

ผลของแมงกานีสไดออกไซด์ นิกเกิลออกไซด์ และคอปเปอร์ออกไซด์ต่อการ
ปรากฏสีของเคลือบเฟลด์สปาร์ที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส
EFFECTS OF MANGANESE DIOXIDE, NICKEL OXIDE, AND COPPER
OXIDE ON COLOR APPEARANCE OF FELDSPAR GLAZE AT 1230 °C

จุมพฏ พงศ์ศักดิ์ศรี

Jumpot Phongsaksri

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก ประเทศไทย 65000

Faculty of Industrial Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Muang, Phitsanulok, Thailand, 65000

Corresponding author e-mail: jumpot_ph@psru.ac.th

วันที่เข้ารับ 29 กุมภาพันธ์ 2567

วันที่แก้ไขบทความ 8 ธันวาคม 2567

วันที่ตอบรับบทความ 11 ธันวาคม 2567

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาปริมาณของแมงกานีสไดออกไซด์ นิกเกิลออกไซด์ และคอปเปอร์ออกไซด์ที่ส่งผลต่อการปรากฏสีของเคลือบเฟลด์สปาร์ 2) เพื่อศึกษาปริมาณของแมงกานีสไดออกไซด์ นิกเกิลออกไซด์ และคอปเปอร์ออกไซด์ที่ส่งผลต่อลักษณะผิวที่ปรากฏของเคลือบเฟลด์สปาร์ ดำเนินการวิจัยโดยกำหนดเคลือบพื้นฐานที่มีส่วนผสมของแมงกานีสไดออกไซด์ นิกเกิลออกไซด์ และคอปเปอร์ออกไซด์ แบบเจาะจงจากตารางสามเหลี่ยม จำนวน 15 สูตร ซึ่งและบดความเร็วสูง 5 นาที เเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส บรรยากาศแบบออกซิเดชัน วิเคราะห์การเกิดสี ความสว่างและค่าสีเคลือบด้วยเครื่องวัดค่าสี ผลการวิจัยพบว่า การเกิดสีของเคลือบมี 6 กลุ่มสี ดังนี้ 1) RAL-LS 7043 2) RAL-LS 7024 3) RAL-LS 7009 4) RAL-LS 7010 5) RAL-LS 7013 และ 6) RAL-LS 7003 ค่าความสว่าง ค่า L^* อยู่ระหว่าง 25.05 ถึง 37.33 มีค่าสี a^* อยู่ระหว่าง -0.65 ถึง 0.54 ค่าสี b^* อยู่ระหว่าง -2.26 ถึง 6.58 ผิวเคลือบ มี 2 ลักษณะ 1) ผิวกึ่งมัน กึ่งด้าน ได้แก่ สูตรที่ 7 11 12 และ 2) ผิวมันแวววาว ได้แก่ สูตรที่ 1 2 3 4 5 6 8 9 10 13 14 15 มีระดับความมันเงาอยู่ระหว่าง 30-85 GU และส่วนผสมที่ 4 7 8 11 ผิวเคลือบมีลักษณะเหมือนเปลือกส้ม ส่วนผสมที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ทั้งในงานศิลปะเซรามิกส์ และการพัฒนาเคลือบในอุตสาหกรรม ประกอบด้วย เฟลด์สปาร์ ร้อยละ 45 โดโลไมท์ ร้อยละ 10 แคลเซียมคาร์บอเนต ร้อยละ 13 ดินขาว ร้อยละ 7 และควอตซ์ ร้อยละ 25 และสามารถใช้ออกไซด์ ได้ดังนี้ 1) แมงกานีสไดออกไซด์ ร้อยละ 2 ถึงร้อยละ 6 2) นิกเกิลออกไซด์ ร้อยละ 2 ถึงร้อยละ 3 และ 3) คอปเปอร์ออกไซด์ ร้อยละ 2 ถึงร้อยละ 6

คำสำคัญ: เคลือบเฟลด์สปาร์, แมงกานีสไดออกไซด์, นิกเกิลออกไซด์, คอปเปอร์ออกไซด์

Abstract

This research aims to: 1) study the amounts of manganese dioxide, nickel oxide, and copper oxide that affect the color appearance of feldspar glaze, and 2) study the amounts of manganese dioxide, nickel oxide, and copper oxide that affect the surface characteristics of the feldspar glaze. To conduct the study, base glazes with specific compositions of manganese dioxide, nickel oxide, and copper oxide were prepared according to a ternary diagram, resulting in 15 different formulations. These formulations were processed by weighing and grinding at high speed for 5 minutes, followed by firing at 1230°C in an oxidation atmosphere. The analysis of color development, brightness, and color values of the glazes was conducted using a colorimeter. The findings revealed six color groups: 1) RAL-LS 7043, 2) RAL-LS 7024, 3) RAL-LS 7009, 4) RAL-LS 7010, 5) RAL-LS 7013, and 6) RAL-LS 7003. The brightness and color values of the glazes were as follows: L^* values ranged from 25.05 to 37.33, a^* values ranged from -0.65 to 0.54, and b^* values ranged from -2.26 to 6.58. Two surface characteristics were observed: 1) semi-matte surfaces in formulations 7, 11, and 12, and 2) glossy surfaces in formulations 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 13, 14, and 15, with gloss levels ranging from 30 to 85 GU. Additionally, formulations 4, 7, 8, and 11 exhibited a coating surface resembling the texture of an orange peel. The compositions, which can be applied in ceramic art and glaze development for industrial applications, include: 45% feldspar, 10% dolomite, 13% calcium carbonate, 7% kaolin, and 25% quartz. Oxides that can be used are: 1) manganese dioxide (2–6%), 2) nickel oxide (2–3%), and 3) copper oxide (2–6%).

Keywords: Feldspar glaze, Manganese dioxide, Nickel oxide, Copper oxide

1. บทนำ

เคลือบ (Ceramics glaze) ใช้เพิ่มความสวยงามและความเป็นเอกลักษณ์ให้กับเครื่องปั้นดินเผา ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรง ทนทาน และยังช่วยให้ล้างทำความสะอาดได้ง่าย เคลือบ คือชั้นแก้วบางๆที่เกิดจากการผสมกันของวัตถุดิบหลักๆ ได้แก่ เฟลด์สปาร์ (Feldspar) ควอตซ์ (Quartz) ดินขาว (Kaolin) หรือนิยมเรียกว่า เคลือบเฟลด์สปาร์ ชนิดของเคลือบมีหลายลักษณะซึ่งแตกต่างกันไป ทั้งส่วนผสม การเผา และวิธีการใช้งาน และมีสมบัติที่แตกต่างกันซึ่งเคลือบที่เป็นพื้นฐานที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปได้แก่ เคลือบใส (Transparent glaze) นิยมใช้เคลือบทับภาชนะเครื่องปั้นดินเผาที่เขียนสีได้

