1. บทนำ

เคลือบสีแดงเลือดนกหรือเคลือบสีแดงเลือดวัว (sang de boeuf) ในปัจจุบันจัดว่าเป็นเคลือบสีที่น่าสนใจมาก ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาซึ่งเคลือบด้วยเคลือบชนิดนี้ค่อนข้างจะมีราคาแพง และโดยทั่วไปยังคงใช้ทองแดงเป็นหลักในการให้มีสีแดงปรากฏขึ้น แต่การทดลองในโรงงานทั้งหลายยังไม่ประสบความสำเร็จที่ดี ซึ่งเป็นปัญหาในวงการอุตสาหกรรมเซรามิกส์ จึงได้มีการวิจัยเพื่อมุ่งหวังให้ได้สูตรเคลือบทองแดงซึ่งให้สีแดงที่ดี และทราบถึงสภาวะ (condition) ที่เหมาะสมในการปรากฏสีแดงอย่างสม่ำเสมอและคงที่สำหรับผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ ก่อนที่จะนำไปสู่เคลือบสีแดงของทองแดง จึงควรมีความรู้เบื้องต้นดังที่จะได้กล่าวต่อไปนี้

เคลือบ (Glaze) คือ สารประกอบของอลูมินา (alumina), ซิลิกา (silica) และสารที่ช่วยให้หลอมละลาย (fluxing) เป็นเนื้อเดียวกันเมื่อได้รับความร้อนจนถึงจุดสุกตัว (vitreous point) จะมีลักษณะโปร่งใสคล้ายแก้ว เมื่อนำไปฉาบบนผลิตภัณฑ์

การนำผลิตภัณฑ์เข้าเคลือบ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่ายิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังมีความแข็งแกร่งและคงทนถาวรเป็นพิเศษ การเคลือบมีวัตถุประสงค์ คือ [1]

1. เพื่อป้องกันผลิตภัณฑ์ไม่ให้ของเหลวและก๊าซไหลผ่านได้
2. เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแกร่ง ทนต่อกรด,ด่าง และทนต่อการกัดกร่อนต่าง ๆ
3. เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เกลี้ยงเกลา สะอาด ง่ายต่อการทำความสะอาดและรักษา
4. เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความสวยงาม น่าใช้ และปิดบังผิวดินได้ดี
5. การเคลือบช่วยให้เพิ่มความต้านทานต่อการกระแทกเสียดสีได้ดี

1.1 การจำแนกชนิดของน้ำเคลือบ (Classification of Glaze) [1-6]

น้ำเคลือบที่ใช้เคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผามีหลายแบบด้วยกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนก เช่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. <u>แบ่งตามอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา</u>

ก. เคลือบไฟสูง (high temperature glazes) อุณหภูมิที่ใช้เผา 1230-1370 °C (cone 6-14) นิยมเคลือบผลิตภัณฑ์ชนิดสโตนแวร์และปอร์สเลน

ข. เคลือบไฟกลาง (medium temperature glazes) อุณหภูมิที่ใช้เผา cone 02-4 นิยมเคลือบผลิตภัณฑ์เอิทเทนแวร์และโบนไชน่า

ค. เคลือบไฟต่ำ (low temperature glazes) อุณหภูมิที่ใช้เผา cone 016-02 สีแดงของเคลือบจะสดใสและแวววาวมาก แต่เนื้อดินจะไม่ค่อยสุกตัว น้ำซึมได้

2. <u>แบ่งตามชนิดของผลิตภัณฑ์ที่นำไปเคลือบ</u>

ก. เคลือบเอิทเทนแวร์ (earthenware glazes)

ข. เคลือบสโตนแวร์ (stoneware glazes)

ข. เคลือบปอร์สเลน (porcelainware glazes)

ค. เคลือบโบนไชน่า (bone china glazes)

3. <u>แบ่งตามวัตถุดิบที่ใช้</u>

ก. เคลือบตะกั่ว (lead glazes) เป็นเคลือบไฟต่ำ เนื่องจากตะกั่วเป็นสารพิษปัจจุบันจึงมีการใช้สารตะกั่วในรูปของฟริต (frit) สารตะกั่วที่ใช้มี 3 ชนิดคือ ตะกั่วแดง (red lead, Pb_3O_4), ตะกั่วขาว (white lead or lead carbonate, $2PbCO_3.Pb(OH)_2$ และตะกั่วเหลือง (lead oxide or litharge, PbO)

ข. เคลือบเกลือ (salt glazes) ทำได้ง่ายและสะดวก คือเมื่อเผาถึงอุณหภูมิหนึ่งก็ใส่เกลือแกง เข้าไปในช่องเผา (fire boxes) จะเกิดเป็นควันโซเดียมไปเกาะที่ผลิตภัณฑ์ซึ่งมีซิลิกาค่อนข้างสูงอยู่แล้ว จึงช่วยทำให้เกิดเป็นมัน เคลือบนี้เผาในอุณหภูมิค่อนข้างสูง คือ cone 02-12 แต่ส่วนใหญ่เผาประมาณ cone 5 และ 8

ค. เคลือบด่าง (alkaline glazes) โดยมีสารประเภทด่างเป็นตัวหลอมละลายในเคลือบ เช่น โบแร็กซ์ (borax, $Na_2O.2B_2O_3.10H_2O$), แคลเซียมโบเรท (calcium borate or colmanite, $2CaO.3B_2O_3.5H_2O$) โซเดียมคาร์บอเนต (soduim carbonate or soda ash, Na_2CO_3) เนื่องจากเป็นสารที่ละลายน้ำได้ดี จึงนิยมเตรียมในรูปของฟริต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ง. เคลือบขี้เถ้า (ash glazes) เป็นเคลือบเก่าแก่ใช้ขี้เถ้าชนิดต่างๆ ผสมกับโพแตส (potash) และแมกนีเซียม (magnesia) แล้วผสมเหล็กเล็กน้อย ทำให้เคลือบสีสวยขึ้น

จ. เคลือบเฟลสปาร์ (feldspathic glazes) มีเฟลสปาร์ผสมในเคลือบ 5 % ขึ้นไป นอกจากนั้นก็มีเคลย์ (clay) และควอตซ์ (quartz)

4. <u>แบ่งตามกรรมวิธีการผลิต</u>

ก. เคลือบดิบ (raw glazes) ประกอบด้วยวัตถุดิบที่ยังมิได้รับการปรับปรุงและเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ เป็นเคลือบที่ไม่มีวัตถุดิบที่เป็นฟริตผสมอยู่

ข. เคลือบฟริต (fritted glazes) ใช้วัตถุดิบที่ละลายน้ำง่ายและเป็นสารพิษ รวมกับซิลิกาและอลูมินาเล็กน้อยเผาให้เป็นแก้วก่อนแล้วนำไปผสมในเคลือบ มี 3 ชนิด คือ

