (3)



M. (4)

M. (5)

M. (6)

ภาพที่ 14 ขั้นตอนการหล่อขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ยาง ตามลำดับ

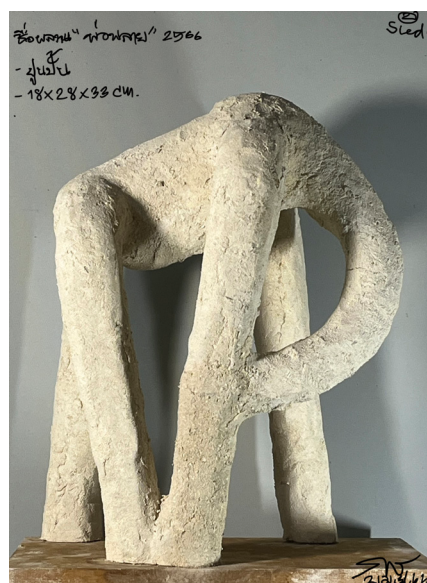
Note: From © Thanomchit Chumwong 18/05/2023



ภาพที่ 15 ภาพประติมากรรม “ทวารวดี 2023”

Note: From © Thanomchit Chumwong 20/05/2023

3. เทคนิคการสร้างสรรครูปแบบศิลปกรรมร่วมสมัยในผลงานชื่อ “พ้อพลาย” มีขนาด 18×28×33 เซนติเมตร ดำเนินการโดยเริ่มจากการสร้าง โครงสร้างภายในด้วยท่อพีวีซี (PVC) ขนาด 1/2 นิ้ว เพื่อเป็นแกนยึดรูปทรงหลักของประติมากรรม จากนั้นพอกหุ้มชั้นแรกด้วย ปูนปั้นสูตรโบราณ เพื่อสร้างฐานเนื้อวัสดุให้มีความเหนียวแน่น ก่อนจะทับด้วย ปูนปั้นสูตรที่ 3 และสูตรที่ 6 ตามลำดับ โดยเว้นระยะเวลาให้แต่ละชั้นแข็งตัวประมาณ 2-3 วัน เพื่อให้การยึดเกาะของวัสดุในแต่ละชั้นมีความมั่นคง และช่วยลดการหดตัวหรือการแตกร้าวบริเวณพื้นผิวภายนอกของผลงาน (ภาพที่ 16)



ภาพที่ 16 ภาพประติมากรรม “พ้อพลาย”

Note: From © Thanomchit Chumwong 02/06/2023

4. เทคนิคการสร้างสรรค์ผลงานปั้นปูนร่วมกับวัสดุไม้ในรูปแบบศิลปกรรมร่วมสมัย เรื่อง “เพทปัญญา” มีขนาด $20 \times 23 \times 50$ เซนติเมตร โดยเริ่มจากการสร้าง โครงสร้างหลักด้วยไม้สัก ผ่านการประกอบซ้อนทับแต่ละท่อน ให้เกิดรูปทรงเหลี่ยมตามแบบที่กำหนด จากนั้นขึ้นรูปส่วนใบหน้าพระ (ลักษณะเหมือนหน้ากาก) ด้วยปูนปั้น สูตรโบราณเป็นชั้นแรกเพื่อสร้างฐานเนื้อวัสดุ จากนั้นพอกทับด้วยปูนปั้นสูตรที่ 3 และสูตรที่ 6 ตามลำดับ โดยเว้นระยะเวลาให้แต่ละชั้นแข็งตัวประมาณ 2-3 วัน เพื่อให้การยึดเกาะระหว่างชั้นมีความมั่นคง ก่อนเชื่อมส่วนหน้าที่แข็งตัวแล้วเข้ากับส่วนบนของโครงสร้างไม้ที่เตรียมไว้ การเลือกใช้ไม้เป็นส่วนหนึ่งของชิ้นงานมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการยึดเกาะระหว่างปูนปั้นและวัสดุไม้ ลดการหดตัวและรอยแตกร้าวที่อาจเกิดขึ้นบริเวณแนวต่อของวัสดุเมื่อเวลาผ่านไป (ภาพที่ 17)



ภาพที่ 17 ประติมากรรม “เพทปัญญา”