เคลือบ และยังสามารถผสมออกไซด์เพื่อเกิดสีหรือความทึบในตัวเคลือบได้ (สุขุมาล, 2564) การใช้เคลือบผสมออกไซด์ให้สีจะสร้างเคลือบให้มีสีที่หลากหลายในเนื้อเคลือบ และมีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้นจึงเป็นที่นิยมของช่างปั้นและโดยทั่วไปสีสำเร็จรูปจะมีราคาสูงกว่าการใช้ออกไซด์ที่ให้สีตามธรรมชาติ (ไพจิตร, 2546) และจะใช้อุณหภูมิในการเผาเคลือบที่ผสมสีสำเร็จรูปในอุณหภูมิไม่เกิน 1200 องศาเซลเซียส ซึ่งโดยทั่วไปจะเผาเคลือบผลิตภัณฑ์ประเภทสโตนแวร์ (Stoneware) ที่อุณหภูมิประมาณ 1230 – 1280 องศาเซลเซียส ส่วนเทคนิคการสร้างเคลือบเซรามิกส์ให้มีสีในปัจจุบันนี้นักเซรามิกส์ยังนิยมใช้เคลือบพื้นฐานซึ่งเป็นวิธีหนึ่งในการพัฒนาสีของเคลือบที่มีความสะดวกมากวิธีหนึ่งแล้วใช้ออกไซด์ให้สีเป็นสารเพิ่มเติม ซึ่งออกไซด์บางชนิดอาจให้สีได้หลายสี เมื่อเผาในอุณหภูมิและบรรยากาศการเผาที่แตกต่างกัน รวมถึงการผสมกับออกไซด์ของโลหะชนิดอื่น ๆ ก็สามารถให้สีที่แตกต่างกันได้ และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์สำหรับผู้บริโภคที่ต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีเคลือบเป็นอัตลักษณ์เฉพาะได้อย่างดี ซึ่งออกไซด์ที่มีลักษณะและสีเฉพาะที่โดดเด่นได้แก่ แมงกานีสไดออกไซด์ (Manganese dioxide) สามารถให้สีที่หลากหลายโดยทั่วไปจะให้สี น้ำตาล หรือ สีดำ และเมื่อใส่จำนวนมากจะทำให้เคลือบมีสีน้ำตาลเข้มไปถึงสีดำเงาโลหะ (Metallic) สีที่ได้จากการใช้แมงกานีสไดออกไซด์มีความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว และมีความโดดเด่นด้านการเป็นตัวช่วยหลอมละลาย (Flux) สามารถช่วยปรับปรุง ความเงา และ ความทนทานของเคลือบเซรามิกส์ ส่วน นิกเกิลออกไซด์ (Nickel oxide) เป็นออกไซด์ที่มีความโดดเด่นด้านการให้สีที่หลากหลายขึ้นอยู่กับส่วนผสมในเคลือบ เช่น สีเทา สีน้ำตาล สีเขียว สีเหลือง สีชมพู สีฟ้า เป็นต้น (ไพจิตร, 2546) นอกจากนี้การเติมนิกเกิลออกไซด์ในเคลือบเซรามิกส์ส่งผลให้เคลือบมีคุณสมบัติทนต่ออุณหภูมิสูง ทำให้มันเหมาะสมกับการผลิตเซรามิกส์ที่ต้องการความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือใช้ในกระบวนการผลิตที่เกี่ยวข้องกับความร้อนสูงทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น (ธมลวัฒน์, 2565) ส่วนคอปเปอร์ออกไซด์ (Copper oxide) หรือทองแดง ซึ่งเป็นโลหะชนิดแรกที่มีมนุษย์รู้จักนำมาใช้เป็นเครื่องมือ จะให้สีเขียวในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน และเป็นวัตถุดิบให้สีที่มีความเข้มสูง (ไพจิตร, 2546) คอปเปอร์ออกไซด์มักถูกใช้ในเคลือบเซรามิกส์เพื่อให้สีเขียวเข้มและสีน้ำตาลที่ให้ความสวยงามและลวดลายที่หลากหลายในการออกแบบ (ธมลวัฒน์, 2565) แม้การใช้ออกไซด์จะสามารถสร้างสีที่สวยงามและมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว แต่ก็ต้องพิจารณาลักษณะผิวเคลือบที่เกิดขึ้นด้วย ซึ่งอาจทำให้ผิวเคลือบมีความมันแวววาวหรือกึ่งมันกึ่งด้าน ซึ่งอาจไม่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท (สุขุมาล, 2564) และการเลือกอัตราส่วนผสมของแมงกานีสไดออกไซด์ นิกเกิลออกไซด์ และ คอปเปอร์ออกไซด์ เป็นสารเพิ่มเติมเคลือบเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึง โดยการใช้ออกไซด์ในปริมาณที่ไม่เหมาะสมอาจส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติของเคลือบ เช่น สีที่ไม่ตรงกับความต้องการหรือผิวเคลือบที่ไม่สมบูรณ์ หรืออาจทำให้เกิดฟองอากาศหรือการหลุดร่อนจากเนื้อดินปั้นได้ (ไพจิตร, 2546)

ซึ่งจากประเด็นข้างต้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปริมาณของออกไซด์ในการสร้างสี่เคลือบเซรามิกส์ รวมถึงการทดสอบส่วนผสมของออกไซด์ที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ลักษณะผิวเคลือบที่ต้องการ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะการพัฒนาเคลือบเซรามิกส์โดยทำการศึกษาผลของแมงกานีสไดออกไซด์ นิกเกิลออกไซด์ และคอปเปอร์ออกไซด์ต่อการปรากฏสีของเคลือบเฟลด์สปาร์ที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส ซึ่งผลการวิจัยสามารถนำไปใช้กับอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่ยังเตรียมเคลือบจากวัตถุดิบจากธรรมชาติโดยไม่ใช้สีสังเคราะห์และใช้เนื้อดินที่เผาในอุณหภูมิไม่เกิน 1250 องศาเซลเซียส โดยเฉพาะกลุ่มผู้ผลิตที่ต้องการสร้างเคลือบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ศิลปะให้มีอัตลักษณ์เฉพาะได้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาปริมาณของแมงกานีสไดออกไซด์ นิกเกิลออกไซด์ และคอปเปอร์ออกไซด์ที่ส่งผลต่อการปรากฏสีของเคลือบเฟลด์สปาร์ที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส

2.2 เพื่อศึกษาปริมาณของแมงกานีสไดออกไซด์ นิกเกิลออกไซด์ และคอปเปอร์ออกไซด์ที่ส่งผลต่อลักษณะผิวที่ปรากฏของเคลือบเฟลด์สปาร์ที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส

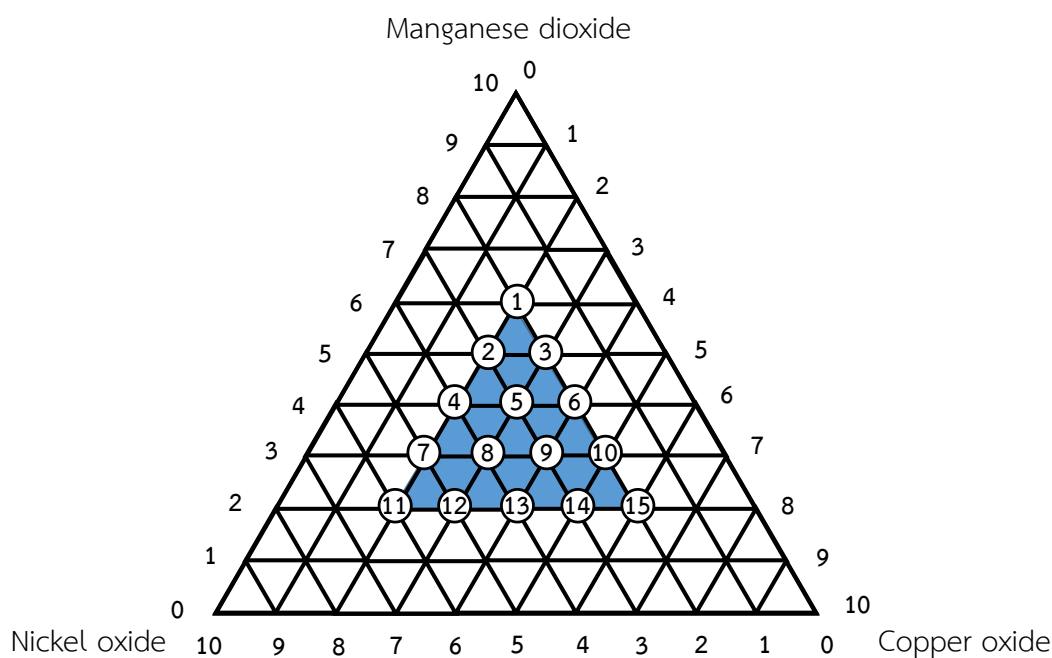
3. วิธีดำเนินการวิจัย

ผลของแมงกานีสไดออกไซด์ นิกเกิลออกไซด์ และคอปเปอร์ออกไซด์ต่อการปรากฏสีของเคลือบเฟลด์สปาร์ที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียสในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการดำเนินการวิจัยไว้ 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาปริมาณของแมงกานีสไดออกไซด์ นิกเกิลออกไซด์ และคอปเปอร์ออกไซด์ที่ส่งผลต่อการปรากฏสีของเคลือบเฟลด์สปาร์ที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. กำหนดสูตรเคลือบเซรามิกส์พื้นฐานที่ใช้ในการผสม โดยผู้วิจัยเป็นผู้คิดค้นสูตรเคลือบขึ้นมีส่วนผสมดังนี้ เฟลด์สปาร์ (Potash feldspar) ร้อยละ 45 โดโลไมท์ (Dolomite) ร้อยละ 10 แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonate) ร้อยละ 13 ดินขาว (Kaolin) ร้อยละ 7 และควอตซ์ (Quartz) ร้อยละ 25

2. กำหนดให้มีอัตราส่วนผสมของออกไซด์ ร้อยละ 10 เป็นสารเพิ่มเติมในเคลือบพื้นฐานแบ่งเป็น 1) แมงกานีสไดออกไซด์ ร้อยละ 2 ถึง ร้อยละ 6 2) นิกเกิลออกไซด์ ร้อยละ 2 ถึง ร้อยละ 6 และ 3) คอปเปอร์ออกไซด์ ร้อยละ 2 ถึง ร้อยละ 6 โดยกำหนดส่วนผสมในการทดลองแบบเจาะจง (Purposive sampling) ทั้งหมดจำนวน 15 สูตรส่วนผสม และคำนวณหาอัตราส่วนผสมจากตารางสามเหลี่ยม (Triaxial Diagram) (Singer, 1963) ดังภาพที่ 1 และสามารถอ่านค่า ได้ดังตารางที่ 1



ภาพที่ 1 การกำหนดอัตราส่วนผสมจากตารางสามเหลี่ยม

ตารางที่ 1 อัตราส่วนการใช้ออกไซด์จากตารางสามเหลี่ยม (ร้อยละ)

สูตรที่	Manganese dioxide	Nickel oxide	Copper oxide
1	6	2	2
2	5	3	2
3	5	2	3
4	4	4	2
5	4	3	3
6	4	2	4
7	3	5	2
8	3	4	3
9	3	3	4
10	3	2	5
11	2	6	2
12	2	5	3
13	2	4	4
14	2	3	5
15	2	2	6

3. ชั่งส่วนผสมทั้งหมดด้วยเครื่องชั่งระบบดิจิทัลบริษัท Mettler Toledo (0.001g) รุ่น PG203-S ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ โดยชั่งส่วนผสมเคลือบพื้นฐานส่วนผสมละ 100 กรัม และชั่งออกไซด์ตามอัตราส่วนที่ได้จากตารางคำนวณส่วนผสม และบดผสมด้วยเครื่องบดผสมความเร็วสูง (Hi-speed) ขนาดเล็ก สูตรละ 5 นาที



ภาพที่ 2 เครื่องบดผสมความเร็วสูง

4. ขึ้นรูปแผ่นทดลองสำหรับการเคลือบ (Test pieces) ขนาด 4x4 เซนติเมตร ด้วยดินสโตนแวร์สำเร็จรูปของบริษัท พอทเทอรี เคลย์จำกัด (Pottery clay) แล้วนำไปเผาดิบ (Biscuit firing) ที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส

5. ปรับค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเคลือบอยู่ระหว่าง 1.40-1.45 และชุบเคลือบแผ่นทดลองโดยใช้เวลาในการชุบเคลือบบนแผ่นทดลอง 3 วินาที

6. เผาแผ่นทดลองที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศออกซิเดชัน (Oxidation firing) ด้วยเตาเผาชนิดไฟฟ้าบริษัท Carbolite Gero Ltd. รุ่น CWF1300 ประเทศอังกฤษ เผาขึ้นไฟเป็นเวลา 15 นาที วัดอุณหภูมิด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิแบบไพโรเมตริกเทอร์โมคัปเปิล (Pyrometric thermocouple) และนำแผ่นทดลองออกจากเตาเผาที่อุณหภูมิไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส

7. วิเคราะห์การเกิดสีของเคลือบ ดังนี้ 1) สแกนสีเคลือบจากแผ่นทดลอง 2) สีเคลือบที่สแกน (Scan) ด้วยเครื่อง Colorimeter Linshang รุ่น LS171 ประเทศจีน ได้แก่ รูปแบบรหัสสีตามเฉดสีของ RAL-LS Color Chart (RAL color standard) ซึ่งเป็นระบบมาตรฐานสีที่พัฒนาโดยสถาบัน RAL (Reichsausschuss für Lieferbedingungen)



ภาพที่ 3 เตาเผาชนิดไฟฟ้า รุ่น CWF1300

8. วิเคราะห์ความสว่างและค่าสีของเคลือบด้วยเครื่อง Chroma meter รุ่น CR-400 บริษัท Konica Minolta ประเทศญี่ปุ่น ในระบบสเกลสี (Color scale) L^* , a^* , และ b^* ของ Hunter lab scale ซึ่งเป็นระบบการวิเคราะห์สีแบบ 3 มิติ โดยที่แกน L^* จะบรรยายถึงความสว่าง (Lightness) จากค่า $+L^*$ แสดงถึงสีขาว จนถึง $-L^*$ แสดงถึงสีดำ แกน a^* จะบรรยายถึงแกนสีจากเขียว ($-a^*$) ไปจนถึงแดง ($+a^*$) ส่วนแกน b^* จะบรรยายถึงแกนสีจากน้ำเงิน ($-b^*$) ไปเหลือง ($+b^*$) (ไพจิตร อังศิริวัฒน์, 2546) โดยทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Chroma meter จำนวน 5 ครั้งต่อแผ่นทดลอง แล้วรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย



ภาพที่ 4 วัดค่าความสว่างและค่าสีด้วยเครื่อง Chroma meter

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาปริมาณของแมงกานีสไดออกไซด์ นิกเกิลออกไซด์ และคอปเปอร์ออกไซด์ที่ส่งผลต่อลักษณะผิวที่ปรากฏของเคลือบเฟลด์สปาร์ที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส โดยมีขั้นตอนดังนี้