(1) เคลือบฟริตที่มีบอริกออกไซด์

(2) เคลือบฟริตที่มีตะกั่ว

(3) เคลือบฟริตที่มีทั้งบอริกออกไซด์และตะกั่ว

5. <u>แบ่งตามลักษณะของผิวเคลือบ</u>

ก. เคลือบใส (clear glazes) เมื่อเผาถึงจุดสุกตัวจะใสคล้ายแก้ว จนสามารถมองเห็นสีของเนื้อดิน นิยมใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีการตกแต่งใต้เคลือบ (underglaze decoration)

ข. เคลือบทึบ (opaque glazes) ช่วยปิดบังข้อเสียของเนื้อดิน โดยการเติมสีที่ทำให้เกิดเคลือบทึบ (opacifier) เช่น ทินออกไซด์ (SnO_2), ติเตเนียมออกไซด์ (TiO_2), เซอร์โคเนียมออกไซด์ (ZrO_2), ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) และแคลเซียมฟลูออไรด์ (CaF_2)

ค. เคลือบด้าน (mat glazes) เป็นเคลือบที่ไม่เป็นมัน ผิวเรียบ โดยการเติมอลูมินา , แบเรียมคาร์บอเนต หรือลดฟลักซ์ (flux) ในน้ำเคลือบ ถ้าจะให้มีสีก็เติม ออกไซด์ของโลหะ เช่น เหล็ก (iron), ซิงค์ (zinc), และติเตเนียม (titanium)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ง. เคลือบราน (crackle glazes) เกิดจากส่วนผสมของเคลือบและเนื้อดินมีการขยายตัวไม่เท่ากัน จึงเกิดรอยรานบนผิวเคลือบ เตรียมโดยเติมสารที่เป็นฟลักซ์ลงในเนื้อดิน

จ. เคลือบผลึก (crystalline glazes) เกิดได้ 2 ชนิด คือเป็นผลึกขนาดใหญ่ (large crystal) และอีกชนิดเป็นผลึกขนาดเล็ก ๆ เรียกว่า adventurine ซึ่งเมื่อกระทบแสงจะมองเห็นเป็นจุดเล็ก ๆ ในเคลือบ สารที่ทำให้เกิดผลึกได้ดี เช่น ZnO, TiO_2, ZrO_2, Fe_2O_3

ฉ. เคลือบสี (color glazes) เกิดจากการมีสารให้สี (coloring agent) หรือออกไซด์ของสารที่เผาแล้วเกิดสี ลงในส่วนผสมของเคลือบ เช่น คอปเปอร์ออกไซด์ (CuO), เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3,Fe_3O_4)

ช. เคลือบประกายมุก (luster glazes) เป็นเคลือบที่มีผิวเป็นมันแววาวมาก เป็นสารละลายของไพนเรซิน (pine resin), บิสมัส ไนเตรท (bismuth nitrate) และเกลือโลหะซึ่งละลายในน้ำลาเวนเดอร์ (lavender) ก่อให้เกิดลักษณะคล้ายกับโลหะบาง ๆ ฉาบบนผลิตภัณฑ์ เกลือโลหะที่ใช้ คือ อะซิเตทของตะกั่ว และซิงค์ ; ซัลเฟตของทองแดง, แมงกานีส และโคบอลท์ ; ยูเรเนียม ไนเตรท (uranium nitrate); และสารประกอบของเงินและทองคำ

1.2 <u>สูตรทั่วไปของเคลือบ</u> [1,2]

สามารถแสดงสูตรทั่วไปของเคลือบได้ใน 2 รูปแบบ คือ

1. Batch glaze ซึ่งแสดงถึงน้ำหนักของวัตถุดิบทั้งหมดที่เป็นส่วนผสมในเคลือบ
2. สูตรเซเกอร์ (Seger formula) หรือ Empirical glaze formula แสดงส่วนผสมของเคลือบในรูปของจำนวนโมลของออกไซด์ที่มีสภาพเป็นกรด, ด่าง, กลาง ซึ่งสามารถเขียนเป็นสูตรเซเกอร์ได้ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

RO R_2O	x R_2O_3	y RO_2
1 โมล	x โมล	y โมล

กลุ่มที่ 1 มีสัญญลักษณ์ RO, R_2O

เป็นออกไซด์ของธาตุอัลคาไลที่มีสมบัติเป็นเบส หรือด่าง (basic oxide) ทำหน้าที่เป็นตัวหลอมละลาย (fluxes) ทั้งในอุณหภูมิต่ำและสูง ทำให้จุดสุกตัวของเคลือบต่ำลง ในการเขียนเป็นสูตรเซเกอร์ ผลรวมของออกไซด์กลุ่มนี้เท่ากับ 1 โมลเสมอ

R_2O เป็นออกไซด์ของโลหะอัลคาไล เช่น ลิเธียมคาร์บอเนต (Li_2O), โซเดียมออกไซด์ (Na_2O), โปตัสเซียมออกไซด์ (K_2O)

RO เป็นออกไซด์ของโลหะ เช่น แคลเซียมออกไซด์ (CaO), แบเรียมออกไซด์ (BaO), ตะกั่วออกไซด์ (PbO), ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) เป็นต้น

กลุ่มที่ 2 มีสัญญลักษณ์ R_2O_3

เป็นออกไซด์ที่มีสมบัติเป็นกลาง (neutral oxide) ทำหน้าที่เป็นตัวทนไฟ (refractory) ช่วยให้เคลือบมีความแข็งแกร่ง ไม่ไหลตัวมากคือ ออกไซด์ของอลูมินา เป็นจำนวน x โมล โดยเปลี่ยนแปลงระหว่าง 0-0.5 โมล

กลุ่มที่ 3 มีสัญญลักษณ์ RO_2

เป็นออกไซด์ที่มีสมบัติเป็นกรด (acid oxide) ทำหน้าที่เป็นตัวทำให้เกิดความมันวาว คือ ออกไซด์ของซิลิกา เป็นจำนวน y โมล โดยเปลี่ยนแปลงระหว่าง 1.0 - 13.0 โมล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวอย่างของออกไซด์ที่มีสมบัติทางเคมีต่าง ๆ ในตาราง 1.1

ตาราง 1.1 การแบ่งกลุ่มของออกไซด์ต่าง ๆ [1,2]

กลุ่มที่มีสมบัติเป็นด่าง RO, R_2O	กลุ่มที่มีสมบัติเป็นกลาง R_2O_3	กลุ่มที่มีสมบัติเป็นกรด RO_2
CaO MgO BeO SrO ZnO FeO MnO PbO Li_2O Na_2O K_2O	Al_2O_3 <u>หมายเหตุ</u> อาจใช้ Fe_2O_3 Cr_2O_3, Sb_2O_3, B_2O_3 ฯลฯ ร่วมกับ Al_2O_3 เพื่อ วัตถุประสงค์บางประการ	SiO_2 <u>หมายเหตุ</u> อาจใช้ TiO_2 ZrO_2, SnO_2 ร่วมกับ SiO_2 เพื่อวัตถุประสงค์ บางประการ

1.3 บรรยากาศที่ใช้ในการเผา [7,8]

การเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์นิยมเผาในบรรยากาศ 2 แบบ คือ

1. การเผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน (oxidation firing : OF)

เป็นการเผาที่ปล่อยให้ออกซิเจนเข้าไปเผาไหม้กับเชื้อเพลิงได้อย่างสมบูรณ์ (complete combustion) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือ ออกซิเจนรวมกับคาร์บอนจากเชื้อเพลิงเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และพลังงาน

$$C_4H_{10} + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O + \text{พลังงาน}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะภายในเตาเมื่อมีการเผาแบบออกซิเดชัน คือ สะอาด ไม่มีควัน โลหะออกไซด์ซึ่งเป็นสารให้สีในเนื้อดินและในน้ำเคลือบไม่ถูกดึงออกซิเจนไปใช้ในขบวนการเผาไหม้ เพราะมีออกซิเจนมากเกินพอแล้ว ดังนั้นสีของผลิตภัณฑ์จึงเป็นสีของโลหะออกไซด์นั่นเอง เช่น เคลือบทองแดง เมื่อเผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน ก็จะได้สีเขียวของทองแดงออกไซด์

2. <u>การเผาในบรรยากาศแบบรีดักชัน</u> (reduction firing : RF)

เป็นการเผาไหม้ที่ปล่อยเชื้อเพลิงเข้าในเตาสูง แต่มีปริมาณอออกซิเจนน้อย ทำให้เกิดการเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์ (incomplete combustion) จึงมีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เกิดขึ้นด้วย

$$C_4H_{10} + O_2 \longrightarrow CO_2 + CO + H_2 + \text{พลังงาน}$$

เมื่อมีออกซิเจนสำหรับการเผาไหม้น้อย คาร์บอนจากเชื้อเพลิงจึงต้องดึงออกซิเจนจากโลหะออกไซด์ ในเนื้อดินและน้ำเคลือบ ดังนั้นสีของผลิตภัณฑ์จึงเป็นสีของโลหะออกไซด์ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงแล้ว เช่น เคลือบทองแดง เมื่อเผาในบรรยากาศรีดักชัน ก็จะได้สีแดงของ cuprous oxide เป็นต้น และการเผาแบบรีดักชันลักษณะที่เด่นชัดคือ มีควันมาก

ในทางปฏิบัติ การเผาแบบรีดักชันในขั้นแรกทำการเผาแบบออกซิเดชันไปเรื่อย ๆ จนถึงอุณหภูมิประมาณ 930 °C ก็จะทำการปรับบรรยากาศเป็นแบบรีดักชัน โดยปรับบริเวณที่ปล่อยอากาศเข้าในเตาให้มีออกซิเจนเข้าน้อยลง เพื่อให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์

1.4 <u>สาเหตุและตำหนิบนผิวเคลือบ</u> [1,2]

1.4.1 <u>สาเหตุการเกิดตำหนิบนผิวเคลือบ</u>

การเกิดตำหนิบนผิวเคลือบ (glaze defects) ก่อให้เกิดความเสียหายแก่ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ซึ่งทำให้คุณค่าของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ลดลงอย่างมาก ซึ่งอาจจะเกิดจากหลายสาเหตุด้วยกัน คือ

1. ตำหนิที่เกิดจากเนื้อดินปั้น (defects due to the body) เพราะเนื้อดินปั้นมีความพรุนตัวมาก ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากการนวดดินไม่ดี ยังคงมีฟองอากาศในเนื้อดิน หรือขณะนวดดินผสมน้ำมากเกินไป และการเผาดิบ (bisque) ที่อุณหภูมิ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต่ำเกินไป ก็ทำให้เนื้อดินปั้นมีความพรุนตัวมาก เมื่อนำไปชุบเคลือบก็จะดูดน้ำเคลือบมาก เมื่อเผาจะเกิดการหดตัวและขยายตัวทำให้เกิดตำหนิได้

2. ตำหนิที่เกิดจากการชุบเคลือบ (defects of glaze application) เช่น การชุบเคลือบหนาเกินไป ทำให้เคลือบไหลตัวเกาะพื้น, การชุบเคลือบบางเกินไป ทำให้ผิวด้าน ไม่เป็นมัน, การมีฝุ่นละอองหรือสิ่งสกปรกติดที่ผิวผลิตภัณฑ์ก่อนชุบเคลือบ ทำให้ชุบเคลือบไม่ติด หรือเกิดรูเข็ม เป็นต้น

3. ตำหนิซึ่งเกิดจากการเผา (defects originating in firing) เช่น การเผาที่เร่งเกินไป ทำให้ผิวเคลือบพอง, ผลิตภัณฑ์ชุบเคลือบเสร็จใหม่ๆ นำเข้าเตาเผา จะเกิด crawling ได้ง่าย เป็นต้น

4. ตำหนิเกิดจากส่วนประกอบของน้ำเคลือบ (defect in glaze composition) เช่น น้ำเคลือบไม่เหมาะสมกับเนื้อดิน ทำให้เกิดการราน, เคลือบไหลตัวมากเมื่อเผาถึงจุดสุกตัว เป็นต้น

1.4.2 <u>ตำหนิของเคลือบ</u>

1. การราน (crazing) เกิดจากการขยายตัวของเนื้อดินปั้นไม่เท่ากัน แก้ไขโดยลดฟลักซ์และเติมควอตซ์ในเคลือบ และลดควอตซ์ เพิ่มอลูมินาในเนื้อดินปั้น

2. การร่อนออกของน้ำเคลือบ (shivering or peeling) เกิดจากการหดตัวของเนื้อดินกับเคลือบไม่เท่ากัน ผิวผลิตภัณฑ์สกปรก ผลิตภัณฑ์มีความพรุนตัวน้อย ชุบเคลือบไม่ติด

3. การเกิดรูเข็ม (pinholes) หมายถึง รูเล็ก ๆ บนผิวเคลือบ แต่ถ้าเกิดพองตัวเป็นรูใหญ่ เรียกว่า blister เกิดจากสารบางอย่างเมื่อได้รับความร้อนจะเกิดก๊าซ เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต, ซิงค์ออกไซด์ เป็นต้น แก้ไขโดยการเผายืดเวลาออกไป

4. เคลือบแยกตัวออกจากกัน (crawling) เกิดจากน้ำเคลือบหดตัวมากเกินไป และผิวผลิตภัณฑ์สกปรก

5. เคลือบที่ไม่มีความมัน (loss of gloss) เป็นเคลือบด้านไม่มีความมัน ซึ่งเนื่องจากการเผาไม่ถึงจุดสุกตัว หรือส่วนผสมบางอย่างของเคลือบระเหยได้ง่าย เช่น โบแร็กซ์, ตะกั่ว เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.5 วัตถุดิบที่ใช้ในการทำน้ำเคลือบ (Glaze Raw Materials)

วัตถุดิบที่ใช้ในทางเซรามิกส์หลายชนิดมักจะมีสิ่งเจือปน ดังนั้นในการเตรียมน้ำเคลือบแต่ละครั้งโดยใช้วัตถุดิบอย่างเดียวกันปริมาณเท่ากัน แต่ซื้อจากแหล่งต่างกันก็จะได้สีเคลือบที่แตกต่างกันได้

วัตถุดิบที่สำคัญและพบบ่อย ๆ คือ

1.5.1 เฟลสปาร์หรือหินฟันม้า (Feldspar)[3,9-11]

เฟลสปาร์หรือหินฟันม้าเป็นวัตถุดิบที่สำคัญ ทำหน้าที่เป็นตัวหลอมละลาย (flux) ทำให้อุณหภูมิในการเผาต่ำลง เป็นตัวเริ่มก่อให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดเนื้อแก้ว ใช้ผสมได้ทั้งในน้ำเคลือบและเนื้อดินปั้น เฟลสปาร์เป็นสารประกอบของอลูมิโนซิลิเกตของอัลคาไล และอัลคาไลเอิร์ท โดยเฉพาะสารประกอบของโซเดียม โปตัสเซียม และแคลเซียม เฟลสปาร์ช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์มีสมบัติแกร่ง และมีความโปร่งแสง (strength and translucence) ข้อดีที่นำเฟลสปาร์มาใช้ คือ ราคาถูกและเป็นสารประกอบอัลคาไลที่ไม่ละลายน้ำ

ชนิดของเฟลสปาร์ที่พบมากมี 3 ชนิด คือ

1. **โพแตสเฟลสปาร์ (potash feldspar)**

สูตรทางเคมีเป็น $K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$ ซึ่งเมื่อคิดปริมาณแต่ละสารประกอบจะได้ SiO_2 64.7%, Al_2O_3 18.4%, และ K_2O 16.9% มีจุดหลอมตัวประมาณ 1200 ถึง 1250 °ซ

2. **โซดาเฟลสปาร์ (soda feldspar)**

สูตรทางเคมีเป็น $Na_2O.Al_2O_3.6SiO_2$ ซึ่งเมื่อคิดปริมาณแต่ละสารประกอบจะได้ SiO_2 68.7%, Al_2O_3 19.5%, และ Na_2O 11.8% มีจุดหลอมตัวประมาณ 1100 °ซ

3. **แคลเซียมเฟลสปาร์ (calcium feldspar)** สูตรทางเคมีเป็น $CaO.Al_2O_3.2SiO_2$ มีส่วนประกอบคือ SiO_2 43.3%, Al_2O_3 36.6%, และ CaO 20.1% มีจุดหลอมตัวประมาณ 1552 °ซ

1.5.2 ดินขาวเกาลิน (Kaolin หรือ China clay)[3,13]

เป็นส่วนประกอบสำคัญในเคลือบ เพราะช่วยให้น้ำเคลือบลอยตัวไม่ตกตะกอนง่าย ช่วยให้น้ำเคลือบเกาะติดผิวผลิตภัณฑ์ได้ดีคือเป็นตัว binder ช่วยควบคุมการหดตัวของน้ำเคลือบบนผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่ได้เผา เป็นตัวให้อลูมินาและซิลิกาแก่น้ำเคลือบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลึกที่บริสุทธิ์ของดินขาวมีส่วนประกอบทางเคมีคือ $(OH)_4Al_2(Si_2O_5)$ หรือ $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$ หรือ Al_2O_3 39.8%, SiO_2 46.3% และ H_2O 13.9% มีจุดหลอมเหลวประมาณ 1785 °C

1.5.3 <u>ควอตซ์ หรือหินเขี้ยวหนุมาน</u> (Quartz) [1,3,11,14]

เป็นสารประกอบซิลิเกตที่เกิดในธรรมชาติ มีความบริสุทธิ์มากกว่าวัตถุดิบชนิดอื่น มีความแข็งมาก มีอีกชื่อ คือ flint ในน้ำเคลือบ ควอตซ์ทำให้เคลือบเป็นมัน เป็นตัวการสำคัญที่ก่อให้เกิดแก้ว

โครงสร้างอะตอมของควอตซ์เป็นร่างแหสามมิติ เกิดจากอะตอมออกซิเจนทั้งสี่ของเตตระฮีดรัลหลาย ๆ รูปเชื่อมโยงกันอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้ผลึกแข็งแกร่ง ควอตซ์จึงจัดเป็นพวกซิลิเกตมากกว่าพวกออกไซด์ พันธะแข็งแรงมากมีจุดหลอมตัวสูงประมาณ 1728 °C

1.5.4 <u>แคลเซียมคาร์บอเนต</u> (Calcium carbonate : $CaCO_3$) [1,4,15]

แคลเซียมคาร์บอเนต หรือเรียกว่า whiting เมื่อเผาให้แคลเซียมออกไซด์ในเคลือบ ใช้เป็นตัวช่วยลดจุดหลอมละลายในเคลือบไฟสูง และมีความต้านทาน (resistant)ต่อกรด ทำให้เคลือบมีความแข็งแกร่งดี ปกติใช้เพียงเล็กน้อยร่วมกับฟลักซ์อื่น ๆ ในเคลือบที่ไฟต่ำกว่า 1100 °C ไม่ควรใช้ปริมาณสูง เพราะเป็นตัวทนไฟ ซึ่งอาจเกิดการตกผลึกและมีผลทำให้เกิดเคลือบด้าน (mat glaze) แต่ถ้าปริมาณสูงจะทำหน้าที่เป็นฟลักซ์

1.5.5 <u>แบเรียมคาร์บอเนต</u> (Barium carbonate : $BaCO_3$) [4,15]

แบเรียมคาร์บอเนตเตรียมจากการตกผลึกแร่แบไรท์ (baryte : barium sulphate) ด้วยโซดาแอช เมื่อเผาจะให้แบเรียมออกไซด์ ทำหน้าที่เป็นฟลักซ์ที่อุณหภูมิสูงที่ดีกว่าพวกแคลเซียม แมกเนเซียม ทำให้เคลือบมีความแวววาวแต่น้อยกว่าตะกั่ว เมื่อถูกความร้อนจะขยายตัวน้อยกว่าอัลคาไลและแคลเซียม นิยมใช้ร่วมกับฟลักซ์ตัวอื่น ๆ เพราะที่อุณหภูมิต่ำจะทำปฏิกิริยาช้ามากและจะเป็นวัตถุทนไฟ ดังนั้นถ้าใช้แบเรียมคาร์บอเนตเป็นฟลักซ์โดด ๆ ผิวเคลือบจะด้าน แต่ถ้าเคลือบไฟสูงจะเป็นฟลักซ์ที่ดี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.5.6 **ซิงค์ออกไซด์** (Zinc oxide : ZnO) [4,15]

ซิงค์ออกไซด์เตรียมจากแร่ sphalerite (ZnS) เมื่อผสมในเคลือบทำให้เคลือบเป็นเงาดีขึ้น ใช้ปริมาณน้อยทำให้การไหลตัวของเคลือบดีขึ้น ผิวเคลือบเรียบ แต่ถ้าใช้ปริมาณมากจะเป็นตัวทนไฟ ซิงค์ออกไซด์อาจก่อให้เกิดการราน (cracking) และการแยกตัวออกจากกันของเคลือบ (crawling) ก่อนใช้จึงควรนำซิงค์ออกไซด์เผา (calcine) ก่อน

1.5.7 **ดีบุกออกไซด์** (Tin oxide : SnO_2) [4]

เป็นตัวทำให้ทึบแสงในเคลือบดีกว่าสารทึบแสงชนิดอื่น ๆ ให้สีขาวทึบในเคลือบในเคลือบทั้งไฟสูงและไฟต่ำ ทำให้เคลือบทึบนั้นมีความมันวาว ใช้กันประมาณ 5-7% ถ้าใช้มากทำให้เคลือบด้าน จับผิวเนื้อดินได้แน่นและสม่ำเสมอดี

1.5.8 **เถ้ากระดูก** (Bone ash : $Ca_3(PO_4)_2$) [1,16]

ที่สำคัญใช้ในเนื้อดิน ทำหน้าที่เป็นฟลักซ์ เรียกว่า china bodies ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์โปร่งแสงมาก แต่บางครั้งใช้ผสมในน้ำเคลือบซึ่งเป็นตัวทำให้เกิดทึบแสง แต่มักทำให้เกิดรูเข็ม (pinholes) และการแยกตัวออกจากกันของเคลือบ ถ้าใช้ในปริมาณมากเกินไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.6 <u>เคลือบสีแดง</u> (Red colored glaze)

เคลือบสีแดงที่พบโดยทั่วไป คือ

1.6.1 เคลือบสีแดงของเหล็ก

1.6.2 เคลือบสีแดงของโครเมียม

1.6.3 เคลือบสีแดงของทองแดง

1.6.1 <u>เคลือบสีแดงของเหล็ก</u> (Iron red glaze) [9,17]

เป็นเคลือบที่มีสีแดงเข้ม (Vermillon) โดยการใช้เหล็กออกไซด์ (Iron oxide) เป็นสารให้สีแดงเมื่อเผาในบรรยากาศออกซิเดชัน (oxidation atmosphere) ส่วนมากมักใช้ในรูปเฟอริกออกไซด์ (ferric oxide, Fe_2O_3) ประมาณ 8% แต่อาจเพิ่มถึง 15% หรือสามารถเพิ่มเป็น 20% ถ้ามี calcine material มากพอที่จะทำให้ออกไซด์หลอม

<u>กลไก (mechanism) การเกิดสีแดงของเหล็ก</u>

ที่อุณหภูมิสูงเฟอริกออกไซด์ (Fe_2O_3) จะปล่อยออกซิเจนออกมา ทำให้เกิดเฟอรัสออกไซด์ (FeO) ซึ่งมีสีเขียว ดังสมการ

$$Fe_2O_3 \longrightarrow 2\,FeO + 1/2\,O_2$$

หลังจากนั้นเฟอรัสออกไซด์สามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ใน 2 ลักษณะ ดังนี้

ลักษณะที่ 1 FeO เกิดออกซิเดชันอีกครั้ง (reoxidizing) อย่างฉับพลัน ก็จะเปลี่ยนไปอยู่ในรูป Fe_3O_4 ซึ่งเสถียรมาก เพราะอยู่ในรูป spinel เมื่อเคลือบเย็นตัวลงก็ไม่สามารถเปลี่ยนไปอยู่ในรูป Fe_2O_3 ได้อีกดังสมการ

$$3\,FeO + 1/2\,O_2 \longrightarrow Fe_3O_4 \text{ หรือ } FeO.Fe_2O_3$$

สีเขียว สีแดง

ลักษณะที่ 2 ผิวเคลือบเย็นตัวลงอย่างรวดเร็วจนไม่สามารถเกิด reoxidizing จึงเกิดเป็นสีดำ ซึ่งน่าจะเป็นสีระหว่างสีแดงกับสีเขียว ดังสมการ

$$4\,FeO + 1/2\,O_2 \longrightarrow 2\,FeO + Fe_2O_3$$

สีเขียว สีเขียว สีแดง

การให้ได้สีแดงที่ดีทำโดยการเผาในบรรยากาศออกซิเดชัน ซึ่งมีการป้องกันการปะทะของเปลวไฟโดยบรรจุผลิตภัณฑ์ในแซกการ์ แล้วปรับบรรยากาศเป็นกลาง ที่จุดสุกตัวของเคลือบ (SK 8) และแช่ไฟประมาณ 30 นาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.6.2 <u>เคลือบสีแดงของโครเมียม</u> (Chrome red glaze) [9,18]

เคลือบสีแดงของโครเมียม จะต้องมีองค์ประกอบพื้นฐานของกลุ่มที่มีสมบัติเป็นด่าง (RO, R_2O) เป็น feldspar-lime-barium-lithium เท่านั้นจึงปรากฏเป็นสีแดง เช่น

0.08 KNaO

0.72 CaO

0.15 BaO

0.05 Li_2O

โดยมีสารที่ให้สีคือ chromic oxide (Cr_2O_3) 0.3% และ ดีบุกออกไซด์ (SnO_2) 6-10% จะช่วยเพิ่มความเข้มของสีแดงได้ดี ซึ่ง SnO_2 ทำหน้าที่เป็นสารที่ทำให้ทึบแสง (opacifier) ถ้าขาด SnO_2 ก็จะไม่เกิดสีแดงของโครเมียม เคลือบนี้มีจุดสุกตัวที่ 1250 °C แช่ไฟประมาณ 20 นาที

<u>กลไกการเกิดสีแดงของโครเมียม</u>

สารให้สีสำหรับเคลือบโครเมียม คือ Cr_2O_3 มีลักษณะเป็นผงสีเขียว เมื่อทำการเผาเคลือบในบรรยากาศออกซิเดชัน Cr_2O_3 ก็จะเปลี่ยนเป็น CrO_3 ซึ่งมีสีแดง นั่นคือเป็นการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน (oxidation number) จาก Cr^{+3} ไปเป็น Cr^{+6} ดังสมการ

$$2\ Cr_2O_3 + 3\ O_2 \longrightarrow 4\ CrO_3$$

สีเขียว สีแดง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.6.3 เคลือบสีแดงของทองแดง (Copper red glaze) [16]

เคลือบทองแดงที่จะให้สีแดงที่ดี จะมีเคลือบพื้นฐานเป็น Lime-Barium-Zinc glaze มีสารให้สีแดงคือ ทองแดงคาร์บอเนต ($CuCO_3$) และมีสารที่ทำให้ทึบแสงคือ ดีบุกออกไซด์ (SnO_2) และเถ้ากระดูก [$Ca_3(PO_4)_2$] มีจุดสุกตัวที่อุณหภูมิ 1250 °C แช่ไฟประมาณ 30 นาที

กลไกการเกิดสีแดงของทองแดง

สารให้สีคือ $CuCO_3$ มีลักษณะเป็นผงสีเขียว เมื่อเผาเคลือบในบรรยากาศออกซิเดชัน $CuCO_3$ ก็จะเปลี่ยนเป็น cupric oxide (CuO) และเมื่อทำการปรับเป็นบรรยากาศรีดักชัน (reduction atmosphere) ที่อุณหภูมิประมาณ 930 °C CuO ก็จะเปลี่ยนเป็น cuprous oxide (Cu_2O) ซึ่งมีสีแดง นั้นคือเป็นการเปลี่ยนออกซิเดชันนัมเบอร์ของทองแดงจาก Cu^{+2} ไปเป็น Cu^{+1}

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.7 <u>เคลือบสีแดงของทองแดง</u> (Coper red glaze) [4,15,19]

เคลือบสีแดงจะประกอบด้วยน้ำเคลือบหลัก (basic glaze) และสารให้สี น้ำเคลือบหลักจะประกอบด้วยออกไซด์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นอลูมินา ซิลิกา และตัวช่วยลดอุณหภูมิ สารให้สีในที่นี้ คือ ทองแดงซึ่งอยู่ในรูปออกไซด์หรือคาร์บอเนต ที่ใช้กันมักเป็นทองแดงออกไซด์สีดำ (black copper oxide or cupric oxide : CuO), ทองแดงออกไซด์สีแดง (red copper oxide or cuprous oxide : Cu_2O) และในรูปทองแดงคาร์บอเนต (copper carbonate : $CuCO_3$)

ได้มีการใช้ทองแดงออกไซด์กันมานานแล้วในการผลิตเคลือบสีน้ำเงินและสีเขียว ทองแดงออกไซด์จะละลายได้ดีในเคลือบ เป็นฟลักซ์ที่ดี ทำให้เคลือบไหลตัวดีและมีผิวหน้าสดใส ถ้าเติม 1% จะให้สีอ่อน ๆ, 2-3% ก็จะเข้มขึ้น ถ้ามากกว่า 5% สีจะคล้ำเป็นสีเขียวหรือสีดำ ถ้าเติมในน้ำเคลือบด่าง (alkaline glazes) ซึ่งเผาในสภาวะที่มีอากาศมากเกินพอ (oxidizing) จะให้สีน้ำเงินแกมเขียว และถ้ามีปริมาณอลูมินาน้อย ๆ หรือไม่มีเลยโดยมีโซเดียมออกไซด์ หรือโปแตสเซียมออกไซด์ในปริมาณสูงก็จะให้สีน้ำเงินเข้ม แต่ถ้าเผาในสภาวะที่มีควันหรือมีอากาศน้อย ๆ (reducing) ก็จะให้สีแดง (copper red) ในเคลือบตะกั่ว ทองแดงออกไซด์จะให้สีเขียว และสีจะสวยขึ้นถ้าเติมออกไซด์ของสารให้สีตัวอื่น ๆ ร่วมด้วยเล็กน้อย เช่น วานาเดียม, รูไทล์, เหล็ก หรือ นิเกิล ถ้าอุณหภูมิที่ใช้เผาถึง cone 8 ทองแดงออกไซด์จะระเหย (volatile) ได้ดี

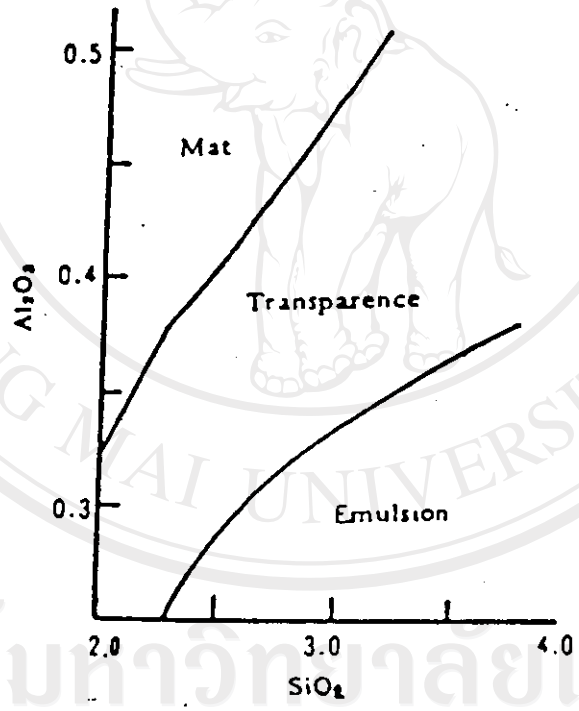
สีแดงเนื่องจากทองแดงออกไซด์ซึ่งเผาในบรรยากาศแบบรีดักชันนั้นมีชื่อเสียงมาก รู้จักกันในชื่อต่าง ๆ คือ copper red, ox-blood, peach bloom, flambe หรือ sang-de boeuf การจะให้ได้สีแดงที่ดีนั้นขึ้นอยู่กับการปรับบรรยากาศในการเผาถูกต้อง และมีส่วนผสมของน้ำเคลือบหลักที่เหมาะสมด้วย ซึ่งน้ำเคลือบหลักที่นิยมโดยทั่วไป คือ [17]