Note: From © Thanomchit Chumwong 08/06/2022

5. เทคนิคการปั้นปูนและเครื่องจักสานไม้ไผ่รูปแบบศิลปกรรมร่วมสมัย ชื่อผลงาน “ชะลอม” ขนาดกว้าง $10 \times 10 \times 30$ เซนติเมตร วัสดุไม้ไผ่สาน ลักษณะของชะลอมมีการใช้ปูนปั้นหุ้มทับส่วนปลายขอบเพื่อยึดปลายไม้ให้แข็งแรงเป็นชิ้นเดียวกันด้วยปูนปั้นสูตรโบราณ และทับด้วยสูตร 3 และ 6 โดยปล่อยให้แข็งตัวเป็นระยะเวลาประมาณ 2-3 วัน ให้การแข็งตัวของแต่ละชั้นก่อนที่จะทับชั้น ผลงานชิ้นนี้นอกจากสุนทรีย์ศิลป์แล้วต้องการแสดงให้เห็นการอยู่ร่วมกันของวัสดุ 2 ชนิดในแง่ของรูปทรงโครงสร้าง (ภาพที่ 18)



ภาพที่ 18 ประติมากรรม “ชะลอม”

Note: From © Thanomchit Chumwong 10/06/2023

สรุปผลการวิจัย

ผลจากการวิเคราะห์และประเมินประติมากรรมโบราณเปรียบเทียบกับประติมากรรมร่วมสมัย ทำให้ทราบถึงความแตกต่างด้านรูปแบบ ขนาด เทคนิคการสร้างสรรค และวัสดุที่ใช้ ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพและความคงทนของผลงานประติมากรรม โดยกรอบแนวคิดของการวิจัยฉบับนี้มุ่งเน้นการอนุรักษ์และพัฒนาคุณสมบัติของวัสดุปูนปั้นให้เหมาะสมกับกระบวนการสร้างสรรค์ประติมากรรมในปัจจุบัน เพื่อให้วัสดุปูนปั้นมีความแข็งแรง ไม่แตกร้าว และมีการหดตัวน้อยที่สุด รวมทั้งสามารถขึ้นรูปในลักษณะประติมากรรมขนาดเล็กที่มีความละเอียดสูง ทั้งนี้จากการดำเนินการวิจัยได้พัฒนาสูตรปูนปั้นจำนวน 8 สูตร โดยเพิ่มปริมาณส่วนผสมของ เศษผงเซรามิกบดละเอียดทดแทนทรายละเอียด เพื่อศึกษาผลต่อสมบัติทางกายภาพของวัสดุ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มสัดส่วนผงเซรามิกมีผลให้ความหนาแน่นและความแข็งแรงของวัสดุเพิ่มขึ้นตามลำดับ จากนั้นจึงนำสูตรที่ผ่านการวิเคราะห์เชิงวิทยาศาสตร์ไปใช้สร้างสรรค์ผลงานประติมากรรมจริง เพื่อทดสอบคุณสมบัติของวัสดุในสภาวะการใช้งานจริง โดยช่างปั้น ศิลปิน และผู้เชี่ยวชาญด้านประติมากรรมร่วมกันประเมินผลทั้งในขั้นตอนการปั้น การหล่อ และหลังจากการแข็งตัวครบระยะเวลา 45 วัน

ผลการประเมินพบว่า วัสดุปูนปั้นสูตรใหม่สามารถลดการแตกร้าวได้อย่างมีนัยสำคัญ พื้นผิวมีความแข็งแรง เรียบเนียน และมันวาวมากขึ้น อีกทั้งสามารถนำไปสร้างสรรค์ผลงานประติมากรรมได้หลากหลายรูปแบบ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้จัดทำประติมากรรมต้นแบบ (Prototype) จำนวน 5 ชิ้น ซึ่งเป็นผลจากการพัฒนาสูตรปูนปั้นที่ใช้เศษผงเซรามิกบดละเอียดทดแทนทรายละเอียดในสูตรปูนปั้นโบราณ

ข้อเสนอแนะ

การเลือกใช้วัสดุจากเศษผลิตภัณฑ์เซรามิกซึ่งมีคุณสมบัติด้านความทนทานต่อการผุกร่อนและสามารถหาได้ทั่วไปในครัวเรือน เป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาวัสดุปูนปั้นให้มีคุณภาพสูงขึ้น โดยการบดเศษวัสดุเซรามิกให้ละเอียดและนำกลับมาใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อปูน ช่วยเพิ่มความแข็งแรง ความหนาแน่น และความคงทนของวัสดุ ส่งผลให้เหมาะสมต่อการสร้างสรรค์งานประติมากรรมที่ต้องการทั้งความสวยงามและความทนทานในระยะยาว นอกจากนี้ วัสดุเซรามิกบดละเอียดยังมีความยืดหยุ่นในการปรับสูตรผสมให้เหมาะกับลักษณะการใช้งานที่หลากหลาย เช่น เป็นวัสดุสำหรับยึดเกาะตกแต่งพื้นผิว หรือใช้ในงานออกแบบผลิตภัณฑ์ภายในครัวเรือน ทั้งนี้ การใช้วัสดุพื้นถิ่นและเศษวัสดุเหลือใช้ไม่เพียงช่วยลดต้นทุนการผลิต แต่ยังเป็นแนวทางสำคัญในการลดปริมาณของเสียและส่งเสริมแนวคิดด้านสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน อีกทั้งการรีไซเคิลวัสดุประเภทอื่น ๆ ยังสามารถนำมาประยุกต์เป็นส่วนผสมของวัสดุสร้างสรรค์ได้ ขึ้นอยู่กับรูปแบบ ขนาด และวัตถุประสงค์ของผลงานประติมากรรมแต่ละชิ้น

References

- Bennett, S. (2015). *How to Recycle Ceramic and Porcelain Tiles*. Recycle Nation. <https://recyclenation.com/2015/02/how-to-recycle-ceramic-and-porcelain-tiles>.
- Carbajal, L., Rubio-Marcos, F., Bengochea, M., & Fernandez, J. (2007). Properties related phase evolution in porcelain ceramics. *Journal of the European Ceramic Society*, 27(13-15), 4065-4069. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0955221907001409>.
- Caroselli, M., Cavallo, G., Felici, A., Luppichini, S., Nicoli, G., Aliverti, L., & Jean, G. (2019). Gypsum in Ticinese stucco artworks of the 16–17th century: Use, characterization, provenance and induced decay phenomena. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 24, 208-219.
- Corp., H. g. (2023). *Shore D Durometer Hardness Tester Shore*. HUATEC. <https://www.huategroup.com/sale-178558-shore-d-durometer-hardness-tester-shore-durometer-hardness-tester-ht-6600d.html>.
- Elemam, W. E., Agwa, I. S., & Tahwia, A. M. (2023). Reusing ceramic waste as a fine aggregate and supplemental cementitious material in the manufacture of sustainable concrete. *Buildings*, 13(11), 2726. <https://www.mdpi.com/2075-5309/13/11/2726>.
- Feldman, A. (2015). *Henry Moore: The Plasters*. Tate. <https://www.tate.org.uk/art/research-publications/henry-moore/anita-feldman-henry-moore-the-plasters-r1151309>.
- Gage, M.-V. (2007). *Digital Calipe*. MSI-Viking. https://web.archive.org/web/20070726053453/http://www.msi-viking.com/digital_caliper.
- Gapper, C., & Orton, J. (2011). Plaster, Stucco and Stuccoes. *Journal of Architectural Conservation*, 17(3), 7-22. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13556207.2011.10785094>.
- Giovanni Verri, C. L., Victor Borges, Nick Barnard and John Clarke. (2019). Investigations of a Gandharan stucco head of the Buddha at the Victoria and Albert Museum (IM.3-1931). *Journals Openedition*. <https://journals.openedition.org/techne/2792>.

- Ocampo, M. A. A., & González, A. F. R. (2023). Ceramic waste reuse and valorization alternatives: A review. *Revista EIA*, 20(40), 4011-4019. <https://revistas.eia.edu.co/index.php/reveia/article/view/1680>.
- Office of Archaeology and National Museums No. 1, Ratchaburi Office of Archaeology and National Museums. (2001). *Ratchaburi National Museum and Ratchaburi Province*. Bangkok: National Library of Thailand.
- Sammawutthi, A. (2002). *khwaṃrūthuāpai nai ngān chāng sin Thai [General knowledge in Thai craftsmanship]*. Bangkok: Fine Arts Department.
- Spoto, S. E., Paladini, G., Caridi, F., Crupi, V., D'Amico, S., Majolino, D., & Venuti, V. (2022). Multi-Technique Diagnostic Analysis of Plasters and Mortars from the Church of the Annunciation (Tortorici, Sicily). *Materials (Basel)*, 15(3). <https://doi.org/10.3390/ma15030958>.
- Strapphoem, S. (2016). A Study of the Properties of Traditional Phetchaburi Stucco Containing Silica Powder. *Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal*, 9. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/Itech/article/view/72671>.
- The Met. (2000). *Head of BuddhaThailand (Ratchaburi Province)*. Metmuseum. <https://www.metmuseum.org/art/collection/search/38168>.
- Vejmelková, E., Keppert, M., Rovnaníková, P., Keršner, Z., & Černý, R. (2012). Application of burnt clay shale as pozzolan addition to lime mortar. *Cement and Concrete Composites*, 34(4), 486-492.
- Webb, P. (2016). *Lime: A Civilized Plaster*. Traditional Building Magazine Online. <https://www.traditionalbuilding.com/opinions/lime-civilized-plaster>.