1. นำแผ่นทดลองที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 มาศึกษาวิเคราะห์ 3 ประเด็นดังนี้ 1) วิเคราะห์ลักษณะผิวเคลือบ 2) วิเคราะห์ค่าระดับความมันเงาของผิวเคลือบ และ 3) วิเคราะห์ความสมบูรณ์ของผิวเคลือบ

2. วิเคราะห์ลักษณะผิวเคลือบ โดยกำหนดลักษณะผิวเคลือบออกเป็น 4 ลักษณะ ได้แก่ 1) ผิวเคลือบมีลักษณะมันแวววาว (Bright) โดยการใช้การสังเกตที่ผิวเคลือบแวววาวสะท้อนแสงได้ดี 2) ผิวเคลือบมีลักษณะกึ่งมันกึ่งด้าน (Semi-matte) 3) ผิวเคลือบมีลักษณะด้าน (Matte) โดยการใช้การสังเกตที่ผิวเคลือบหลอมสุกตัวแล้วมีผิวด้านไม่สะท้อนแสง 4) ผิวเคลือบมีลักษณะไม่สุกตัว (Un Fused) โดยการใช้การสังเกตที่ผิวเคลือบไม่หลอมละลาย (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์, 2547)

3. วิเคราะห์ค่าระดับความมันเงาของผิวเคลือบด้วยเครื่องวัดความเงา (Gloss Meter) รุ่น YG60S/3NH ประเทศจีน มีหน่วยวัดเป็น Gloss Unit (GU) โดยการวัดจำนวน 5 ครั้งต่อแผ่นทดลอง แล้วรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย โดยที่การวิเคราะห์ค่าความเงาเป็นการตรวจสอบคุณภาพของการเคลือบผิวในด้านการสะท้อนแสง ซึ่งเป็นการประเมินความเงาของผิวหน้าเคลือบเพื่อดูว่าผิวเคลือบมีความมันเงา ระดับใดผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์ มผช.930/2556 เป็นแนวทาง และดำเนินการดังนี้

3.1 เตรียมชิ้นงานที่ผ่านการเผาเคลือบให้แห้ง และทำความสะอาดผิวเคลือบให้ปราศจากฝุ่นหรือสิ่งสกปรกที่อาจรบกวนการวัด

3.2 วางเครื่องวัดความเงาบนพื้นผิวเคลือบในตำแหน่งที่ต้องการทดสอบ และวัดปริมาณแสงที่สะท้อนกลับจากพื้นผิว

3.3 บันทึกค่า Gloss (GU) ที่ได้จากเครื่องวัดในแต่ละจุดที่ทดสอบ

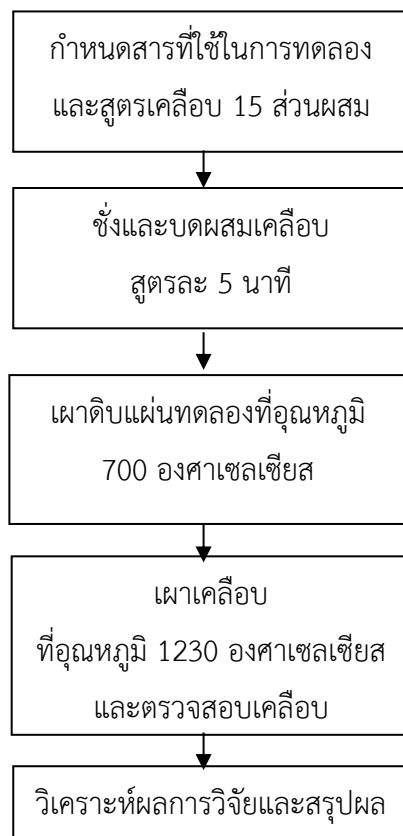
4. วิเคราะห์ความสมบูรณ์ของผิวเคลือบ โดยตรวจสอบผิวเคลือบด้วยการมองด้วยตาเปล่าตามเกณฑ์ มผช. 930/2556 ประกอบกับการพิจารณาตำหนิที่ผิวเคลือบโดยที่ผิวเคลือบสมบูรณ์ต้องไม่มีตำหนิ (Glaze defects) 11 ลักษณะ (ไพจิตร, 2552; ดรุณี และสุธี, 2552; สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2556) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ความสมบูรณ์ของผิวเคลือบ

หัวข้อตำหนิ (Glaze defects)	คำอธิบาย	การวิเคราะห์ความสมบูรณ์ของ ผิวเคลือบตามแนว มผช.930/2556
1. รูเข็ม (Pinhole)	จะพบรูเล็กๆ หรือช่องว่างที่มองเห็นได้ชัดเจนบนผิวเคลือบ โดยอาจมีจุดหลุมขนาดเล็กกระจายทั่วผิว	ผิวเคลือบต้องไม่มีรูเข็มที่มีขนาดเกิน 0.5 มิลลิเมตร รูเข็มที่มีขนาดใหญ่กว่า 0.5 มิลลิเมตร หรือมีรูเข็มมากเกินไปจะถือเป็นข้อบกพร่อง

หัวข้อตำหนิ (Glaze defects)	คำอธิบาย	การวิเคราะห์ความสมบูรณ์ของ ผิวเคลือบตามแนว มผช.930/2556
2. รอยแตกร้าวที่ผิวเคลือบ (Crazing)	จะพบการแตกร้าวเล็ก ๆ บนผิวเคลือบ	ผิวเคลือบจะต้องไม่เกิดรอยแตกร้าว หรือ รอยแยก
3. การหดตัวของเคลือบ (Crawling)	จะพบเคลือบหดตัวหรือแยกหรือร่นหรือ ดึงตัวเป็นก้อนทำให้เกิดช่องว่าง เคลือบ ไม่ติดกับเนื้อดิน	เคลือบต้องไม่หดตัวหรือแยกออกจากพื้นผิว เนื้อดินปั้น
4. เคลือบไหล (Running of glaze)	จะพบผิวเคลือบที่ไหลตัวมากเกินไปไม่ เกาะผิวผลิตภัณฑ์ บางครั้งอาจหรือเส้น รอยการไหล	เคลือบต้องไม่ไหลมากเกินไป
5. การแตกลึกของเคลือบ (Dunting)	จะพบรอยแตกที่ลึกและยาวบนผิวเคลือบเป็นแนวเส้นตรงเกิดรอยลึกถึง เนื้อผลิตภัณฑ์	การแตกลึกของเคลือบต้องไม่เกิดขึ้นใน ผลิตภัณฑ์
6. ขอบเป็นสีดำ (Black top rim)	จะพบสีดำคล้ำในบางส่วนของเคลือบ หรือเกิดขึ้นตามขอบของชิ้นงานหรือมี ลักษณะเป็นเส้นๆสีดำ ที่ขอบของชิ้นงาน	ขอบของเครื่องปั้นดินเผาต้องไม่ปรากฏเป็น สีดำที่มีผลกระทบต่อความสวยงามหรือ ความทนทานของผลิตภัณฑ์
7. เคลือบเดือดหรือพุพอง (Boiling or Blistering)	จะพบเคลือบเป็นหลุมเดือดเป็นฟองมีผิว ขรุขระ การพุพองจะมีขนาดใหญ่ มองเห็นได้บนผิวเคลือบ	ผิวเคลือบของเครื่องปั้นดินเผาต้องไม่เกิด การพุพองหรือหลุมเดือดที่มีขนาดใหญ่หรือ มองเห็นได้อย่างชัดเจน
8. เคลือบเกิดสภาพขุ่น (Devitrification)	จะพบเคลือบที่ควรใสกลับเกิดการตก ผลึกขุ่นเป็นฝ้าดูทึบหรือไม่เงาสดใสทำให้ ไม่สามารถมองเห็นพื้นผิวของเซรามิกส์ ได้อย่างชัดเจน	เคลือบต้องไม่เกิดการตกผลึกที่ทำให้เคลือบ ดูขุ่นหรือทึบ ซึ่งจะทำให้ผิวเคลือบไม่ใสและ ไม่สามารถมองเห็นพื้นผิวของเซรามิกส์ได้ อย่างชัดเจน
9. การหลุดร่อนของเคลือบ (Peeling or Shivering)	จะพบเคลือบกะเทาะร่อนหรือแตกร่อน บริเวณริมขอบหรือมุมของชิ้นงานหลุด ออกเป็นชิ้นๆ	ผิวเคลือบต้องไม่เกิดการหลุดร่อนหรือการ แตกร่อนจากเนื้อดิน โดยเฉพาะบริเวณขอบ หรือมุมของผลิตภัณฑ์
10. เกิดฟองอากาศในเคลือบ (Air Bubble)	จะพบฟองอากาศกระจายตัวในชั้นเคลือบ ซึ่งทำให้ผิวเคลือบมีลักษณะไม่ เรียบ บางครั้งจะทำให้ผิวเคลือบแตกหัก	ผิวเคลือบต้องไม่เกิดฟองอากาศที่มองเห็นได้ ชัดเจนหรือฟองที่ทำให้ผิวเคลือบมีลักษณะ ไม่เรียบและขรุขระ
11. เคลือบลักษณะของผิวส้ม (Orange peel)	มีลักษณะเป็นปุ่มหรือคลื่นนูนเล็กๆ เหมือนกับเปลือกส้ม และอาจมีจุดรูเข็ม เล็กๆกระจายอยู่บนพื้นผิว	ผิวเคลือบของเครื่องปั้นดินเผาต้องมีลักษณะ ที่เรียบเนียนและไม่ขรุขระไม่มีมีจุดรูเข็ม เล็กๆกระจายอยู่บนพื้นผิว

วิธีดำเนินการวิจัยเรื่องผลของแมงกานีสไดออกไซด์ นิกเกิลออกไซด์ และคอปเปอร์ออกไซด์ ต่อการปรากฏสีของเคลือบเพลตสปาร์ที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส สามารถสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังนี้



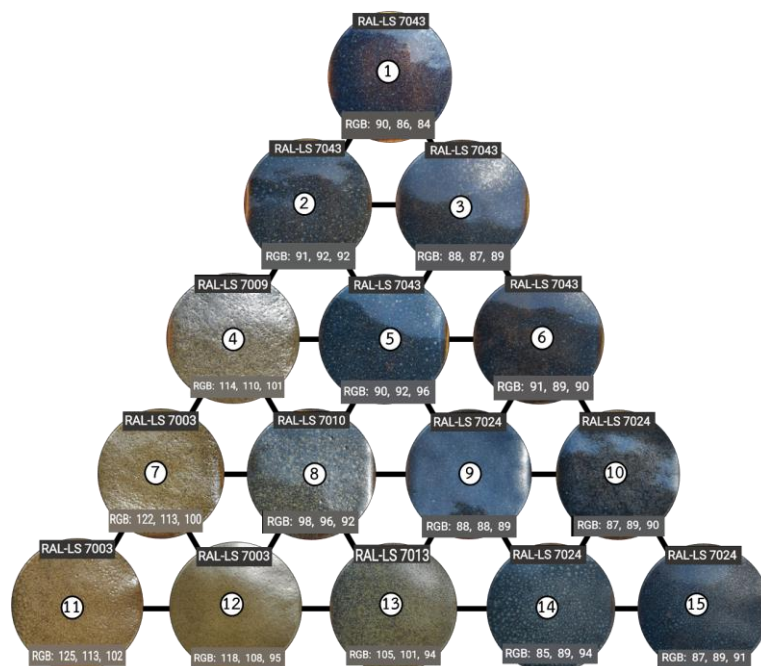
ภาพที่ 5 สรุปขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

4. ผลการวิจัย

ผลของแมงกานีสไดออกไซด์ นิกเกิลออกไซด์ และคอปเปอร์ออกไซด์ต่อการปรากฏสีของเคลือบเพลตสปาร์ที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียสในครั้งนี้ ภายหลังจากดำเนินการทดลองมีผลการวิจัยดังนี้

1. ผลการศึกษาปริมาณของแมงกานีสไดออกไซด์ นิกเกิลออกไซด์ และคอปเปอร์ออกไซด์ที่ส่งผลต่อการปรากฏสีของเคลือบเพลตสปาร์ที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส ซึ่งมีรายละเอียดผลการศึกษาวิจัย แยกเป็น 2 ข้อ ดังนี้

1.1 ผลการวิเคราะห์การเกิดสีของเคลือบเซรามิกส์ภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส มีผลการวิเคราะห์ ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 การเกิดสีของเคลือบเฟลด์สปาร์

จากภาพที่ 6 พบว่า การเกิดสีของเคลือบเฟลด์สปาร์มี 6 กลุ่มสี ดังนี้ 1) กลุ่มสี RAL-LS 7043 ได้แก่สูตรที่ 1 2 3 5 6 2) กลุ่มสี RAL-LS 7024 ได้แก่สูตรที่ 9 10 14 15 3) กลุ่มสี RAL-LS 7009 ได้แก่สูตรที่ 4 4) กลุ่มสี RAL-LS 7010 ได้แก่สูตรที่ 8 5) กลุ่มสี RAL-LS 7013 ได้แก่สูตรที่ 13 และ 6) กลุ่มสี RAL-LS 7003 ได้แก่สูตรที่ 7 11 12

1.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความสว่าง และค่าสีของเคลือบภายหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส มีผลการทดสอบดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบค่าความสว่าง และค่าสีของเคลือบ

สูตรที่	L*	a*	b*
1	25.05	0.72	0.40
2	27.26	-0.15	-0.66
3	25.57	0.23	-0.85
4	35.88	-0.42	4.24
5	28.88	-0.27	-1.92
6	26.41	0.43	-1.08
7	37.01	-0.31	6.58

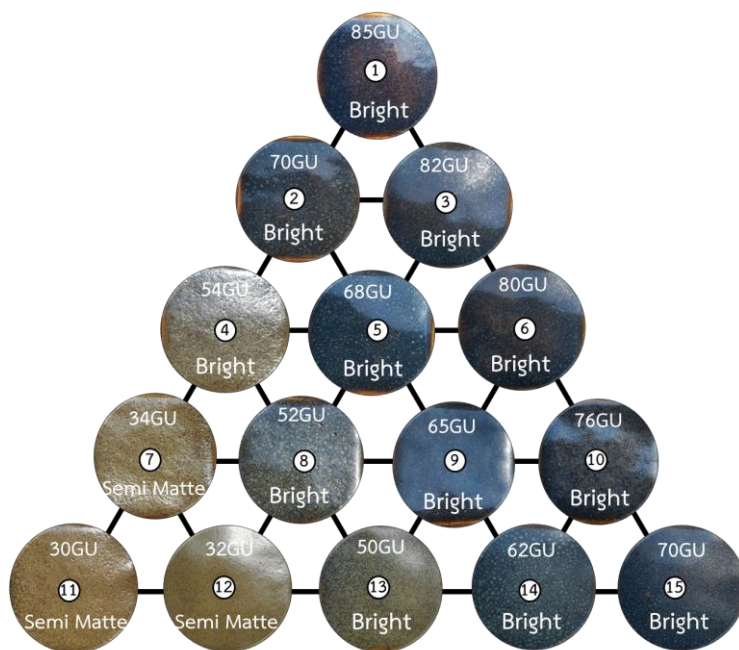


สูตรที่	L*	a*	b*
8	32.15	-0.64	1.88
9	25.50	-0.29	-0.61
10	25.66	-0.18	-0.70
11	37.33	0.54	6.12
12	36.65	-0.24	6.20
13	32.45	-0.64	3.11
14	27.96	-0.65	-2.26
15	25.67	-0.14	-1.31

จากตารางที่ 3 ผลการทดสอบค่าความสว่าง (L*) ค่าสี (a*) และ ค่า (b*) โดยแบ่งกลุ่มตามการเกิดสี พบว่า

- 1) กลุ่มสี RAL-LS 7043 ได้แก่สูตรที่ 1 2 3 5 6 มีค่า L* อยู่ระหว่าง 25.05 ถึง 28.88 มีค่าสี a* อยู่ระหว่าง 0.72 ถึง -1.92 ค่าสี b* อยู่ระหว่าง -8.85 ถึง
- 2) กลุ่มสี RAL-LS 7024 ได้แก่สูตรที่ 9 10 14 15 มีค่า L* อยู่ระหว่าง 25.66 ถึง 25.50 มีค่าสี a* อยู่ระหว่าง -0.14 ถึง -0.65 ค่าสี b* อยู่ระหว่าง -0.61 ถึง -2.26
- 3) กลุ่มสี RAL-LS 7009 ได้แก่สูตรที่ 4 มีค่า L* 35.88 มีค่าสี a* -0.42 และมีค่าสี b* 4.24
- 4) กลุ่มสี RAL-LS 7010 ได้แก่สูตรที่ 8 มีค่า L* 32.15 มีค่าสี a* -0.64 และมีค่าสี b* 1.88
- 5) กลุ่มสี RAL-LS 7013 ได้แก่สูตรที่ 13 มีค่า L* 32.45 มีค่าสี a* -0.64 และมีค่าสี b* 3.11
- 6) กลุ่มสี RAL-LS 7003 ได้แก่สูตรที่ 7 11 12 มีค่า L* อยู่ระหว่าง 36.65 ถึง 37.33 มีค่าสี a* อยู่ระหว่าง -0.24 ถึง 0.54 ค่าสี b* อยู่ระหว่าง 6.12 ถึง 6.58

2. ผลศึกษาปริมาณของแมงกานีสไดออกไซด์ นิกเกิลออกไซด์ และคอปเปอร์ออกไซด์ที่ส่งผลต่อลักษณะผิวที่ปรากฏของเคลือบเพลตส์สปาร์ที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส มีผลการวิเคราะห์ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ลักษณะผิวเคลือบ และระดับความมันเงาของผิวเคลือบ

จากภาพที่ 7 ผลการศึกษาผิวเคลือบ พบว่า 1. ลักษณะของผิวเคลือบ มี 2 ลักษณะ ดังนี้
1) ลักษณะกึ่งมันกึ่งด้าน ได้แก่ สูตรที่ 7 11 12 และ 2) ลักษณะมันแวววาว ได้แก่ สูตรที่ 1 2 3 4 5 6 8 9 10 13 14 15 2. ผิวเคลือบมีค่าระดับความมันเงาอยู่ระหว่าง 30- 85 GU และเมื่อแบ่งตามลักษณะของเคลือบจะมีค่าความเงา แยกได้ดังนี้ 1) ลักษณะผิวเคลือบกึ่งมันกึ่งด้าน มีระดับความมันเงาอยู่ระหว่าง 30- 34 GU 2) ลักษณะผิวเคลือบมันแวววาว มีระดับความมันเงาอยู่ระหว่าง 50- 85 GU

1.3 ผลการวิเคราะห์ความสมบูรณ์ของผิวเคลือบภายหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส โดยที่ผิวเคลือบสมบูรณ์ต้องไม่มีตำหนิ 11 ลักษณะ มีผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4

จากตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความสมบูรณ์ของผิวเคลือบภายหลังจากการเผา พบว่า ส่วนผสมที่ 4 7 8 11 และ 12 ผิวเคลือบมีลักษณะเป็นปุ่มหรือคลื่นนูนเล็กๆ มีจุดกระจายอยู่บนพื้นผิวเคลือบเหมือนกับเปลือกส้ม



ตารางที่ 4 ตารางวิเคราะห์ความสมบูรณ์ของผิวเคลือบภายหลังจากการเผา

สูตรที่	รายการวิเคราะห์ความสมบูรณ์ของผิวเคลือบ										
	รู้เพิ่ม	รอยแตกร้าวที่ผิวเคลือบ	การหลุดตัวของเคลือบ	เคลือบไหล	การแตกหักของเคลือบ	ขอบเป็นสีดำ	เคลือบแตกหรือพอง	เคลือบเกิดสภาพพ่น	การร่อนออกจากเนื้อดินขึ้น	เกิด	เคลือบลักษณะของ
1											
2											
3											
4											/
5											
6											
7											/
8											/
9											
10											
11											/
12											/
13											
14											
15											

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องผลของแมงกานีสไดออกไซด์ นิกเกิลออกไซด์ และคอปเปอร์ออกไซด์ต่อการปรากฏสีของเคลือบเฟลด์สปาร์ที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียสในครั้งนี้ สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลการศึกษาปริมาณของแมงกานีสไดออกไซด์ นิกเกิลออกไซด์ และคอปเปอร์ออกไซด์ที่ส่งผลต่อการปรากฏสีของเคลือบเฟลด์สปาร์ที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส อภิปรายผลการวิจัยได้ 2 หัวข้อ ดังนี้

1.1 การเกิดสีของเคลือบเฟลด์สปาร์มี 6 กลุ่มสี ดังนี้ 1) กลุ่มสี RAL-LS 7043 ได้แก่สูตรที่ 1 2 3 5 6 พบว่าในสูตรส่วนผสมมี แอมกานีสไดออกไซด์ ระหว่าง ร้อยละ 4 ถึง ร้อยละ 6 ส่งผลได้สีโทนน้ำตาลดำ 2) กลุ่มสี RAL-LS 7024 ได้แก่สูตรที่ 9 10 14 15 พบว่าในสูตรส่วนผสมมี คอปเปอร์ออกไซด์ ระหว่าง ร้อยละ 4 ถึง ร้อยละ 6 ส่งผลให้ได้สีโทนน้ำตาลดำ 3) กลุ่มสี RAL-LS 7009 ได้แก่สูตรที่ 4 พบว่าในสูตรส่วนผสมมี แอมกานีสไดออกไซด์ และ นิกเกิลออกไซด์ ร้อยละ 4 ส่งผลได้สีโทนน้ำตาลเข้ม 4) กลุ่มสี RAL-LS 7010 ได้แก่สูตรที่ 8 พบว่าในสูตรส่วนผสมมี นิกเกิลออกไซด์ ร้อยละ 4 ส่งผลได้สีโทนน้ำตาลเข้ม 5) กลุ่มสี RAL-LS 7013 ได้แก่สูตรที่ 13 พบว่าในสูตรส่วนผสมมี นิกเกิลออกไซด์ และ คอปเปอร์ออกไซด์ ร้อยละ 4 ส่งผลได้สีโทนน้ำตาลเข้ม และ 6) กลุ่มสี RAL-LS 7003 ซึ่งเป็นโทนสีน้ำตาล ได้แก่สูตรที่ 7 11 12 พบว่าในสูตรส่วนผสมมี นิกเกิลออกไซด์ ร้อยละ 5 ถึง ร้อยละ 6 ส่งผลได้สีโทนน้ำตาลเข้มอมน้ำเงิน

ซึ่งผลการเกิดสีของส่วนผสมทั้งหมดอยู่ในโทนสีน้ำตาล สีน้ำตาลเข้ม และสีน้ำตาลดำ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธมลวัฒน์ หิรัญชาติอนันต์ (2565) , ไพจิตร อังศิริวัฒน์ (2546) ที่กล่าวว่า การเติมแอมกานีสไดออกไซด์ นิกเกิลออกไซด์ คอปเปอร์ออกไซด์ ในสูตรเคลือบจะให้สีน้ำตาล หรือน้ำตาลเข้มไปจนน้ำตาลดำ

1.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความสว่างและค่าสีของเคลือบ โดยที่ ค่า L^* เป็นไปตามปริมาณการใช้ไดออกไซด์ร้อยละ 10 เป็นสารเพิ่มเติมในเคลือบพื้นฐาน ส่งผลต่อความสว่าง ค่า L^* อยู่ระหว่าง 25.05 ถึง 37.33 และค่าสี a^* อยู่ระหว่าง -0.65 ถึง 0.54 ค่าสี b^* อยู่ระหว่าง -2.26 ถึง 6.58 เป็นไปตามสัดส่วนผสมที่ได้จากตารางสามเหลี่ยมโดยใช้ไดออกไซด์เป็นสารเพิ่มเติม ระหว่างร้อยละ 2 ถึง ร้อยละ 6 ทำให้ค่าสีมีความแตกต่างกัน

2. ผลการศึกษาปริมาณของแอมกานีสไดออกไซด์ นิกเกิลออกไซด์ และคอปเปอร์ออกไซด์ที่ส่งผลต่อลักษณะผิวที่ปรากฏของเคลือบเฟลด์สปาร์ที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส อภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

2.1 ลักษณะของผิวเคลือบ มี 2 ลักษณะ ดังนี้ 1) ลักษณะกึ่งมันกึ่งด้าน ได้แก่ สูตรที่ 7 11 12 และ 2) ลักษณะมันแวววาว ได้แก่ สูตรที่ 1 2 3 4 5 6 8 9 10 13 14 15

2.2 ผิวเคลือบมีค่าระดับความมันเงาอยู่ระหว่าง 30- 85 GU และเมื่อแบ่งตามลักษณะของเคลือบจะมีค่าความเงา แยกได้ดังนี้ 1) เคลือบกึ่งมันกึ่งด้าน มีระดับความมันเงาอยู่ระหว่าง 30- 34 GU 2) เคลือบมันแวววาว มีระดับความมันเงาอยู่ระหว่าง 50- 85 GU ซึ่งพบว่า สูตรที่มีระดับความมันเงาสูงสุดคือสูตรที่ 1 ซึ่งมี แอมกานีสไดออกไซด์ ในส่วนผสมร้อยละ 6 ซึ่งสอดคล้องกับไพจิตร อังศิริวัฒน์ (2546) ที่กล่าวว่า แอมกานีสไดออกไซด์ มีความโดดเด่นด้านการเป็นตัวช่วยหลอมละลาย (Flux) ทำให้เคลือบหลอมละลายในอุณหภูมิที่ต่ำลง แต่หากใส่จำนวนมากจะทำให้เคลือบมีสีน้ำตาลเข้มไปถึงสีดำเงาโลหะ (Metallic) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิริมา เอมวงษ์ (2557) ที่พบว่า

สาเหตุที่เคลือบมีความมันวาวนั้นเพราะมีส่วนประกอบของวัตถุดิบกลุ่มต่างปริมาณมาก โดยในสูตรเคลือบพื้นฐานจะมีปริมาณกลุ่มต่างรวม ร้อยละ 68 แบ่งเป็น เฟลด์สปาร์ ร้อยละ 45 โดโลไมท์ ร้อยละ 10 และ แคลเซียมคาร์บอเนต ร้อยละ 13 สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปราโมทย์ ปิ่นสกุล (2552) ที่พบว่าเคลือบที่มีการหลอมตัวสมบูรณ์มีความมันวาวผิวเคลือบสม่ำเสมอเนื่องจากใช้ เฟลด์สปาร์ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวช่วยให้เคลือบหลอมตัวได้ดี และสอดคล้องกับงานวิจัยของ พรชัย ปานทุ่ง (2558) ที่พบว่า อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการทำเคลือบเซรามิกส์จะมีเฟลด์สปาร์อยู่ในช่วง ร้อยละ 40-80 สอดคล้องกับงานวิจัยของ ภารดี พันธุภากร และ เสกสรรค์ ตันยาภิรมย์ (2542) ที่พบว่า กลุ่มเคลือบที่ใช้ทองแดงออกไซด์ เป็นสารให้สีในสูตรเคลือบ ร้อยละ 1 ถึง ร้อยละ 5 เคลือบจะมีความมันวาว

2.3 ผลการวิเคราะห์ความสมบูรณ์ของผิวเคลือบหลังจากการเผา พบว่า ส่วนผสมที่ 4 7 8 11 และ 12 ผิวเคลือบมีลักษณะเป็นปุ่มหรือคลื่นนูนเล็กๆ มีจุดกระจายอยู่บนพื้นผิวเคลือบเหมือนกับเปลือกส้ม ซึ่งพบว่ามีส่วนผสมของนิเกิลออกไซด์ในสูตรเคลือบจำนวนมาก ร้อยละ 4 ถึง ร้อยละ 6 อาจทำให้เคลือบมีความหนืดสูงหรือมีความไม่สมดุลในการละลายของเคลือบ ซึ่งทำให้เกิดการกระจุกตัวหรือไม่สามารถไหลตัวได้ดีบนพื้นผิว ส่งผลให้เกิดลักษณะผิวที่มีปุ่มหรือคลื่นนูนคล้ายผิวเปลือกส้ม สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธมลวัฒน์ หิรัญชาติอนันต์ (2565) ที่พบว่าการเติมนิกเกิลออกไซด์ในเคลือบเซรามิกส์ส่งผลให้เคลือบมีคุณสมบัติทนต่ออุณหภูมิสูง

สรุปผลการวิจัย

ผลของแมงกานีสไดออกไซด์ นิกเกิลออกไซด์ และคอปเปอร์ออกไซด์ต่อการปรากฏสีของเคลือบเฟลด์สปาร์ที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผลการศึกษาปริมาณของแมงกานีสไดออกไซด์ นิกเกิลออกไซด์ และคอปเปอร์ออกไซด์ที่ส่งผลต่อการปรากฏสีของเคลือบเฟลด์สปาร์ที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส

1.1 ผลการศึกษาการเกิดสีของเคลือบ ทดสอบความสว่างและค่าสีของเคลือบ สามารถสรุปผลการวิจัย ได้ดังนี้ การเกิดสีของเคลือบเฟลด์สปาร์มี 6 กลุ่มสี ดังนี้ 1) กลุ่มสี RAL-LS 7043 ได้แก่สูตรที่ 1 2 3 5 6 2) กลุ่มสี RAL-LS 7024 ได้แก่สูตรที่ 9 10 14 15 3) กลุ่มสี RAL-LS 7009 ได้แก่สูตรที่ 4 4) กลุ่มสี RAL-LS 7010 ได้แก่สูตรที่ 8 5) กลุ่มสี RAL-LS 7013 ได้แก่สูตรที่ 13 และ 6) กลุ่มสี RAL-LS 7003 ได้แก่สูตรที่ 7 11 12

1.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความสว่างและค่าสีของเคลือบ สามารถสรุปผลการวิจัย ได้ดังนี้ ค่า L^* อยู่ระหว่าง 25.05 ถึง 37.33 มีค่าสี a^* อยู่ระหว่าง -0.65 ถึง 0.54 ค่าสี b^* อยู่ระหว่าง -2.26 ถึง 6.58

2. ผลการศึกษาปริมาณของแมงกานีสไดออกไซด์ นิกเกิลออกไซด์ และคอปเปอร์ออกไซด์ที่ส่งผลต่อลักษณะผิวที่ปรากฏของเคลือบเพลตสปาร์ที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส สามารถสรุปผลการวิจัย ได้ดังนี้ 1. ลักษณะของผิวเคลือบ มี 2 ลักษณะ ดังนี้ 1) ลักษณะกึ่งมันกึ่งด้าน ได้แก่ สูตรที่ 7 11 12 และ 2) ลักษณะมันแวววาว ได้แก่ สูตรที่ 1 2 3 4 5 6 8 9 10 13 14 15 2. ผิวเคลือบมีค่าระดับความมันเงาอยู่ระหว่าง 30- 85 GU และเมื่อแบ่งตามลักษณะของเคลือบจะมีค่าความเงาแยกได้ดังนี้ 1) เคลือบกึ่งมันกึ่งด้าน มีระดับความมันเงาอยู่ระหว่าง 30- 34 GU 2) เคลือบมันแวววาว มีระดับความมันเงาอยู่ระหว่าง 50- 85 GU และ 3. ผลการวิเคราะห์ความสมบูรณ์ของผิวเคลือบ หลังจากการเผา พบว่า ส่วนผสมที่ 4 7 8 11 และ 12 ผิวเคลือบมีลักษณะเป็นปุ่มหรือคลื่นนูนเล็กๆ มีจุดกระจายอยู่บนพื้นผิวเคลือบเหมือนกับเปลือกส้ม

โดยสรุปผลการวิจัย พบว่า เคลือบเพลตสปาร์ที่มีส่วนผสมของแมงกานีสไดออกไซด์ นิกเกิลออกไซด์ และคอปเปอร์ออกไซด์ และทำการเผาที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน แล้วเคลือบมีความเหมาะสม คือ ลักษณะผิวเคลือบมีความมันแวววาว และสมบูรณ์ไม่พบตำหนิ ประกอบด้วยวัตถุดิบดังต่อไปนี้ เพลตสปาร์ ร้อยละ 45 โดโลไมท์ ร้อยละ 10 แคลเซียมคาร์บอเนต ร้อยละ 13 ดินขาว ร้อยละ 7 และควอตซ์ ร้อยละ 25 และสามารถใช้ออกไซด์ ได้ดังนี้ 1) แมงกานีสไดออกไซด์ ร้อยละ 2 ถึงร้อยละ 6 2) นิกเกิลออกไซด์ ร้อยละ 2 ถึงร้อยละ 3 และ 3) คอปเปอร์ออกไซด์ ร้อยละ 2 ถึงร้อยละ 6

จากผลการวิจัยสามารถสรุปประเด็นใหม่ที่ค้นพบในงานวิจัยที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ ต่อ ยอดในอนาคตได้ ได้ดังนี้

1. ด้านความสัมพันธ์ระหว่างออกไซด์กับกลุ่มสี มีข้อค้นพบว่าการผสมแมงกานีสไดออกไซด์ นิกเกิลออกไซด์ และคอปเปอร์ออกไซด์ ส่งผลให้เคลือบเพลตสปาร์แบ่งออกเป็น 6 กลุ่มสี RAL-LS ซึ่งสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับออกแบบเฉดสีในอุตสาหกรรมเซรามิกส์และงานศิลปะ
2. ด้านคุณสมบัติเคลือบด้านความสว่างและค่าสี มีข้อค้นพบว่า ค่าความสว่าง (L^*) และค่าสี a^* , b^* แสดงถึงเฉดสีที่เหมาะสมต่อการสร้างผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่มีเอกลักษณ์เฉพาะได้
3. ด้านลักษณะผิว มีข้อค้นพบว่าผิวเคลือบแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ กึ่งมันกึ่งด้าน (Gloss 30-34 GU) และมันแวววาว (Gloss 50-85 GU) สามารถนำไปปรับให้เหมาะสมกับการใช้งานที่หลากหลาย เช่น กระเบื้อง ตกแต่งผนัง หรือเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร
4. ด้านการศึกษาต่อยอดและการพัฒนาวัสดุทดแทน ผลวิจัยนี้สามารถต่อยอดในการพัฒนาเคลือบสำหรับอุณหภูมิเผาต่ำหรือการใช้ของเสียจากอุตสาหกรรม เช่น การผลิตผงสี หรือหมึกพิมพ์

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิจัย ซึ่งทำให้การดำเนินการวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ ซึ่งผู้วิจัยขอขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- ดรุณี วัฒนศิริเวช, และสุธี วัฒนศิริเวช. (2552). การวิเคราะห์แร่ดินเคลือบและตำหนิในผลิตภัณฑ์เซรามิก. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธมลวัฒน์ หิรัญชาติอนันต์. (2565). การพัฒนาสูตรเคลือบดอกซากุระโดยใช้สีที่สกัดจากเปลือกเป็นสารให้สี. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ, 2(2), 23-31. สืบค้นจาก <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/STJS/article/view/254466>
- ปราโมทย์ ปิ่นสกุล. (2552). การทำน้ำเคลือบเซรามิกจากเศษผงปูนปลาสเตอร์. วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์, 4(1), 63-71.
- พรชัย ปานทุ่ง. (2558). การพัฒนาน้ำเคลือบเซรามิกจากเนื้อดินพื้นบ้าน. วารสารวิจัยสหวิทยาการไทย, 10(3), 38-44. สืบค้นจาก <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/jtir/article/view/45040>
- ไพจิตร อังศิริวัฒน์. (2546). สีเซรามิก. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- ไพจิตร อังศิริวัฒน์. (2547). รวมสูตรเคลือบเซรามิก (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- ไพจิตร อังศิริวัฒน์. (2552). ตำหนิเซรามิกและแนวทางแก้ไข. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- ภรดี พันธุ์ภากร, และเสกสรรค์ ตันยาภิรมย์. (2542). เคลือบเซรามิกจากเปลือกหอยนางรม. (รายงานการวิจัย). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ศิริมา เอมวงษ์. (2557). การพัฒนาเคลือบโครมทินเรด อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, 7(1), 52-57. สืบค้นจาก <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/lttech/issue/view/3207>
- สุขุมล สารเกษตริน. (2564). เครื่องปั้นดินเผาการออกแบบและปฏิบัติงาน. กรุงเทพฯ: 50 Press Printing.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2556). เครื่องปั้นดินเผาโตนแวร์ (มผช. 930/2556). สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.
- Singer S.S. (1963). Industrial ceramics. London: Chapman and Hall Ltd.