0.1 - 0.3 KNaO
0.5 - 0.8 CaO
0.1 - 0.2 MgO
0.0 - 0.2 ZnO
0.0 - 0.2 BaO

$\}$ x Al_2O_3 . y SiO_2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

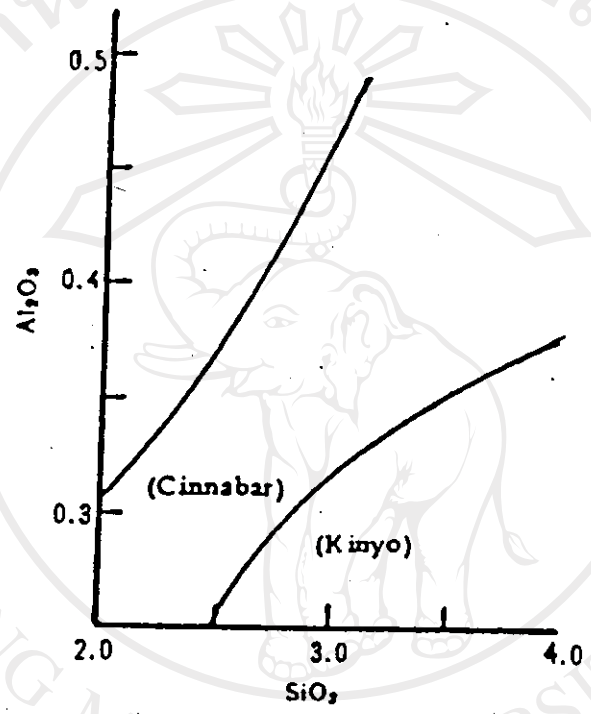
นอกจากนี้ก็อาจจะมีสารที่ทำให้ทึบแสง เช่น เถ้ากระดูก และติเตเนียมออกไซด์ (titanium oxide : TiO_2) ผสมอยู่ด้วย จะทำให้สีของเคลือบดีขึ้น และถ้าอัตราส่วนของอลูมินาต่อซิลิกาเปลี่ยนแปลงไป ก็จะให้ลักษณะของเคลือบแตกต่างกัน ดังรูปที่ 1.1 คือ ลักษณะด้าน (mat), ใส (transparence) และทึบแสง (opaque)



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป 1.1 ผลของอลูมินา-ซิลิกา ในน้ำเคลือบหลักเมื่อมีสารที่ทำให้ทึบแสง[17]

ถ้าเติมทองแดงออกไซด์ลงในน้ำเคลือบหลักข้างต้น และทำการเผาในบรรยากาศแบบรีดักชัน จะได้ผลดังรูป 1.2



<u>รูป 1.2</u> ผลของอลูมินา-ซิลิกา ในน้ำเคลือบทองแดงเมื่อเผาที่ SK 9, RF, ทองแดงออกไซด์ 1% (17)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการเผาบรรยากาศแบบรีดักชัน ทองแดงออกไซด์ในรูป คิวปริกออกไซด์ (cupric oxide : CuO) สามารถจะถูกรีดิวซ์ให้เป็นคิวปรัสออกไซด์ (cuprous oxide : Cu_2O) และโลหะทองแดงได้ง่าย ซึ่งจะให้ช่วงสีแดง สีน้ำตาลแดง สีแดงสด สีส้ม สีม่วงแดง โดยทั้งนี้ขึ้นอยู่กับน้ำเคลือบหลัก บางครั้งจะมีทองแดงออกไซด์บางส่วนอยู่ในลักษณะระหว่างของแข็งกับของเหลวเป็นแผ่นบาง ๆ ซึ่งจะก่อให้เกิดสีน้ำตาลหรือสีดำก็ได้ น้ำเคลือบสีแดงของทองแดงนี้มีความไวต่อบรรยากาศในการเผามาก และเป็นการยากที่จะให้การปรากฏของสีแดงที่แน่นอนทุกครั้ง ปริมาณรีดักชันพอประมาณ จะให้สีแดงที่ดี แต่ถ้ารีดักชันมากเกินไปก็จะเกิดสีแดงคล้ำและดำ อีกปัจจัยที่มีผลมากก็คือเวลาในการเกิดปฏิกิริยารีดักชันในเตาเผา โดยทั่วไปถ้าเผาด้วยบรรยากาศที่เป็นกลาง (neutral

firing : NF) ไปเรื่อย ๆ และตามด้วยบรรยากาศรีดักชันอย่างแรงเพียงระยะสั้นจนถึงจุดสุกตัว แล้วปล่อยให้เย็นลงจะทำให้ได้สีแดงที่สดใส

การเติมเหล็กออกไซด์ ปริมาณเล็กน้อย (0.5-1.0%) ลงในน้ำเคลือบจะทำให้สีแดงสดใสขึ้น บางครั้งการจุ่มเคลือบใสทับเคลือบทองแดงจะป้องกันการถูกออกซิไดส์อีกครั้ง (reoxidized) และปล่อยให้เย็นตัวลง ถ้าเคลือบสีแดงของทองแดงถูกออกซิไดส์อีกครั้งกลายเป็นสีเขียวขและเย็นตัวลง แต่ภายใต้ผิวสีเขียวนั้นยังคงเป็นสีแดง [13]

อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าได้มีการศึกษาและทดลองทำเคลือบสีแดงของทองแดงมาเป็นระยะเวลานานแล้ว แต่ในทางปฏิบัติยังมีปัญหาต่างๆเกี่ยวกับเคลือบชนิดนี้เกิดขึ้นอยู่เสมอ งานวิจัยในครั้งนี้ จึงต้องการศึกษาหาความรู้และข้อมูลซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเกิดสีแดงของเคลือบทองแดง

ตัวอย่างสูตรน้ำเคลือบสีแดงจากทองแดง

1. Copper-red glaze, RF, cone 6 [2]

Batch of glaze

white lead	11.8 %
red lead	11.8 %
whiting	5.9 %
kaolin	2.9 %
flint	29.4 %
borax	29.4 %
boric acid	4.4 %
soda ash	4.4 %
tin oxide	1.7 %
copper oxide	0.5 %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. Flambe glaze, RF, cone 7-8 [2]

Batch of glaze

feldspar	49.0 %
colemanite	29.0 %
flint	20.0 %
bentonite	2.0 %
copper carbonate	3.0 %
cobalt carbonate	0.5 %

3. Copper-red glaze, RF, cone 8 [2]

Batch of glaze

cornwall stone	27.9 %
flint	32.5 %
zinc oxide	4.0 %
barium carbonate	9.3 %
soda ash	4.3 %
borax	22.0 %
copper carbonate	2.0 %
tin oxide	2.0 %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. Copper-red glaze, RF, cone 9-10 [2]

Batch of glaze

ferro frit	13.0 %
soda feldspar	44.0 %
whiting	14.0 %
kaolin	3.0 %
flint	25.0 %
tin oxide	1.0 %
copper carbonate	0.2 %

5. Dark Cinnabar glaze, RF, cone 8-9 [9]

0.24 KNaO
0.56 CaO
0.20 BaO
} 0.28 Al_2O_3 . 3.2 SiO_2 + rice straw ash 10%
bone ash 1%
CuO 1%
SnO_2 3%

Batch of glaze

feldspar	34.1 %
limestone	14.3 %
barium carbonate	10.1 %
kaolin	2.6 %
silica	25.8 %
bone ash	0.9 %
rice straw ash	8.7 %
copper oxide	0.9 %
tin oxide	2.6 %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6. Cinnabar glaze, RF, cone 9 [9]

0.342 KNaO
0.658 BaO
— 0.372 Al_2O_3 . 2.881 SiO_2 + CuO 1%
white lead 1%
SnO_2 2%

Batch of glaze

feldspar	48.0 %
barium carbonate	32.8 %
kaolin	2.0 %
silica	12.5 %
white lead	2.0 %
tin oxide	2.0 %
copper oxide	1.0 %

7. Cinnabar fritted glaze, RF, 950 °C -1050 °C [9]

0.10 K_2O
0.33 Na_2O
0.27 CaO
0.25 PbO
0.05 CuO
— 0.38 Al_2O_3 . 2.05 SiO_2
0.54 B_2O_3 . 0.02 SnO_2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Batch of frit

potash feldspar	23.8 %
soda ash	2.7 %
lime stone	11.5 %
fused borax	23.2 %
tin oxide	1.3 %
copper oxide	1.7 %
silica	11.4 %
red lead	24.4 %

Batch of glaze

frit	70.1 %
kaolin	21.9 %
silica	8.0 %

8. Cinnabar fritted glaze, RF, 1225 °C

$$\left.\begin{matrix}0.08\ K_2O\\0.52\ Na_2O\\0.40\ CaO\end{matrix}\right\} 0.49\ Al_2O_3 \cdot 3.75\ SiO_2$$
$$0.70\ B_2O_3 \cdot 0.06\ SnO_2$$
$$+\ CuO\ \ 1\%$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Batch of frit

potash feldspar	22.4 %
soda ash	9.1 %
limestone	15.1 %
fused borax	35.4 %
silica	13.6 %
tin oxide	4.5 %

Batch of glaze

frit	51.8 %
kaolin	28.6 %
limestone	2.7 %
silica	15.9 %
copper oxide	1.0 %

9. Kin-Yo glaze, RF, SK 8-9 [9]

0.15 KNaO
0.55 CaO
0.20 BaO
0.10 ZnO
} 0.25 Al_2O_3 . 3.0 SiO_2

+ $CuCO_3$ 1.5 %
SnO_2 3.0 %
bone ash 2.0 %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Batch of glaze

feldspar	30.9 %
limestone	20.4 %
$BaCO_3$	14.6 %
ZnO	3.0 %
kaolin	9.5 %
silica	15.6 %
bone ash	1.4 %
SnO_2	2.8 %
$CuCO_3$	1.9 %

10. Kin-Yo glaze, RF, SK 9-10[9]

0.17 KNaO
0.61 CaO
0.18 MgO
0.09 BaO

— 0.28 Al_2O_3 . 3.66 SiO_2

+ TiO_2 3 %

CuO 1 %

SnO_2 2 %

Batch of glaze

feldspar	24.6 %
limestone	15.9 %
$MgCO_3$	4.0 %
$BaCO_3$	4.6 %
kaolin	7.4 %
silica	37.9 %
TiO_2	2.8 %
CuO	0.9 %
SnO_2	1.9 %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

11. Cinnabar glaze (China red glaze), RF, SK 8-9[9]

0.15 KNaO
0.55 CaO
0.20 BaO
0.10 ZnO
} 0.25 Al_2O_3 . 2.5 SiO_2

+ $CuCO_3$ 1.5 %
SnO_2 3.0 %
bone ash 2.0 %

Batch of glaze

feldspar	26.5 %
limestone	17.5 %
barium carbonate	12.5 %
zinc oxide	2.6 %
kaolin	8.2 %
silica	26.7 %
copper carbonate	1.4 %
tin oxide	2.8 %
bone ash	1.9 %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.8 **ผลิตภัณฑ์ของที่ระลึก** (Novelty product)

ผลิตภัณฑ์ของที่ระลึก ในที่นี้หมายความถึง ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่มีคุณค่าสำหรับการมอบเป็นของขวัญ (giftware) หรือเป็นของที่ระลึก (souvenir) ซึ่งอาจจะเป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ประเภทต่างๆ

ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ประเภทเครื่องประดับ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของประดับตกแต่ง ใช้สอยง่าย ๆ ได้แก่ ตุ๊กตา แจกัน กรอบรูป ที่เขี่ยบุหรี่ ฯลฯ เป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นรูปแบบ สีสัน ความสวยงาม มีรูปแบบใหม่ ๆ ออกมาอยู่เสมอ ประเทศที่ครองตลาดอยู่ในขณะนี้ได้แก่ ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ ไต้หวัน ปีหนึ่งๆประเทศเหล่านี้สามารถทำเงินเข้าประเทศได้นับหมื่นล้านบาท ในการผลิตสินค้าดังกล่าวไม่ต้องใช้เทคโนโลยีชั้นสูง แต่ต้องการนักออกแบบที่สามารถจะผลิตงานให้มีรูปแบบใหม่ ๆ ทันสมัย มีสีสันที่สวยงามสะดุดตา ในการที่จะตกแต่งผลิตภัณฑ์ให้มีคุณค่า เหมาะสมกับที่จะเป็นผลิตภัณฑ์ของที่ระลึก ดังนั้นผู้ผลิตควรให้ความสนใจในการปรับปรุงรูปแบบ และสีสันของเคลือบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ให้มากขึ้น เพื่อดึงดูดความสนใจของผู้ซื้อ ซึ่งจะเป็นการเปิดตลาดด้านนี้ให้กว้างขึ้น (19)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.9 **<u>วัตถุประสงค์ของการวิจัย</u>**

1. เพื่อศึกษาเคลือบสีแดงของทองแดงที่ให้ความเข้มของสีที่ปรากฏเป็นสีแดงเด่นชัดเหมาะกับผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกเนื้อสโตนแวร์
2. เพื่อศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับเคลือบสีแดงของทองแดงสำหรับผลิตภัณฑ์ของที่ระลึก โดยใช้อุณหภูมิเผาต่ำกว่า 1250 °C ศึกษาการใช้ตัวเติมเพื่อเพิ่มความเข้มของสีแดง และการศึกษาการปรับสภาพบรรยากาศรีดักชันในเตาเผา
3. เพื่อทดลองทำผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกที่ใช้เคลือบสีแดงของทองแดง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved