4. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

การวิจารณ์และสรุปผลสำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวกับการใช้แร่บางชนิดในภาคเหนือเป็นสีเขียนเซรามิกส์ ในงานนี้ได้เน้นศึกษาสีเขียนเซรามิกส์ในลักษณะเป็นสีเขียนใต้เคลือบ โดยสมบัติของสีจะต้องไม่ละลายในเคลือบ และมีความทนไฟสามารถให้สีที่ชัดเจน

ผลการทดลองเชิงวิจัยแร่ทั้ง 10 ชนิด รวมทั้งการนำแร่ที่ให้สีน่าสนใจมาผสมซึ่งกันและกัน ตลอดจนการนำแร่ที่ให้ผลดีไปผสมกับสารเคมีที่เป็นออกไซด์ของสารอนินทรีย์ซึ่งให้สี โดยหวังว่าจะให้สีใหม่ ๆ ที่น่าสนใจ จากการทดลองนี้จะนำมาวิจารณ์และสรุปผลการทดลองตามลำดับดังนี้

4.1 ผลการศึกษาและทดลองแร่แต่ละชนิดจำนวน 10 ชนิด

4.1.1 แร่โครไมต์ ($FeO.Cr_2O_3$)

ได้นำแร่นี้มาจาก 2 แหล่งคือ จาก อ.เถิน จ.ลำปาง และ อ.นาน้อย จ.อุตรดิตถ์ ผลการทดลองพบว่า

แร่ดิบ แหล่งที่มาจาก จ.อุตรดิตถ์ให้ผลดีกล่าวจากแหล่ง จ.ลำปาง โดยดูจากความมันและความเข้มของสีที่ปรากฏบนชิ้นทดสอบดังตาราง 3.1 และรูป 3.1 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของแร่โครไมต์จากแหล่ง จ.อุตรดิตถ์ จะมี Cr_2O_3 ประมาณ 34 % (ภาคผนวก ค.)

ปริมาณของออกไซด์ของแร่ชนิดนี้นับได้ว่าเป็นแหล่งแร่ที่น่าสนใจเพราะปริมาณของ Cr_2O_3 ที่มี จัดเป็นระดับ refractory grade (ภาคผนวก ค.) เมื่อพิจารณาผลการทดลอง การใช้แร่โครไมต์ที่ผ่านกระบวนการทำให้เป็นสีเขียนมีผลว่า แร่โครไมต์แหล่ง อ. นาน้อย จ.อุตรดิตถ์ ให้ความเข้มของสีได้ชัดเจน เป็นสีน้ำตาล อมดำเข้ม ไม่ละลายในเคลือบ ปรากฏความเด่นชัดของสมบัติสีเขียนที่ดีอย่างน่าสนใจ ส่วนแร่โครไมต์จาก อ.เถิน จ.ลำปาง ได้ปรากฏเป็นสีน้ำตาลอ่อน สีจาง จึงคาดว่าแร่ที่แหล่งนี้น่าจะมีปริมาณโครไมต์ที่ต่ำ สำหรับโครไมต์จากแหล่ง อ.นาน้อย จ.อุตรดิตถ์ นั้น เข้าใจว่าแร่ชนิดนี้เมื่อผ่านขั้นตอนในกระบวนการเตรียมสี การเกิดสารประกอบระหว่างออกไซด์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ของเหล็กและโครไมต์ คาดว่าอาจทำให้เกิดโครงสร้างเป็นสไปเนลของ $FeO.Cr_2O_3$ ในปริมาณสูง ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลให้เกิดสีน้ำตาลอมดำดังผลการทดลองที่แสดงในตาราง 3.1 และรูป 3.1 ที่กล่าวไปซึ่งความจริงแล้วถ้าปริมาณของโครไมต์มีมากและเกิดโครงสร้างสไปเนลในปริมาณสูงขึ้นอีก เชื่อแน่ว่าสีที่ปรากฏจะทำให้เป็นสีดำมากขึ้น ยิ่งเป็นสีที่น่าสนใจสำหรับการเป็นสีเขียนเซรามิกส์ชนิดสีเขียนใต้เคลือบที่ดี

ในกรณีที่ใช้แร่โครไมต์จากแหล่ง อ.นาน้อย จ.อุตรดิตถ์ ได้ให้ผลการทดลองที่ดี เมื่อนำแร่ชนิดนี้นำไปแคลไซน์ 800 °ซ ตามกระบวนการเตรียมสีเขียน หลังจากนั้นให้เติมดินเกาลิน 5 % ผสมลงไป แล้วนำไปเขียนเป็นสีใต้เคลือบจะให้ความเด่นชัดของสีเป็นสีน้ำตาลอมดำได้อย่างดี

4.1.2 แร่อิลเมไนต์ ($FeO.TiO_2$)

แร่ชนิดนี้ได้นำตัวอย่างแร่มาจาก อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่ ลักษณะเป็นก้อนสีดำ ครั้นเมื่อบดแล้วจะพบเม็ดอนุภาคของแร่ปะปนอยู่กับหิน ทำให้การแยกระหว่างแร่กับหินเกิดขึ้นยาก จึงจำเป็นต้องใช้ส่วนผสมไปทำการทดลองในกระบวนการขั้นตอนทำสี ประกอบกับเมื่อติดตามผลวิเคราะห์แร่ชนิดนี้ได้พบปริมาณเหล็กออกไซด์ประมาณ 40 % (ภาคผนวก ค.) ซึ่งเห็นว่ามีปริมาณค่อนข้างต่ำ ประกอบกับหินที่ปะปนอยู่คาดว่าจะมีซิลิกา (ทราย) ปนอยู่ด้วย ดังนั้นเมื่อนำแร่ชนิดนี้ไปทดลองทำเป็นสีใต้เคลือบได้พบว่า แร่ดิบมีลักษณะการละลายในเคลือบได้บ้างเล็กน้อยซึ่งเข้าใจว่าปริมาณซิลิกาในหินปะปนกับแร่นั้นเป็นตัวต้นเหตุที่ทำให้เกิดการละลายในเคลือบ แต่อย่างไรก็ดี สีสามารถปรากฏได้เมื่อใช้แร่อิลเมไนต์ แคลไซน์ 1250 °ซ ให้สีน้ำตาลอมดำแกมเหลืองที่ประเมินว่าอาจพอใช้ได้กับการเป็นสีเขียนเซรามิกส์พอสมควรเพียงแต่แร่ตัวนี้ไม่สามารถแสดงความเด่นชัดของการเป็นสีใต้เคลือบในลักษณะนี้อาจเป็นเพราะว่าองค์ประกอบทางเคมีระหว่าง FeO กับ TiO_2 มีโครงสร้างที่ทนต่อการละลายของเคลือบไม่ดีนัก ดังแสดงในตาราง 3.2 กับรูป 3.3 และรูป 3.4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แต่อย่างไรก็ตาม โครงสร้างชนิดนี้ได้กล่าวกันไว้ในงานของการเป็นวัสดุอย่างอื่น เช่น เรื่องของเฟอไรต์ (ferrite) (15 p.520-521) ซึ่งมีสมบัติและมีความทนไฟอยู่ด้วย สำหรับเรื่องการนำมาใช้เป็นสีใต้เคลือบนั้นในทางปฏิบัติแล้วก็คงพอใช้ได้บ้างด้วยความมุ่งหมายของการเป็นสีใต้เคลือบน้ำตาลอมดำแกมเหลือง

4.1.3 แร่ไพโรลูไซต์ (MnO_2)

แร่ชนิดนี้มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า "แร่แมงกานีส" ที่มีส่วนประกอบทางเคมีคือ แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO_2) โดยธรรมชาติ MnO_2 จะมีสมบัติเป็นกรด ตามหลักทางเคมี ดังนั้นจึงสามารถละลายในเคลือบซึ่งมีสมบัติเป็นด่างได้ดี ด้วยเหตุนี้ผลการทดลองไม่ว่าจะใช้ไพโรลูไซต์จากแหล่ง อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่ อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่ อ.แม่ทา จ.ลำพูน และ จ.แพร่ ก็ตาม ดังพบว่ามีการละลายในเคลือบอย่างเห็นได้ชัดจากชิ้นทดสอบ ดังแสดงในตาราง 3.3 และรูป 3.5 ซึ่งถ้าใช้ปริมาณต่ำจะได้สีน้ำตาลอ่อน ถ้าใช้ปริมาณสูงจะเป็นสีน้ำตาลแก่

