

เคลือบผลึกกับการออกแบบผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผา

Crystalline Glaze in the Design of Ceramic Products

ศุภกา ปาลเปรม¹ และ นิตติ ยงวนิชย์²

Supphaka Palprame¹ and Niti Yongvanich²

บทคัดย่อ

การออกแบบผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผาในครั้งนี้ได้นำเคลือบผลึกจากผลการวิจัยทางวิศวกรรมวัสดุ มาใช้ในการออกแบบและสร้างสรรค์เป็นผลิตภัณฑ์ประเภทของประดับตกแต่ง และของใช้ขนาดเล็ก สำหรับที่พักอาศัยที่มีพื้นที่จำกัด เช่น อ่างล้างจาน หรือคอนโดมิเนียม ผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบ ได้แก่ โคมไฟ แจกัน ชุดกาแฟ ถาดผลไม้ และภาชนะมีฝาปิด เป็นต้น ออกแบบโดยใช้รูปทรงเรขาคณิต ที่มีความเรียบง่าย มีการจำกัดบริเวณให้แก่เคลือบผลึกเพื่อป้องกันการเสียหายของชิ้นงาน และใช้เนื้อดินพอร์ซเลน (Porcelain) ที่ให้สีขาวหลังการเผาเพื่อช่วยขับสีของเคลือบผลึกให้สดใสมากขึ้น และขึ้นรูปชิ้นงานด้วยวิธีการหล่อหน้าดิน (Slip casting) เผาที่ระดับอุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส บรรยากาศแบบออกซิเดชัน (Oxidation)

คำสำคัญ : เคลือบผลึก วิศวกรรมวัสดุ ผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผา (Ceramics) สำหรับประดับตกแต่ง

Abstract

Preliminary research results of crystalline glaze from Materials Engineering's point of view have been employed for the creative design of ceramic products. Due to living space constraint, especially in modern condominium, these products were designed to be small in size. Examples of the products include lamps, vases, coffee set, fruit trays and vessels with lids. The design has been based on simple geometry and determined region for crystal formation. Such design would help reduce damages of the products through confinement of the glaze during firing. Porcelain clay mixture was selected for these products as its post-firing white color would enhance the color contrast of crystalline glaze. The products were formed by slip-casting technique and fired at 1250 °C in oxidation atmosphere.

Keywords : Crystalline Glaze, Materials Engineering, Ceramic Product for Decoration

ประเภทของผลงานสร้างสรรค์

ผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผา

¹ ภาควิชาเครื่องเคลือบดินเผา คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม 73000 ประเทศไทย

Department of Ceramics, Faculty of Decorative Arts, Silpakorn University, Nakhon Pathom 73000, Thailand.

² ภาควิชาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม 73000 ประเทศไทย

Department of Materials Science and Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University, Nakhon Pathom 73000, Thailand.

แนวความคิด

การออกแบบผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผา ผู้ออกแบบให้ความสำคัญกับเคลือบผลึกเป็นอันดับแรก และนำมาผสมผสานกับรูปทรงเรขาคณิตที่มีความเรียบง่าย เพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบเข้าได้กับการตกแต่งที่อยู่อาศัยในปัจจุบัน เช่น อาคารชุด หรือคอนโดมิเนียม ซึ่งมีพื้นที่จำกัด ดังนั้นผลิตภัณฑ์สำหรับประดับตกแต่ง และของใช้ ที่ออกแบบจึงมีขนาดเล็ก ประกอบกับเคลือบผลึก เป็นเคลือบที่มีการไหลตัวของเคลือบมาก การออกแบบจึงใช้เคลือบผลึกร่วมกับเคลือบชนิดอื่นที่มีการไหลตัวของเคลือบน้อย เพื่อแก้ปัญหาการเสียหายของชิ้นงานจากการไหลตัวของเคลือบ และเน้นให้เคลือบผลึกมีความโดดเด่น ผู้ออกแบบ เลือกใช้เนื้อดินพอร์สเลน เนื่องจากสามารถทนความร้อนได้ในอุณหภูมิสูง และภายหลังการเผาเนื้อดินจะมีสีขาว สามารถช่วยขบสีของเคลือบผลึกให้มีสีมันสดใสยิ่งขึ้น

ที่มาและความสำคัญของการสร้างสรรค์ผลงาน

เคลือบผลึกเป็นเคลือบที่มีลักษณะพิเศษ เกิดจากการตกผลึกของสารบางตัวที่แยกออกมาให้เห็นได้ และมีลักษณะเป็นดอกดวง มีทั้งขนาดใหญ่ และขนาดเล็ก ปรากฏอยู่ในผิวเคลือบ หรือบนผิวเคลือบ ซึ่งมีหลากหลายรูปแบบ การตกผลึกของเคลือบเกิดขึ้นได้เมื่อทำให้เคลือบเย็นตัวลงในสภาวะที่ควบคุมเป็นพิเศษ และปัจจัยต่างๆที่เอื้อให้เกิดการตกผลึกที่สวยงาม เคลือบผลึกจึงมีความงามที่แปลก แตกต่างจากเคลือบชนิดอื่น การนำเคลือบผลึกที่ได้จากการวิจัยทางด้านวิศวกรรมวัสดุมาต่อยอดและออกแบบเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผาจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ และเป็นแรงบันดาลใจให้ผู้วิจัยออกแบบผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผา ประเภทของประดับตกแต่ง และของใช้ขนาดเล็ก ได้แก่ โคมไฟ แจกัน ชุดกาแฟ ถาดผลไม้ และภาชนะมีฝาปิด เป็นต้น เพื่อเป็นตัวอย่างของแนวทางการบูรณาการศาสตร์ด้านวิศวกรรมวัสดุ และศิลปะการออกแบบร่วมกัน ให้สามารถนำผลการวิจัยเคลือบผลึกมาออกแบบผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผาที่สามารถผลิตได้ในเชิงอุตสาหกรรม และเป็นแนวทางให้อุตสาหกรรมการผลิตเครื่องเคลือบดินเผา สามารถนำผลการวิจัยด้านวิศวกรรมวัสดุ ไปต่อยอดให้เกิดมูลค่าเพิ่มในเชิงธุรกิจ เพื่อสร้างโอกาส และทางเลือกใหม่ให้แก่ผู้ประกอบการและผู้บริโภค

วัตถุประสงค์ของการสร้างสรรค์ผลงาน

1. เพื่อนำเคลือบผลึกที่ได้จากการวิจัยวิศวกรรมวัสดุมาต่อยอดใช้ในงานออกแบบผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผา ประเภทของประดับตกแต่ง และของใช้ขนาดเล็ก ได้แก่ โคมไฟ แจกัน ชุดกาแฟ ถาดผลไม้ และภาชนะมีฝาปิด เป็นต้น
2. เพื่อศึกษา ทดลองผลิตผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบ และศึกษาวิเคราะห์ปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ใช้เคลือบผลึกเป็นหลัก
3. เพื่อเผยแพร่ผลงานการออกแบบสู่สาธารณชน รวมถึงการนำเสนอกระบวนการทางความคิดในการออกแบบ ในรูปแบบต่างๆ



รูปที่ 1 : การเกิดดอกผลึกบนเคลือบใสระบบ ระบบ $\text{Na}_2\text{O-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-ZnO}$ โดยมีเวลาการเผาแช่คงที่ที่ 8 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิต่างกัน (แนวตั้ง) คือ 1000, 1100 และ 1200 °C (จากซ้ายไปขวา) และมีการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนปริมาณสารช่วยหลอม (เพิ่มขึ้นจากแถวบนลงล่าง)

กระบวนการสร้างสรรค์ผลงาน

ขั้นตอนที่ 1: การทบทวนวรรณกรรม

ข้อมูลของเคลือบผลึกมักจะอยู่เป็นส่วนย่อยๆ มีความยาวไม่กี่หน้าในหนังสือที่เกี่ยวกับเคลือบ อีกทั้งบทความวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสาร (Journal) ระดับนานาชาติก็มีอยู่น้อยมาก จากการค้นหาในฐานข้อมูล Science Direct และ Springer พบเพียงไม่กี่บทความที่เกี่ยวกับเคลือบผลึก แต่ผู้วิจัยก็ได้ประยุกต์ใช้ตัวแปรต่างๆ ที่ได้รับการรายงานสำหรับเคลือบชนิดทั่วไป รวมถึงทฤษฎีการเกิดและโตของนิวเคลียส (Nucleation and Growth) ของทางวิศวกรรมวัสดุ

ขั้นตอนที่ 2: การศึกษาเชิงการทดลองอย่างเป็นระบบ

3.1 ผลของเวลาและอุณหภูมิในการเกิดผลึก

สูตรเคลือบผลึกได้ถูกเลือกจากระบบ $\text{Na}_2\text{O-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-ZnO}$ ซึ่งมีจำนวนองค์ประกอบน้อย และเพื่อไม่ให้เกิดความซับซ้อนในการวิเคราะห์ ผู้วิจัยได้ศึกษาอุณหภูมิการเผาแช่ในช่วง 800–1200 °C เป็นเวลา 0–16 ชม. โดยความสามารถในการเกิดผลึกขึ้นอยู่กับทั้งสองตัวแปรนี้ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎี Nucleation and growth ที่ใช้กันในศาสตร์ด้านวิศวกรรมวัสดุ ซึ่งผลึกมีแนวโน้มเกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิ 1000–1100 °C เท่านั้น (รูปที่ 1)

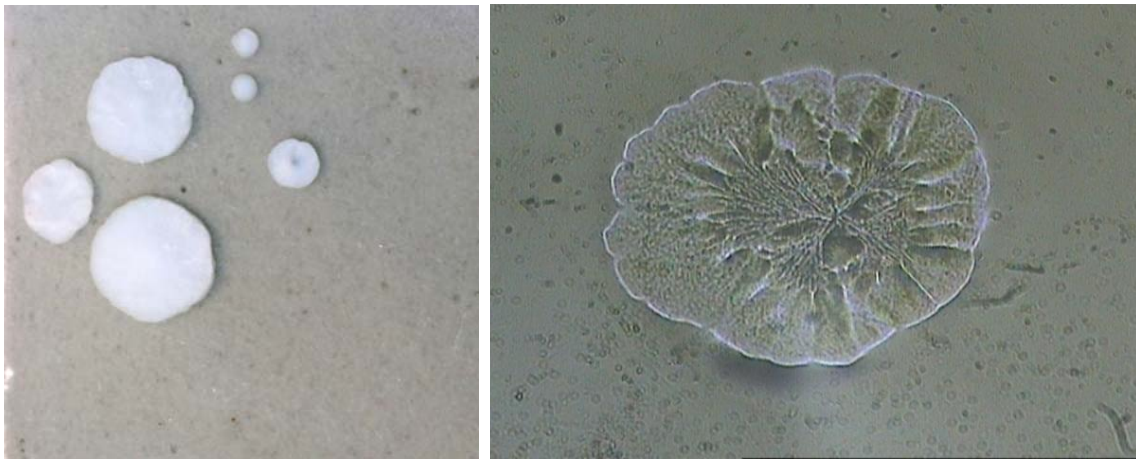
3.2 ผลของปริมาณสัดส่วน Feldspar ต่อการเกิดผลึก

ผู้วิจัยได้ศึกษาเบื้องต้นผลของปริมาณของสารช่วยหลอม (Flux) ต่อความสามารถในการเกิดผลึก แนวโน้มการเกิดผลึกลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณสารช่วยหลอม (รูปที่ 1)

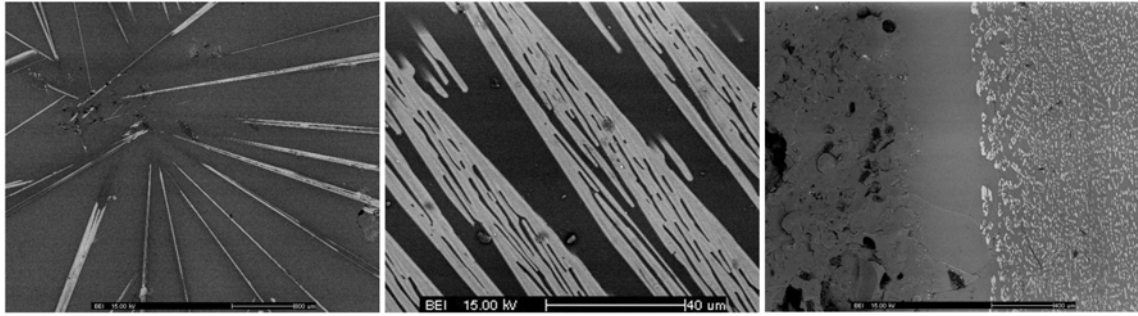
3.3 การพิสูจน์เอกลักษณ์เชิงวัสดุศาสตร์ของเคลือบผลึก

ผลึกที่เกิดขึ้นได้ถูกตรวจสอบตามระดับ Length scale โดยเริ่มจากระดับมหภาค (Macroscopic) ดังแสดงในรูปที่ 2 ผลึกที่เกิดขึ้นมีลักษณะเป็นดอกวงกลมสีขาว (สูตรเคลือบไม่ใช่สารให้สี) แต่เมื่อขยายภาพโดยใช้กล้องจุลทรรศน์เชิงแสงธรรมดา พบว่าผลึกที่เห็นนั้นมีโครงสร้างเป็นรัศมีพุ่งออกจากจุดศูนย์กลางคล้ายดอกหูกนก และเมื่อตรวจสอบลึกลงไปในระดับจุลภาค (Microscopic) โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope) ที่มีกำลังขยายสูง (รูปที่ 3) พบว่าแท้จริงแล้วผลึกที่เห็นขนาดใหญ่นั้นประกอบไปด้วยผลึกรูปแท่งยาวจัดเรียงกันเป็นวงกลม โดยมีปลายด้านหนึ่งอยู่ที่จุดศูนย์กลางของดอกผลึก เทคนิค Energy dispersive spectroscopy (EDS) ยืนยันว่าผลึกรูปแท่งเหล่านี้มีส่วนผสมของธาตุ Zn และ Si เป็นหลัก ซึ่งสอดคล้องกับเฟสวิลเลมไมต์ (Willemite, Zn_2SiO_4) ที่ตรวจสอบจากเทคนิค X-ray diffraction (XRD)

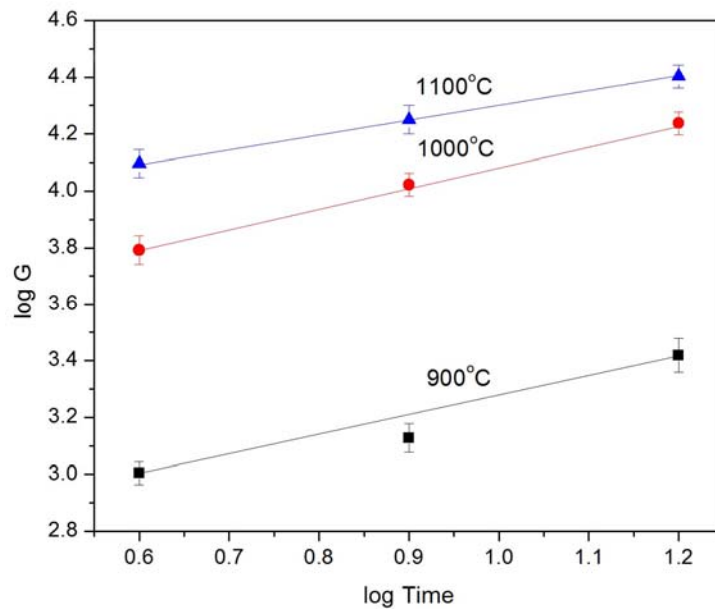
ผู้วิจัยได้ทดลองนำทฤษฎีการโตของเกรน (Grain growth) ที่ใช้กันทั่วไปมาประยุกต์ใช้กับการโตของ “ดอกผลึก” ที่แสดงในรูปที่ 2 และพบว่ามีความสอดคล้องกับสมการ Avrami ดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งเป็นที่น่าแปลกใจว่า สมการนี้มักใช้กับเกรนของวัสดุประเภทโลหะหรือเซรามิกที่ประกอบไปด้วยหนึ่งผลึกเท่านั้น แต่ในกรณีของดอกผลึกในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วยผลึกที่เป็นแท่งหลายผลึกมารวมกัน



รูปที่ 2: ดอกผลึกที่เกิดขึ้นบนเคลือบใสระบบ ระบบ $Na_2O-SiO_2-Al_2O_3-CaO-ZnO$ โดยใช้กล้องถ่ายภาพธรรมดา ขนาดรูป กว้าง x ยาว = 2.5 x 2.5 ซม. (ซ้าย) และกล้องจุลทรรศน์เชิงแสง (Optical microscope) จุลทรรศน์เชิงแสงธรรมดา สำหรับดอกผลึกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 มม. (ขวา)



รูปที่ 3: ภาพภายในดอกผลึกที่เกิดขึ้นบนเคลือบใสระบบ ระบบ $\text{Na}_2\text{O-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-ZnO}$ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope) ที่มีกำลังขยายสูง ขนาดรูปตามแนวนอนคือ $4000 \mu\text{m}$ (ซ้าย) $80 \mu\text{m}$ (กลาง) และ $4000 \mu\text{m}$ (ขวา)



รูปที่ 4: ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างขนาดเกรนและเวลา (log scale) จากสมการ Avrami โดยขึ้นงานถูกเผาแช่ที่อุณหภูมิ 900, 1000 และ 1100 °C เป็นเวลา 0 – 16 ชั่วโมง

ขั้นตอนที่ 3: การประยุกต์สูตรเคลือบกับการออกแบบและสร้างสรรค์ผลงาน

1. ศึกษาวิเคราะห์ สมบัติทางกายภาพของเคลือบผลึก ปัญหาการเคลือบและการเผาเคลือบผลึก รูปแบบของผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผาเดิมที่เคลือบด้วยเคลือบผลึกเพื่อเป็นส่วนสำคัญในการกำหนดรูปแบบของผลิตภัณฑ์
2. ศึกษาวิเคราะห์รูปแบบของผลิตภัณฑ์ประเภทของประดับตกแต่งและของใช้ขนาดเล็ก กับความนิยมในการใช้ประดับตกแต่ง
3. กำหนดแนวทางในการออกแบบให้สอดคล้องกับความนิยมในการใช้ผลิตภัณฑ์สำหรับประดับตกแต่งที่พักอาศัยในปัจจุบัน

4. ออกแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ และคัดเลือกแบบเพื่อนำมาทดลองผลิตจำนวน 5 รูปแบบ ได้แก่ โคมไฟ แจกัน ชุดกาแฟ ถาดผลไม้ และ ภาชนะมีฝาปิด
5. วิเคราะห์รูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบ เพื่อศึกษาและแก้ปัญหาในการผลิต และเขียนแบบขนาดเท่าจริงและ ขนาดขยายเพื่อขึ้นต้นแบบ และทำแบบพิมพ์
6. ขึ้นต้นแบบ และทำแบบพิมพ์
7. ขึ้นรูปชิ้นงาน ตกแต่งชิ้นงาน เผาดิบ (Biscuit Firing) เคลือบ และเผาเคลือบ
8. ประกอบและติดตั้งผลงาน

เทคนิคและอุปกรณ์ในการสร้างสรรค์ผลงาน

การออกแบบและทดลองผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผาในครั้งนี้ ใช้เนื้อดินพอร์สเลน และขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อหน้าดิน และเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส และเผาแช่ (Soaking) ที่ระดับอุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง บรรยากาศออกซิเดชัน ด้านการออกแบบและทดลองผลิต ผู้วิจัยได้ใช้วัสดุพิมพ์และอุปกรณ์ที่ใช้กันตามปกติในการปฏิบัติงานเครื่องเคลือบดินเผา ขึ้นรูปและเผาชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ภาควิชาเครื่องเคลือบดินเผา คณะมัณฑนศิลป์ สำหรับการศึกษาเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยใช้ห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ตระหนักในความสำคัญและให้งบประมาณสนับสนุนในการทำต้นแบบผลิตภัณฑ์ของการบูรณาการศาสตร์ทางด้านวิศวกรรมวัสดุ และศาสตร์ทางด้านศิลปะการออกแบบผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผาในครั้งนี้ และขอขอบคุณนักศึกษาทุกคนที่มีส่วนร่วมในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- โกมล รัชวงศ์. เอกสารคำสอน **น้ำเคลือบ 2**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏพระนคร. 2538
- ศุภกา ปาลเปรม. **เคลือบที่มีลักษณะพิเศษ**. สูจิบัตรงานแสดงเครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติ ครั้งที่ 13, กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2549 หน้า 144-147
- **เคลือบผลึก**. วารสารวิชาการคณะมัณฑนศิลป์, กรุงเทพฯ: คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร 2551. หน้า 22-25
- **เคลือบ: ดินเผา**. กรุงเทพฯ: บริษัท โอเอส พรินติ้ง เฮ้าส์ จำกัด, 2552
- Creber, Diane. *Crystalline Glaze*, London: A&C Black Publisher Limited., 2005
- Cullen, W. Parmelee. *Ceramic Glazes*, New York: The maple Press Company, 1973.
- Daly, Gerg. *Glazes and Glazing Technique*, NSW Australia: Kangaroo Press Pty Ltd., 1995.
- N. Yongvanich, T. Sirijan, K. Thummanukitcharoen, J. Kerdsiri, P. Gaeonun "Crystallization of Willemite in Crystalline Glaze", *Integrated Ferroelectrics*. (Accepted) (ISI)
- Frederick H. Norton. *Ceramics for the Artist Potter*. Addison-Wesley. Cambridge. 1956.

K.M. Knowles and F.S.H.B. Freeman. Microscopy and microanalysis of crystalline glazes. *Journal of Microscopy*. 215(3) (2004) 257-270.

J.J. Reinoso, F. Rubio-Marcos, E. Solera, M.A. Bengochea, and J.F. Fernandez. Sintering behavior of nanostructured glass ceramic glazes. *Ceramics International*. 36 (2010) 1845-1850.

M.G. Rasteiro, T. Gassman, R. Santos, and E. Antunes. Crystalline phase characterization of glass-ceramic glazes. *Ceramics International*. 33 (2007) 345-354.

L. Froberg, T. Kronberg, L. Hupa, and M. Hupa. Influence of firing parameters on phase composition of raw glazes. *Journal of the European Ceramic Society*. 27 (2007) 1671-1675.

รูปผลงานสร้างสรรค์





1. ชื่อผลงานสร้างสรรค์ : ผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผาสำหรับประดับตกแต่ง
2. ชื่อศิลปินผู้ออกแบบ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศุภกา ปาลเปรม
3. เทคนิค : เซรามิก
ขนาด : ประมาณ 20x20 cm.
4. ปีที่สร้างสรรค์ : ปี พ.ศ. 2556