อย่างไรก็ตามการนำแร่ชนิดนี้ไปผสมกับแร่อื่นเพื่อหวังจะให้เกิดสีเขียนเซรามิกส์ชนิดใต้เคลือบ จึงจำเป็นจะต้องเลือกหาตัวที่นำมาผสมโดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องเป็นวัตถุดิบที่มีออกไซด์เป็นกลางของ R_2O_3 เช่น Sb_2O_3, Cr_2O_3 เหล่านี้เป็นต้น

4.1.4 แร่รูไทล์

มีส่วนประกอบทางเคมีโดยหลักคือ Titaniumoxide (TiO_2) นอกจากนี้ในธรรมชาติยังมีแร่ชนิดนี้อีก 2 ชื่อคือ อะนาเทส (anatase : TiO_2) และบรูไซต์ (brucite : TiO_2)

สำหรับแร่ที่นำมาทดลองในครั้งนี้มาจากแหล่ง อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่ ทางกรมทรัพยากรธรณีเชต 3 บอกว่าเป็นรูไทล์มีสีน้ำตาลทอง มีความบริสุทธิ์ประมาณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

90 % (ภาคผนวก ค.) ผลการทดลองพบว่าแร่รูไทล์สามารถให้สีเหลืองอมส้ม และมีสมบัติของการเป็นสีเขียนได้ ทั้งนี้เนื่องจากไม่ละลายในเคลือบ เพียงแต่การปรากฏของสีค่อนข้างจาง อาจเป็นเพราะว่าสิ่งเจือปนในแร่รูไทล์ไม่เอื้ออำนวยให้สีเหลืองอมส้มปรากฏชัด ความจริงแล้วสารเคมีติตาเนียมออกไซด์บริสุทธิ์สามารถให้สี เหลืองฟาง (8)

ดังนั้น จากผลการทดลองแร่ชนิดนี้สามารถให้สีเหลืองอมส้มค่อนข้างดี อย่างไรก็ตามถ้าจะนำไปผสมกับแร่อย่างอื่นโดยเฉพาะกับแร่ที่มีออกไซด์เป็นกลางของกลุ่ม R_2O_3 เช่น Cr_2O_3, Sb_2O_3 เป็นต้น คาดว่าความเข้มของสีจะเพิ่มขึ้น หรืออาจปรากฏเป็นสีอื่น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนที่แตกต่างกันระหว่างแร่ในส่วนผสมเหล่านั้น

หากกล่าวโดยสรุปแล้ว สามารถยอมรับการใช้แร่รูไทล์จาก อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแร่ดิบจากธรรมชาติโดยไม่จำเป็นต้องมีส่วนผสมอื่นใด เพียงแต่แร่ธรรมชาติชนิดนี้จะต้องผ่านกระบวนการเตรียมเป็นสีเขียน ซึ่งพบว่าแร่ที่ผ่านการแคลไซน์ 800 °ซ ให้ผลดีที่สุด

4.1.5 แร่วุลแฟรไมต์ ($Fe(Mn)WO_4$)

แร่ธรรมชาติมีสีน้ำตาลอมดำแก่ ส่วนประกอบทางเคมีประกอบด้วยเหล็ก แมงกานีส และทังสเตน ผลการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่าแร่ชนิดนี้ของ จ.เชียงใหม่ มีปริมาณ WO_3 68.05 % MnO_2 1.07 % และ Fe_2O_3 11.36 % (ภาคผนวก ค.) ดังนั้นอิทธิพลของทังสเตนจะปรากฏผลของการเป็นสีเขียนซึ่ง WO_3 มีสมบัติเป็น กลางจึงสามารถทนต่อการละลายในเคลือบได้

ครั้นเมื่อเปรียบเทียบแหล่งแร่วุลแฟรไมต์ของ จ.แพร่ และ จ.เชียงใหม่ พบว่า เชียงใหม่น่าจะมีปริมาณทังสเตนสูงกว่าแพร่ ส่วนปริมาณเหล็กและแมงกานีสที่แพร่น่าจะสูงกว่า เพราะมีผลของการละลายในเคลือบปรากฏบนชิ้นทดสอบชัดเจนกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับแร่วุลแฟรไมต์สรุปว่าสามารถนำมาใช้เป็นสีเขียนเซรามิกส์ได้ เพียงแต่ต้องใช้แร่ที่มีปริมาณวุลแฟรไมต์สูง และสมควรนำมาเตรียมตามกระบวนการทำสี ซึ่งพบว่าการแคลไซน์ที่ 1100 °ซ ให้ผลดีกว่าแคลไซน์ 800 °ซ และ 1250 °ซ โดยจะปรากฏเป็นสีน้ำตาลอมดำแกมเหลืองสีจาง

4.1.6 แร่ชีไลต์ ($CaWO_4$)

มีส่วนประกอบของแคลเซียมและทังสเตน จากผลการวิเคราะห์มีปริมาณ WO_3 75.87 % (ภาคผนวก ค.) ผลการทดลองดังแสดงตามตาราง 3.8 กับรูป 3.12 และรูป 3.13 ปรากฏว่าแร่ชนิดนี้จาก จ.เชียงใหม่ให้สีน้ำตาลอ่อนอมเหลืองจางมาก ถ้าพิจารณาสมบัติการเป็นสีได้เคลือบอาจกล่าวได้ว่าไม่ละลายในเคลือบ ซึ่งถ้าจะนำไปพัฒนาร่วมกับแร่ชนิดอื่น ๆ ที่ให้สีในออกไซด์กลุ่มที่เป็นด่าง (RO) เช่น CuO, CdO, CoO เป็นต้น ย่อมจะทำให้เกิดสีใต้เคลือบที่ดีขึ้นได้

4.1.7 แร่สติบไนต์ (Sb_2S_3)

จากการศึกษาพบว่ามีปริมาณ WO_3 ประมาณ 67 % (ภาคผนวก ค.) แร่ชนิดนี้ได้จากแหล่งสุโขทัย ปรากฏสภาพทนไฟที่เคลือบไม่สามารถเกาะติดกับแร่ชนิดนี้ได้เป็นเหตุให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า เคลือบหนี (crawling) อีกประการหนึ่งแร่สติบไนต์ให้สีจางมากเป็นสีเหลืองอย่างอ่อนสีจะปรากฏชัดขึ้นเมื่อแคลไซน์แร่ 1250 °ซ แต่ก็จัดว่าสีจางมาก ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าแร่สติบไนต์จากแหล่งสุโขทัยคงไม่สามารถนำมาทำเป็นสีเขียนใต้เคลือบที่ดีได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.1.8 แร่มาลาไคต์ [$Cu_2CO_3(OH)_2$]

เป็นแร่ทองแดงที่ได้ตัวอย่างจากแหล่ง จ.อุตรดิตถ์ และแหล่ง จ.ลำปาง ผลการทดลองตามตาราง 3.8 กับรูป 3.13 สีที่ปรากฏบนชิ้นทดสอบที่เข้มและชัดเจนกว่าของแร่มาลาไคต์จากแหล่ง จ.อุตรดิตถ์ จึงคาดว่าแร่จากแหล่งนี้น่าจะมีปริมาณออกไซด์ของทองแดงสูงกว่าจากแหล่ง จ.ลำปาง แร่ชนิดนี้ให้ผลการทดลองที่มีแนวโน้มว่าเป็นสีใต้เคลือบได้บ้างแต่ไม่ดีนัก ทั้งนี้เพราะปรากฏการละลายในเคลือบเล็กน้อย สีของแร่น้ำตาลอมดำแกมเขียว สีใต้เคลือบที่ปรากฏสีเขียวอ่อน แต่ถ้าแคลไซน์ที่ 1100 °ซ ให้สีน้ำตาลอ่อนอมเหลืองสีจางมาก อย่างไรก็ตามแร่ทองแดงทั้ง 2 แหล่งสมควรนำไปผสมกับแร่ที่มีออกไซด์เป็นกลาง (R_2O_3) เช่น Fe_2O_3, Cr_2O_3, Sb_2O_3 เป็นต้น คาดว่าจะให้ผลดี

4.1.9 แร่ไลมอไนต์ ($FeO(OH).nH_2O$ กับ $Fe_2O_3.nH_2O$)

ตัวอย่างแร่นำมาจาก จ.ตาก เป็นแร่เหล็กชนิดหนึ่งที่มีปริมาณเหล็กออกไซด์ 75 % (ภาคผนวก ค.) แต่แร่ชนิดนี้จะอยู่ในลักษณะของ hydrous ดังนั้นจึงมีความสามารถในการละลาย แต่ครั้นเมื่อนำมากระทำในกระบวนการของสีใต้เคลือบผ่านการแคลไซน์ที่ 800-1250 °ซ แร่ ชนิดนี้จะมีความสามารถทนต่อการละลายในเคลือบได้ และสามารถนำไปใช้เป็นสีเขียนใต้ เคลือบปรากฏเป็นสีน้ำตาลอมดำโดยเฉพาะการแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 800 °ซ ดังแสดงในตาราง 3.9 กับรูป 3.14 และรูป 3.15

4.1.10 แร่ฮีมาไทต์ (Fe_2O_3)

นำตัวอย่างแร่มาจาก จ.สุโขทัย และ จ.เลย เป็นแร่เหล็กที่มีปริมาณเหล็กออกไซด์สูงมากประมาณ 80 % (ภาคผนวก ค.) แร่ชนิดนี้มีออกไซด์ของเหล็กอยู่ในสภาพเป็นกลาง แต่อาจละลายในเคลือบได้. เขียนเป็นเส้นเล็ก แร่จากแหล่ง จ.สุโขทัย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ให้สีเข้มเด่นชัดและทนต่อการละลายได้ดีขึ้น ดังแสดงในตาราง 3.10 กับรูป 3.16 และรูป 3.17 แร่ฮีมาไทต์สมควรนำไปผสมกับแร่อื่นโดยเฉพาะอย่างยิ่ง แร่ที่มีปริมาณออกไซด์เป็นด่างเช่น CuO, NiO, CdO ฯลฯ เพื่อจะทำให้เกิดโครงสร้างสไปเนลมีผลให้เกิดความทนต่อการละลายในเคลือบ และทำให้เกิดสีเข้มน่าสนใจมาใช้เป็นสีใต้เคลือบได้ อย่างไรก็ตามแร่ตัวนี้จะให้ผลดีขึ้นได้เมื่อผ่านกระบวนการทำสีซึ่งพบว่าจะให้สีดำปรากฏเมื่อแคลไซน์แร่ที่อุณหภูมิ 800 °ซ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการศึกษาแร่ทั้ง 10 ชนิด สรุปว่าแร่ที่สามารถให้ผลดีต่อการเป็นสีเขียนใต้เคลือบที่น่าสนใจ ได้แก่ แร่โครไมต์ แร่รูไทล์ แร่ไลมอไนต์ และแร่ฮีมาไทต์

ตาราง 4.1 แร่ที่สามารถนำมาใช้เป็นสีใต้เคลือบได้จากจำนวนแร่ 10 ชนิด

ชื่อแร่	สูตรเคมี	แหล่งแร่	สีที่ปรากฏ	ภาวะที่ให้สีดีที่สุด
1. แร่โครไมต์ (Chromite)	$FeO.Cr_2O_3$	อ.นาน้อย จ.อุตรดิตถ์	น้ำตาลอมดำ สีเข้ม	แคลไซน์ 800 °ซ + ดินเกาลิน 5 %
2. แร่รูไทล์ (Rutile)	TiO_2	อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่	เหลืองอมส้ม สีเข้ม	แคลไซน์ 800 °ซ
3. แร่ไลมอไนต์	$FeO(OH).nH_2O$ $Fe_2O_3.nH_2O$	จ.ตาก	น้ำตาลอมดำ	แคลไซน์ 800 °ซ
4. แร่ฮีมาไทต์	Fe_2O_3	จ.สุโขทัย	ดำ	แคลไซน์ 800 °ซ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 ผลการศึกษาการนำแร่ธรรมชาติมาผสมกันและการนำแร่ธรรมชาติผสมกับสารเคมีเพื่อทำสีเขียน

เป็นการประยุกต์ที่จะนำเอาแร่ธรรมชาติที่ได้จากการทดลองและเห็นว่าพอจะนำมาเป็นสีเขียนใต้เคลือบ ซึ่งได้กล่าวแล้วในตอนต้นพบว่าอย่างน้อยแร่ธรรมชาติจำนวน 4 ชนิดจาก 10 ชนิด ที่นำมาทดลองทำเป็นสีเขียนได้ดี เช่น แร่โครไมต์ จาก อ.นาน้อย จ.อุตรดิตถ์ แร่รูไทล์จาก อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่ แร่ไลมอไนต์ จาก จ.ตาก และแร่ฮีมาไทต์ จาก จ.สุโขทัย นอกนั้นก็มีแนวโน้มพอใช้งานได้

อย่างไรก็ตามเมื่อได้นำแร่ต่าง ๆ มาผสมกันสีเขียน มีโครงสร้างเป็นสไปเนล (RO : R_2O_3) หรือนอกเหนือจากสไปเนลอาจทำให้สีเขียนจากวัตถุดิบแร่ธรรมชาติมีผลดีขึ้น

จากการทดลองได้ผลดังนี้

(1) แร่โครไมต์กับแร่ไพโรลูไซต์

มีอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนักโดยหวังว่าสีของโครไมต์ (น้ำตาลอมดำ) และสีของไพโรลูไซต์ (น้ำตาลอมดำสีเข้ม) สามารถให้ความเข้มของสีเป็นน้ำตาลอมดำที่ดีขึ้น โดยอาศัยโครงสร้างทางเคมีเกิดความสมบูรณ์ของสารประกอบเขียนเป็นระบบเซเกอร์ (seger) ดังนี้คือ $FeO.Cr_2O_3.MnO_2$

สีที่ปรากฏมีความเหมาะสมกับการเป็นสีเขียนเซรามิกส์ที่ดีมากให้สีน้ำตาลอมดำที่มีความเข้มและความเด่นชัดของสีใต้เคลือบ ไม่ปรากฏการละลายของสีในเคลือบทั้งนี้โดยมีการแคลไซน์ แร่ทั้ง 2 ชนิดที่ 800 °ซ ดังแสดงในตาราง 3.11 และรูป 3.18

(2) แร่ไพโรลูไซต์กังแร่รูไทล์และแร่ฮีมาไทต์

มีอัตราส่วน 1 : 1 : 1 โดยน้ำหนักผลปรากฏว่าสามารถให้สีเขียนใต้เคลือบที่มีความเข้มพอสมควร แต่เกิดการละลายในเคลือบได้บ้าง และพบว่าลักษณะของสีกระด้างคาดว่ามีความทนไฟพอสมควร สามารถเขียนสูตรเซเกอร์ ดังนี้ $Fe_2O_3 \cdot MnO_2 \cdot TiO_2$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนผสมของแร่มีโครงสร้างไม่ตรงตามหลักของ spinel แต่เป็นอีกกรณีหนึ่ง ซึ่งเกิดโครงสร้างที่สีเขียนเซรามิกส์บางชนิดมีส่วนผสมในลักษณะเช่นนี้ จากผลการทดลองพบว่าสีเขียนยังไม่เป็นที่น่าพอใจเท่าที่ควร และจากการปรากฏของสีผสมดังกล่าวหากทำการปรับปรุงแร่ผสมชนิดนี้ อาจพิจารณาให้ปริมาณของไพโรลูไซต์ลดปริมาณลงกว่าเดิม 50 % หรือมากกว่า คาดว่าจะทำให้แร่ผสมชนิดนี้เป็นสีเขียนใต้เคลือบเซรามิกส์ได้ ดังตาราง 3.11 และรูป 3.18

(3) แร่รูไทล์กับแร่ไลมอไนต์

มีอัตราส่วนผสมเป็น 1:1 โดยน้ำหนักสามารถเขียนสูตรเชเกอร์โดยสังเขปเป็น $Fe_2O_3.TiO_2$ ผลปรากฏว่าได้สีเขียนมีผลดี สีเขียวหม่น นำมาใช้เป็นสีเขียนใต้เคลือบอย่างดี โดยต้องแคลไซน์แร่ที่ 800 °ซ ดังตาราง 3.11 และรูป 3.18

(4) แร่มาลาไคต์กับแร่ไลมอไนต์

จากการทดลองด้วยอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนักอีกเช่นกันอาจเขียนเป็นเชเกอร์ $FeO.CuO.Fe_2O_3$ ซึ่งมีลักษณะเข้าแบบฟอร์มของสไปเนลด้วยฟอร์มสไปเนลมักปรากฏผลดีของการเป็นสีเขียนทางเซรามิกส์ แต่จากการทดลองเมื่อใช้แร่มาลาไคต์และแร่ไลมอไนต์ได้พบว่า สีเขียนที่ปรากฏเป็นสีน้ำตาลที่จางมาก แต่มีความคงทนต่อการละลายในเคลือบได้ดี สีจางที่ปรากฏอาจเนื่องมาจากปริมาณคอปเปอร์ออกไซด์ให้สีของแร่มีค่อนข้างต่ำ หรืออาจเป็นเพราะการทดลองทำเขียนสีจางมากเกินไป อย่างไรก็ตามส่วนผสมของแร่ทั้ง 2 นี้กล่าวได้ว่าพอจะนำมาเป็นสีเขียนเซรามิกส์ได้ด้วยโดยมีการแคลไซน์แร่ที่ 800 °ซ ดังตาราง 3.11 และรูป 3.18

การทดลองสีเขียนใต้เคลือบเซรามิกส์เมื่อใช้วัตถุดิบธรรมชาติมาผสมกัน ดังตัวอย่างการทดลองที่กล่าวมาจากจำนวน 4 ตัวอย่าง พบว่าเป็นแนวทางทำให้เกิดการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปรับปรุงและพิจารณาสีเขียนเซรามิกส์ให้ดีขึ้นกว่าการใช้แร่ตัวใดตัวหนึ่ง และมีแนวโน้มที่จะสามารถ พัฒนาทำให้เกิดความเหมาะสมของสี เป็นสีใต้เคลือบได้ดีขึ้นอีก ถ้านำเอาออก-ไซด์ของสารอนินทรีย์ซึ่งให้สีมาผสมโดยมีกระบวนการเตรียมสีดังกล่าวมาแล้ว

นอกจากการใช้แร่ 2 ชนิดมาผสมกัน ในการทดลองที่จะกล่าวต่อไปเป็นผลที่ได้จากแร่ธรรมชาติผสมกับออกไซด์ของสารอนินทรีย์เคมีที่มีสีเช่น CoO (สีน้ำเงิน) Sb_2O_3 (สีเขียว) Cr_2O_3 (สีเขียวและชมพู) เป็นต้น

ในการทดลองได้ใช้อัตราส่วนผสมโดยคำนึงถึงความเหมาะสมความเข้มของสี ได้ผลการทดลองตามที่ได้แสดงในตาราง 3.12 และรูป 3.19

(1) แร่โครไมต์ ($FeO.Cr_2O_3$) กับ CoO

อัตราส่วนผสม 1:1 โดยโมลให้ผลเป็นสีเขียนเซรามิกส์ที่ดีมาก มีสีน้ำเงินที่อาจกล่าวได้ว่ามีชื่อ navy blue แต่ถ้าเพิ่มปริมาณโครไมต์สูงขึ้นสีจะเปลี่ยนไป

(2) แร่โครไมต์ ($FeO.Cr_2O_3$) กับ CoO

อัตราส่วน 2:1 โดยโมลให้สีเขียวอมน้ำตาลหรือเรียกว่า "เขียวขี้ม้า" จัดเป็นสีเขียนเซรามิกส์ที่ดีอีกเช่นกัน

(3) แร่โครไมต์ ($FeO.Cr_2O_3$) กับ Sb_2O_3

อัตราส่วน 1:1 โดยโมลให้ผลเป็นสีเขียนใต้เคลือบที่ดี สีเขียวอมน้ำตาลแต่จางกว่าการใช้แร่โครไมต์กับ CoO

(4) แร่รูไทล์กับ Cr_2O_3

อัตราส่วน 1:1 โดยโมล

พบว่าให้สีน้ำตาลอมเหลืองแต่สีมีผิวกระด้างคาดว่า เกิดโครงสร้างที่ทนไฟทำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ให้เคลือบไม่สามารถเกาะติดได้ และสีไม่สม่ำเสมอ อย่างไรก็ตามยังสามารถนำมาใช้เป็นสีเขียนใต้เคลือบได้

(5) แร่รูไทล์กับ Cr_2O_3 และ Sb_2O_3

อัตราส่วน 1:1:1 โดยโมล

ให้ผลของสีดีมาก เป็นสีน้ำตาลเด่นชัดไม่ละลายในเคลือบเหมาะสมกับการเป็นสีเขียนใต้เคลือบ

(6) แร่ไลมอไนต์กับ Cr_2O_3 และ ZnO

อัตราส่วน 1:1:1 โดยโมล

โดยมีความคิดว่าถ้าใช้ ZnO ผสมอยู่อาจช่วยทำให้เกิดผลึกขึ้นในสีเขียนใต้เคลือบได้สีที่แปลกออกไปอีก ผลปรากฏว่าสีเขียนใต้เคลือบที่ปรากฏเป็นสีน้ำตาลโกโก้

(7) แร่ไลมอไนต์กับ Sb_2O_3

อัตราส่วนผสม 1:1 โดยโมล ทำให้เกิดสีเขียนใต้เคลือบที่ดี สีน้ำเงินอมเขียวนำไปใช้ได้อย่างดี

การทดลองเมื่อใช้แร่ธรรมชาติผสมกับสารเคมีซึ่งได้ทำการทดลองเป็นตัวอย่างจำนวนหนึ่งที่กล่าวมานั้นสามารถชี้ให้เห็นว่าสีเขียนใต้เคลือบอาจทำจากแร่ชนิดเดียวที่มีสี เช่น แร่โครไมต์ แหล่ง อ.นาน้อย จ.อุตรดิตถ์ หรือแร่รูไทล์ จาก อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่ เป็นต้น

ส่วนสำหรับแร่อย่างอื่นที่ได้นำมาทดลอง จะสามารถปรับปรุงให้แร่ธรรมชาติเหล่านั้นมีสมบัติที่ดีขึ้นเมื่อเอาแร่เหล่านั้นมาผสมกัน รวมถึงการพิจารณานำเอาออกไซด์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หรือสารประกอบของสารอนินทรีย์เคมีที่ให้สีมาผสม ในอัตราส่วนที่พอเหมาะพร้อมทั้งการบดผสมและนำไปเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ทำให้ส่วนผสมของสารเหล่านั้นมีโครงสร้างสไปเนล ($RO : R_2O_3$) หรือโครงสร้างอย่างอื่นที่ให้ความเข้มของสีชัดเจน มีโครงสร้างแข็งแรงไม่ละลายในเคลือบชนิดนั้น ๆ พร้อมทั้งยังก่อให้เกิดสีต่าง ๆ น่าสนใจมากขึ้น นั่นเป็นสิ่งที่เป็นไปได้เมื่อนักวิทยาศาสตร์หรือผู้สนใจทำสีจากแร่ธรรมชาติตั้งใจจะทำก็อาจประสพความสำเร็จทั้งทางด้านการผลิตสีเขียนจากแร่ธรรมชาติเพื่องานเซรามิกส์ที่สนใจรวมถึงการผลิตเป็นระดับอุตสาหกรรม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved