ข้อมูลข่าวสารของกรมวิทยาศาสตร์บริการ
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

วศ
วพซ
อว 9

เอกสารผลงานที่เสนอประเมิน
เพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ 7ว.

เรื่องที่ 1

สีผงเซรามิกสีเขียวชนิดการ์เนต

ของ

นางวรรณา ต.แสงจันทร์
นักวิทยาศาสตร์ 6ว.

กลุ่มวิจัยและพัฒนา
ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก กรมวิทยาศาสตร์บริการ
กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ข้อมูลข่าวสาร... ตามพ.ร.บ. ... พ.ศ. 2540

เอกสารผลงานที่เสนอประเมิน
เพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ 7ว.

เรื่องที่ 1

สีผงเซรามิกสีเขียวชนิดการ์เนต

เลขหมู่ ...
เลขทะเบียน ...
วันที่ 14 ...

ของ

นางวรรณา ต.แสงจันทร์
นักวิทยาศาสตร์ 6ว.

กลุ่มวิจัยและพัฒนา
ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก กรมวิทยาศาสตร์บริการ
กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม

ด้วยอภินันทนาการ
จาก
.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณกรมวิทยาศาสตร์บริการ ผู้บังคับบัญชาทุกท่าน ข้าราชการและเจ้าหน้าที่ฝ่ายต่าง ๆ ที่ได้ให้ความสนับสนุนและความร่วมมืออย่างดียิ่งในการศึกษาวิจัยและจัดทำรายงาน

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยนี้ ได้ทดลองสังเคราะห์สีเขียวชนิดการ์เนตจากส่วนผสมของหินปูน โครมิกออกไซด์ และทรายบดละเอียด โดยใช้หรือไม่ใช้สารเติมแต่งโซเดียมฟลูออไรด์หรือลิเทียมฟลูออไรด์หรือโซเดียมคลอไรด์ ได้ศึกษาผลกระทบของระดับอุณหภูมิเผาสังเคราะห์ ชนิดสารเติมแต่งต่อปฏิกิริยาการเกิด calcium chromium garnet (uvarovite) และความเข้มของสีทั้งในสภาพสีผงและสีในเคลือบ

ส่วนผสมของสีผงที่ได้ทดลองและให้ผลดี กล่าวคือ สามารถทำปฏิกิริยาเกิดเป็น uvarovite ได้ในปริมาณมาก และให้สีเขียว คือ ส่วนผสมที่มีหินปูนร้อยละ 47.5 โครมิกออกไซด์ร้อยละ 24.0 และทราย ร้อยละ 28.5 เผาสังเคราะห์ที่อุณหภูมิ 1200°ซ. ถ้าใช้สารเติมแต่งโซเดียมคลอไรด์จะเผาสังเคราะห์ที่อุณหภูมิ 900°ซ. และถ้าต้องการให้ได้สีเขียวปนเหลืองจะใช้โซเดียมฟลูออไรด์หรือลิเทียมฟลูออไรด์เป็นสารเติมแต่ง เผาสังเคราะห์ที่อุณหภูมิ 1000°ซ.

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		
บทคัดย่อ		
สารบัญตาราง		ก
สารบัญภาพ		ข
บทที่ 1 บทนำ		1
1.1	ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย	1
1.2	วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย	1
1.3	ประโยชน์ที่ได้รับ	1-2
1.4	ระยะเวลาดำเนินการ	2
บทที่ 2 การทดลอง		3
2.1	วัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้	3
2.2	ขั้นตอนการทดลอง	4-5
บทที่ 3 ผลการทดลองและวิจารณ์		6
3.1	ผลกระทบของระดับอุณหภูมิเผาสังเคราะห์	6-7
3.2	ผลกระทบของชนิดสารเติมแต่ง	13-14
บทที่ 4 สรุปผลการทดลอง		15
เอกสารอ้างอิง		16
ภาคผนวก		17
ก	การวัดสี	18-19
ข	ภาพสีผงและเคลือบสีที่เตรียมจากสีผง	20
ค	ภาพผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่เคลือบสีเขียว	21

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	ส่วนผสมที่ใช้ในการทดลอง	4
ตารางที่ 2	ผลวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญทางวิทยาแร่ของสีผงที่สังเคราะห์ได้	7
ตารางที่ 3	ลักษณะทั่วไปของสีผงที่สังเคราะห์ได้	12
ตารางที่ 4	ผลการวัดค่าสีระบบ Hunter L,a,b ของสีผงที่สังเคราะห์ได้	12
ตารางที่ 5	ลักษณะทั่วไปของเคลือบสีที่เตรียมจากสีผงที่สังเคราะห์ได้	13
ตารางที่ 6	ผลการวัดค่าสีระบบ Hunter L,a,b ของเคลือบสีที่เตรียมจากสีผงที่สังเคราะห์ได้	13

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 ภาพเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโตแกรมสีผง G1	8
ภาพที่ 2 ภาพเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโตแกรมสีผง G2	9
ภาพที่ 3 ภาพเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโตแกรมสีผง G3	10
ภาพที่ 4 ภาพเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโตแกรมสีผง G4	11

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย

สีผงเซรามิก (ceramic pigment) เป็นวัตถุดิบที่สำคัญชนิดหนึ่งสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกประเภทเครื่องปั้นดินเผา ผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องปั้นดินเผา เช่น เครื่องสุขภัณฑ์ กระเบื้องปูพื้น-บุผนัง โมเสก เครื่องถ้วยชาม เครื่องประดับตกแต่ง เป็นต้น ถ้าต้องการให้ดูสวยงาม มีคุณค่าน่าใช้ จะต้องเคลือบหรือตกแต่งให้มีสีสัน โดยการใส่สีผงเซรามิกลงในเคลือบหรือนำสีผงเซรามิกมาเขียนตกแต่งบนผลิตภัณฑ์ สินค้าประเภทเครื่องปั้นดินเผาถ้าไม่แต่งเติมด้วยสีสันจะไม่สวยงาม ขาดสิ่งจูงใจให้ชวนซื้อ ดังนั้นสีผงเซรามิกจึงจำเป็นสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก ปัจจุบันประเทศไทยยังไม่สามารถผลิตสีผงเซรามิกในเชิงอุตสาหกรรมได้เอง ต้องนำเข้าจากต่างประเทศในราคาแพง ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิกจึงได้ทำการศึกษาวิจัยสีผงเซรามิกขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตเชิงอุตสาหกรรม ทดแทนการนำเข้าซึ่งจะช่วยลดต้นทุนในการผลิต ทำให้สินค้าเซรามิกสามารถส่งออกไปแข่งขันในตลาดต่างประเทศได้ ทำรายได้เข้าประเทศเพิ่มมากขึ้น

โดยทั่วไปแล้วสีผงเซรามิกที่ใช้กันมีอยู่หลายชนิด ได้แก่ ชนิดสปิเนล (spinel) ชนิดการ์เนต (garnet) ชนิดเซอร์คอน (zircon) ชนิดสฟีน (sphene) ฯลฯ ซึ่งแต่ละชนิดก็ให้สีที่แตกต่างกันไป สำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยการทำสีเขียวชนิดการ์เนต (calcium chromium garnet) จากแคลเซียมออกไซด์ โครมิกออกไซด์ และซิลิกา โดยใช้/ไม่ใช้สารช่วยเร่งปฏิกิริยาหรือสารเติมแต่ง (mineralizer) นำมาเผาเพื่อให้เกิดเป็นโครงสร้างของ calcium chromium garnet หรือ uvarovite $\left(3CaO.Cr_2O_2.3SiO_2 \text{ หรือ } Ca_2Cr_2(SiO_4)_2 \right)$ ซึ่งมีสีเขียว สีผงชนิดนี้ทนความร้อนสูง ไม่สลายตัวง่าย เหมาะที่จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก ในการศึกษาวิจัยนี้ได้ทดลองใช้ทรายและหินปูนบดละเอียดในประเทศแทนซิลิกาและแคลเซียมออกไซด์ เนื่องจากเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่มากในประเทศ

1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย

เพื่อศึกษาหาส่วนผสม และสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์สีเขียวชนิดการ์เนตโดยใช้หินปูน โครมิกออกไซด์ และทรายบดละเอียด ศึกษาผลกระทบของระดับอุณหภูมิเผาสังเคราะห์ต่อปฏิกิริยาการเกิดเป็น uvarovite และความเข้มของสี รวมทั้งผลกระทบของชนิดสารเติมแต่ง

1.3 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.3.1 ทำให้มีข้อมูลในการทำสีผงเซรามิกสีเขียวชนิดการ์เนตขึ้นในประเทศสำหรับเผยแพร่สู่ผู้ประกอบการ

1.3.2 เป็นแนวทางการใช้ประโยชน์ของหินปูนและทราย เนื่องจากเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่มากในประเทศ

1.4 ระยะเวลาดำเนินการ

พ.ศ. 2537-2538

บทที่ 2

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการสังเคราะห์สีเขียวชนิดการ์เนตซึ่งมีสูตรเป็น $3CaO.Cr_2O_3.3SiO_2$ ดังนั้นส่วนผสมของสีผงที่ทำการทดลองมีดังนี้

แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	3	โมล
โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3)	1	โมล
ซิลิกา (SiO_2)	3	โมล

ในกรณีใช้สารเติมแต่ง จะใช้

โซเดียมฟลูออไรด์, ร้อยละ	5
หรือลิเทียมฟลูออไรด์, ร้อยละ	5
หรือโซเดียมคลอไรด์, ร้อยละ	5

ระดับอุณหภูมิเผาสังเคราะห์ 900-1200°ซ.

เคลือบที่ใช้ทดลองกับสีผงที่สังเคราะห์ได้เป็นชนิด lime-barium อุณหภูมิ 1200°ซ.

2.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้

-วัตถุดิบที่ใช้มีดังนี้

หินปูน	ใช้ชนิดเกรดอุตสาหกรรม มีแคลเซียมคาร์บอเนตประมาณร้อยละ 99
โครมิกออกไซด์	ใช้ชนิดเกรดอุตสาหกรรม ความบริสุทธิ์ประมาณร้อยละ 99
ทรายละเอียด	ใช้ชนิดเกรดอุตสาหกรรม มีซิลิกาประมาณร้อยละ 99 บดและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 325 ก่อนใช้

โซเดียมฟลูออไรด์,ลิเทียมฟลูออไรด์ และโซเดียมคลอไรด์ ใช้เคมีภัณฑ์สำหรับห้องปฏิบัติการ

-อุปกรณ์ที่ใช้มีดังนี้

อุปกรณ์เครื่องแก้ว

เบ้าดินเผาพร้อมฝาปิด

หม้อบดพอร์ซเลน

เครื่องบดอัตโนมัติ ครกและสากทำด้วย agate

เครื่องชั่งไฟฟ้า

เตาอบ

เตาเผาไฟฟ้า

เครื่องเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโตมิเตอร์ (X-ray diffractometer)

เครื่องวัดสี (uv/vis spectrophotometer)

2.2 ขั้นตอนการทดลอง

2.2.1 ส่วนผสมที่ทดลอง ส่วนผสมที่ทดลองคิดปริมาณเป็นร้อยละ โดยน้ำหนัก คือ หินปูน ร้อยละ 47.5 โครมิกออกไซด์ร้อยละ 24 ทรายร้อยละ 28.5 โดยมีสารเติมแต่ง โซเดียมฟลูออไรด์ หรือลิเทียมฟลูออไรด์ หรือโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 รายละเอียดส่วนผสมแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนผสมที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบ	ส่วนผสม (กรัม)			
	G1	G2	G3	G4
หินปูน	47.5	47.5	47.5	47.5
โครมิกออกไซด์	24.0	24.0	24.0	24.0
ทราย	28.5	28.5	28.5	28.5
โซเดียมฟลูออไรด์	-	5	-	-
ลิเทียมฟลูออไรด์	-	-	5	-
โซเดียมคลอไรด์	-	-	-	5

2.2.2 การเตรียมสีผง เตรียมตัวอย่างครั้งละ 20 กรัม มีขั้นตอนการเตรียมดังนี้

ก. การบดผสม นำตัวอย่างที่ชั่งเรียบร้อยแล้วมาบดแห้งให้เข้ากันในเครื่องบดอัตโนมัติประมาณ 5 นาที

ข. การเผาสังเคราะห์ นำตัวอย่างที่บดผสมเข้ากันดีแล้วมาเทใส่เบ้าดินเผา ปิดฝาให้เรียบร้อย เผาในเตาเผาไฟฟ้าอุณหภูมิ 900°, 1000°, 1100° และ 1200°ซ. โดยใช้อัตราเร่ง 200°ซ./ชั่วโมง และยืนไฟที่อุณหภูมิสูงสุด 1 ชั่วโมง

ค. การบดและล้าง นำสีผงที่ได้จากการเผาสังเคราะห์ มาบดแห้งในเครื่องบดอัตโนมัติประมาณ 15 นาที จะได้สีผงละเอียด นำมาล้างด้วยน้ำร้อนประมาณ 5 ครั้ง เพื่อกำจัดเกลือส่วนเกินที่ละลายน้ำ กรองแยกผงสีด้วยกระดาษกรอง นำไปอบให้แห้งในเตาอบอุณหภูมิประมาณ 80°ซ. แล้วนำมาบดให้ละเอียดอีกครั้งด้วยเครื่องบดอัตโนมัติประมาณ 2 นาที จะได้สีผงที่พร้อมนำไปใช้งาน และทดสอบคุณสมบัติต่อไป

2.2.3 การเตรียมเคลือบสี นำสีผงที่เตรียมได้มาทดลองใช้กับเคลือบเพื่อดูสี เคลือบที่ใช้เป็นชนิด lime-barium อุณหภูมิ 1200°ซ. มีส่วนผสมดังนี้

แร่ฟันม้า, ร้อยละ	40.39
ควอร์ตซ์, ร้อยละ	23.08
ดินขาวนราธิวาส, ร้อยละ	12.50
หินปูน, ร้อยละ	12.98
ลิเทียมคาร์บอเนต, ร้อยละ	2.40
แบเรียมคาร์บอเนต, ร้อยละ	7.69
มักนีเซียมคาร์บอเนต, ร้อยละ	0.96

บดเปียกส่วนผสมเคลือบข้างต้น และสีผงร้อยละ 5 ในหม้อบดพอร์ซเลนประมาณ 6 ชั่วโมง นำมาเคลือบบนแผ่นดินเผาเนื้อพอร์ซเลน ขนาด 3 x 3 ซม. โดยวิธีจุ่ม เผาในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1200°ซ. ใช้อัตราเร่ง 200°ซ./ชั่วโมง ยืนไฟที่อุณหภูมิสูงสุด 30 นาที

2.2.4 การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางวิทยาแร่ นำสีผงที่ผ่านการล้างให้สะอาดแล้วมาวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางวิทยาแร่ (mineralogical composition) ด้วยเครื่องเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโตมิเตอร์ เพื่อศึกษาปฏิกิริยาการเกิดเป็น uvarovite โดยใช้คลื่นรังสีคอปเปอร์ ทำงานที่มุม 2θ : 10°-60° ความเร็ว 0.02/วินาที ความต่างศักย์ 40 กิโลโวลต์ กระแส 30 มิลลิแอมแปร์ จำนวนนับเต็มสเกล 10,000 counts

2.2.5 การวัดสี นำตัวอย่างสีผงที่ได้จากการสังเคราะห์และแผ่นเคลือบที่เตรียมจากสีผงดังกล่าว มาวัดค่าสี L,a,b ตามระบบ Hunter L,a,b ด้วยเครื่อง uv/vis spectrophotometer (ดูภาคผนวก ก)

บทที่ 3

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการทดลองสังเคราะห์สีเขียวชนิดการ์เนต โดยใช้ส่วนผสมของหินปูน โครมิก-ออกไซด์ และทราย ตามอัตราส่วนที่แสดงในตารางที่ 1 และเผาสังเคราะห์ที่ระดับอุณหภูมิ 900°-1200° ซ. ยืนไฟที่อุณหภูมิสูงสุด 1 ชั่วโมง ปรากฏว่าได้สีผงเป็นสีเขียว เมื่อนำสีผงดังกล่าวไปใช้เป็นสีในเคลือบ (in glaze) กับเคลือบเซรามิกชนิด lime-barium อุณหภูมิ 1200°ซ. ได้เคลือบสีเป็นสีเขียว จากการศึกษาผลกระทบของระดับอุณหภูมิเผาสังเคราะห์ 900°-1200°ซ. และชนิดสารเติมแต่งต่อปฏิกิริยาการเกิดเป็น uvarovite (calcium chromium silicate) และความเข้มของสีเขียวทั้งในสภาพที่เป็นสีผงและสีเคลือบ สรุปผลได้ดังนี้

3.1 ผลกระทบของระดับอุณหภูมิเผาสังเคราะห์ จากการทดลองพบว่าระดับอุณหภูมิเผาสังเคราะห์ในช่วงอุณหภูมิ 900°-1200°ซ. มีผลต่อปฏิกิริยาการเกิดเป็น uvarovite และความเข้มของสีดังนี้

<u>การเกิดเป็น uvarovite</u> จากผลวิเคราะห์ส่วนประกอบทางวิทยาแร่ของสีผงที่เผาสังเคราะห์ที่อุณหภูมิ 900°-1200°ซ. ในตารางที่ 2 และภาพที่ 1-4 จะเห็นว่าตัวอย่าง G1 ซึ่งไม่ใช้สารเติมแต่ง ที่อุณหภูมิ 900°ซ. หินปูน โครมิกออกไซด์ และทราย ยังไม่สามารถทำปฏิกิริยารวมตัวกันเกิดเป็น uvarovite ได้ ต้องเผาสังเคราะห์ที่อุณหภูมิ 1000°ซ. จึงจะสามารถเกิด uvarovite ได้ และยังมีซิลิกา, แคลเซียมออกไซด์ และโครมิกออกไซด์เหลืออยู่ นอกจากนั้นยังเกิด $CaSiO_3$ เมื่ออุณหภูมิการเผาสังเคราะห์สูงขึ้น คือที่ 1100°-1200°ซ. ปริมาณ uvarovite ก็จะเพิ่มขึ้นแต่ยังคงมีซิลิกาเหลืออยู่เล็กน้อย ส่วนตัวอย่างที่ใช้สารเติมแต่งคือ G2, G3 และ G4 พบว่าที่อุณหภูมิ 900°ซ. ก็สามารถเกิด uvarovite ได้แล้วและจะเกิดเต็มที่ที่อุณหภูมิ 1000°ซ. ยกเว้นตัวอย่าง G4 ซึ่งเกิด uvarovite เต็มที่ที่อุณหภูมิ 900°ซ. แล้ว แต่พบว่ามีซิลิกาและโครมิกออกไซด์เหลืออยู่เล็กน้อยถึงแม้อุณหภูมิเผาสังเคราะห์สูงขึ้นถึง 1200°ซ. ก็ตาม

<u>ความเข้มของสี</u> จากการศึกษาดูลักษณะทั่วไปของสีผงและสีในเคลือบในตารางที่ 3 และ 5 พบว่าสีผง G1 ซึ่งเผาสังเคราะห์ที่อุณหภูมิ 900°ซ. จะมีสีเขียวอ่อนมาก เนื่องจากยังไม่มี uvarovite เกิดขึ้น และเมื่อนำไปใช้เป็นสีในเคลือบก็จะได้สีเขียวอ่อนเช่นกัน แต่เมื่ออุณหภูมิเผาสังเคราะห์สูงขึ้น สีผงที่ได้ก็จะมีความเข้มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจาก uvarovite ที่เกิดขึ้นมีปริมาณมากขึ้น และเมื่อนำไปใช้เป็นสีในเคลือบก็จะได้เคลือบสีเขียวเข้ม ส่วนสีผง G2, G3 และ G4 จะให้สีเขียวที่คล้ายคลึงกันทุกระดับอุณหภูมิการเผาสังเคราะห์และเมื่อนำไปใช้เป็นสีในเคลือบก็จะให้ผลเช่นเดียวกัน เนื่องจากปริมาณ uvarovite ที่เกิดขึ้นมากนั่นเอง เมื่อพิจารณาผลการวัดค่าสี L,a,b ตามระบบ HunterL,a,b ในตารางที่ 4 และ 6 พบว่าตัวอย่าง สีผง G1 ที่อุณหภูมิ 900°ซ. มีค่าสีเขียว (-a) สูงแต่ค่า

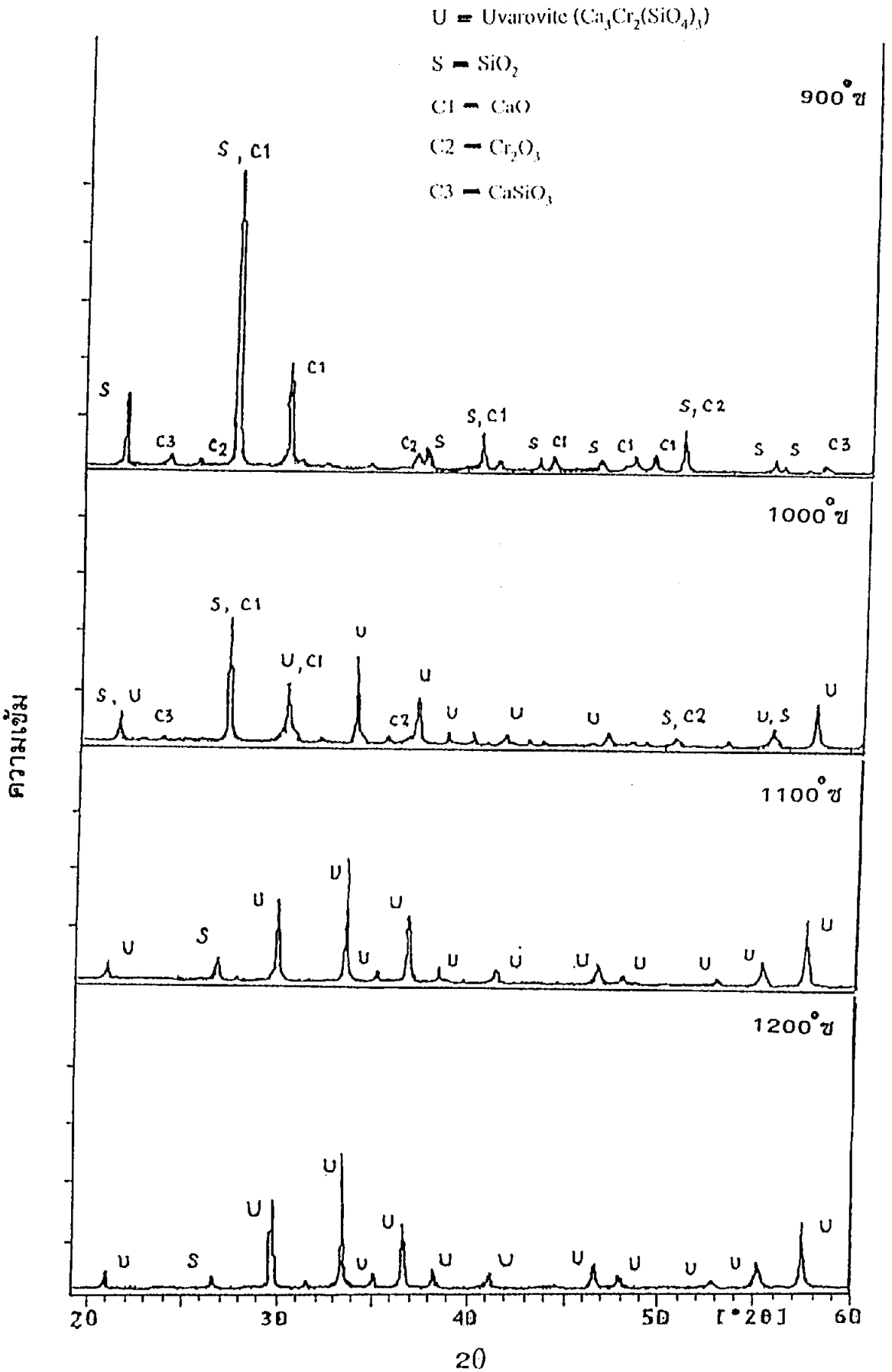
ความขาวสว่าง (L) ก็สูงมากเช่นกัน เนื่องจากสีผงที่สังเคราะห์ได้มีสีเขียวอ่อนมาก และเมื่ออุณหภูมิเผาสังเคราะห์สูงขึ้นสีที่ได้จะเข้มมากขึ้น ค่าความขาวสว่างก็จะลดลง ส่วนตัวอย่าง G2 มีค่าสีเขียว (-a) เพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเผาสังเคราะห์สูงขึ้นทั้งในสีผงและเคลือบ เนื่องจากมี uvarovite ปริมาณมากขึ้น สำหรับตัวอย่าง G3 ค่าสีเขียวจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเผาสังเคราะห์สูงขึ้น ส่วนตัวอย่าง G4 พบว่าค่าสีเขียว (-a) มีค่าใกล้เคียงกันทุกระดับอุณหภูมิเผาสังเคราะห์ทั้งในสีผงและเคลือบ เนื่องจากมีปริมาณ uvarovite ที่ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญทางวิทยาแร่ของสีผงที่สังเคราะห์ได้

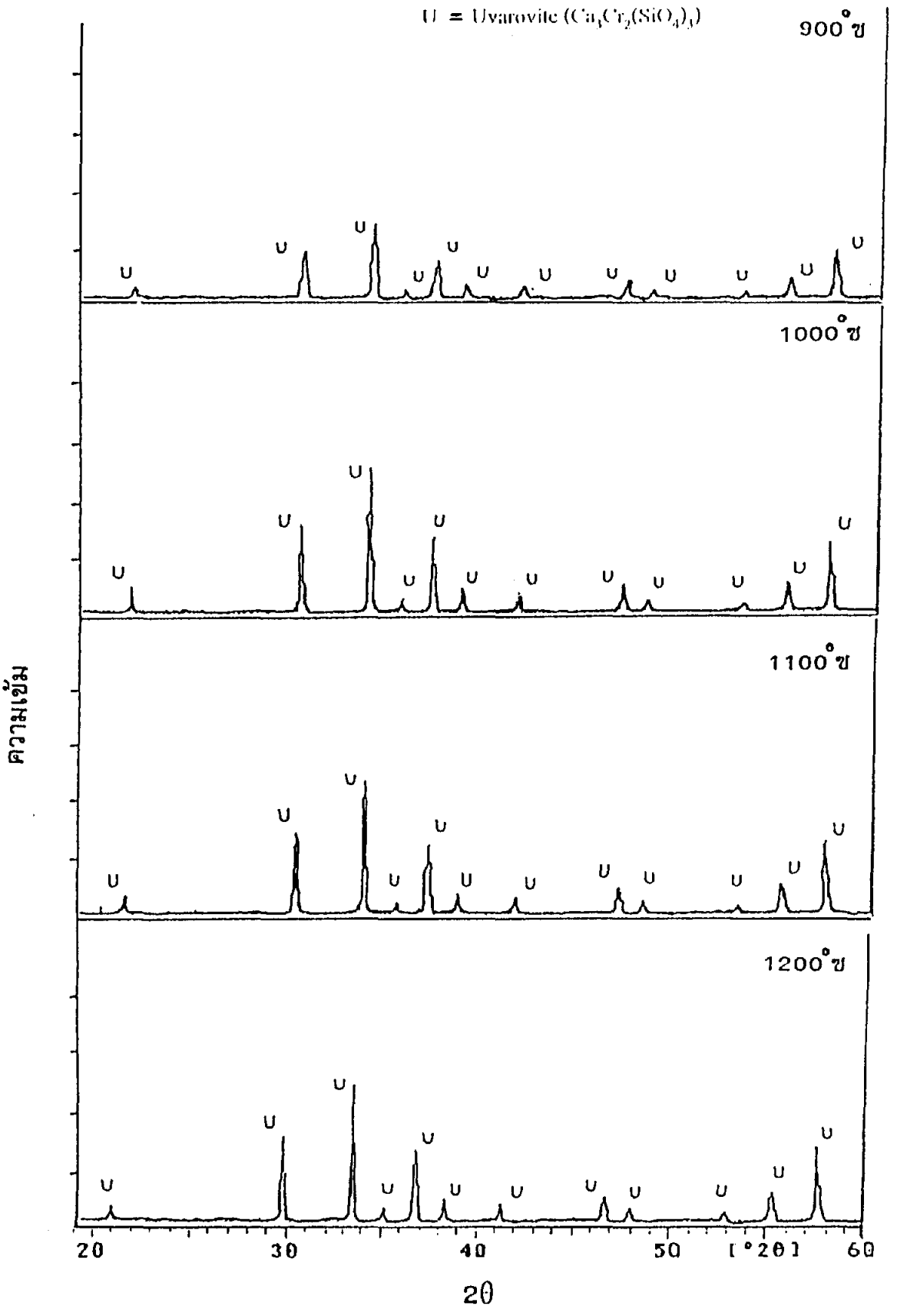
ระดับอุณหภูมิเผาสังเคราะห์, °ซ.	ส่วนประกอบสำคัญทางแร่วิทยา									
	G1					G2	G3	G4		
	U	S	C1	C2	C3	U	U	U	S	C2
900	-	10*	4.8	1.2	1.0	3.5	5.1	4.8	0.2	0.4
1000	3.7	5	1.4	0.9	0.5	5.9	5.3	4.7	0.4	0.4
1100	5.2	1.5	1.1	-	-	5.6	5.3	4.7	0.4	0.4
1200	5.7	1.0	-	-	-	5.8	5.3	4.7	0.4	0.4

U = Uvarovite ($Ca_3Cr_2(SiO_4)_3$)
S = SiO_2
C1 = CaO
C2 = Cr_2O_3
C3 = $CaSiO_3$

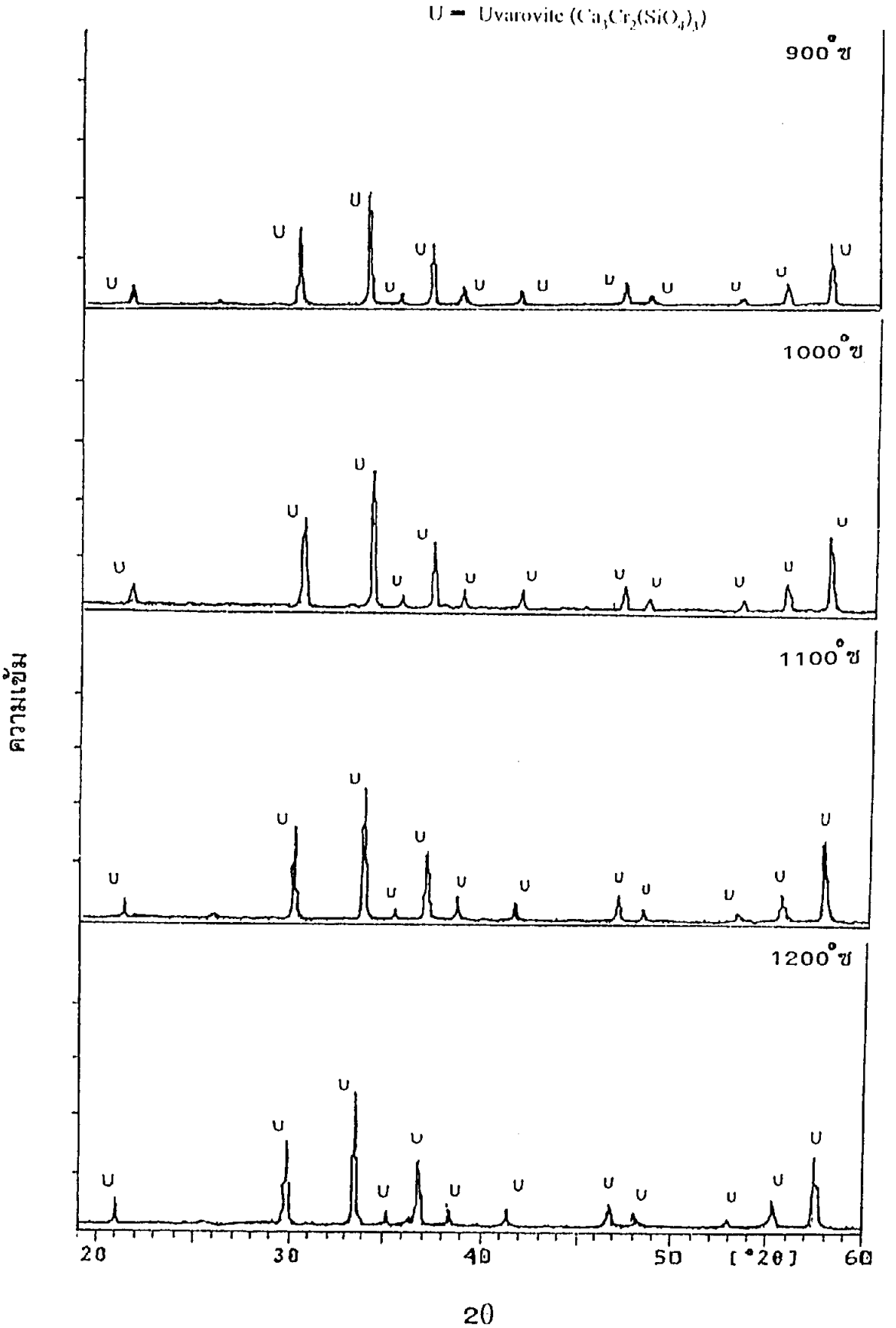
* ความสูงของ peak บนสเกล 10 หน่วย



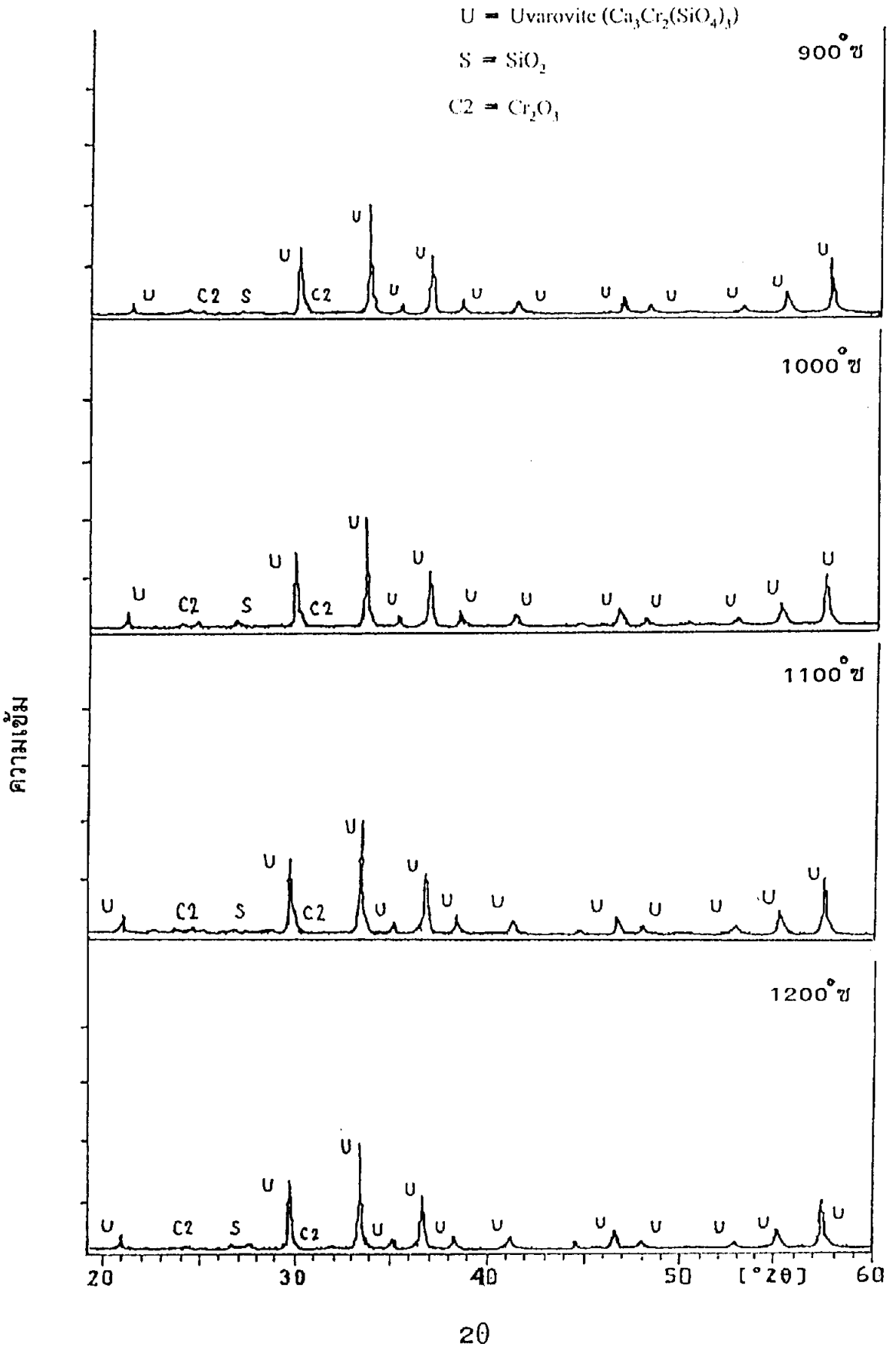
ภาพที่ 1 เอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโตแกรมสีผง G1



ภาพที่ 2 เอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโตแกรมสีผง G2



ภาพที่ 3 เอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโตแกรมสีผง G3



ภาพที่ 4 เอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโตแกรมสีผง G4

ตารางที่ 3 ลักษณะทั่วไปของสีผงที่สังเคราะห์ได้

ระดับอุณหภูมิเผาสังเคราะห์, °ซ.	ลักษณะทั่วไปของสีผง			
	G1	G2	G3	G4
900	สีเขียวอ่อน สีสม่ำเสมอ ร่วน	สีเขียว สีสม่ำเสมอ ร่วน	สีเขียวตองอ่อน สีสม่ำเสมอ ร่วน	สีเขียวเข้ม สีสม่ำเสมอ ร่วน
1000	สีเขียว สีสม่ำเสมอ ร่วน	สีเขียว สีสม่ำเสมอ ร่วน	สีเขียวตองอ่อน สีสม่ำเสมอ ร่วน	สีเขียวเข้ม สีสม่ำเสมอ ร่วน
1100	สีเขียวเข้ม สีสม่ำเสมอ ร่วน	สีเขียว สีสม่ำเสมอ ร่วน	สีเขียวตองอ่อน สีสม่ำเสมอ ค่อนข้างแข็ง	สีเขียวเข้ม สีสม่ำเสมอ ค่อนข้างแข็ง
1200	สีเขียวเข้ม สีสม่ำเสมอ ร่วน	สีเขียว สีไม่สม่ำเสมอ ค่อนข้างแข็ง, ติดก้นเบ้า	สีเขียวอ่อน สีไม่สม่ำเสมอ แข็งและหดตัวมาก, ติดก้นเบ้า	สีเขียวเข้ม สีสม่ำเสมอ แข็ง,ติดก้นเบ้า

ตารางที่ 4 ผลการวัดค่าสีระบบ Hunter L,a,b ของสีผงที่สังเคราะห์ได้

ระดับอุณหภูมิเผาสังเคราะห์, °ซ.	ค่าสีระบบ Hunter L,a,b											
	G1			G2			G3			G4		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
900	75.34	-8.75	10.35	37.79	-7.32	8.73	48.34	-15.27	15.17	35.55	-5.40	6.57
1000	44.44	-6.97	8.87	41.09	-8.93	10.40	47.26	-14.93	15.12	35.17	-5.37	6.41
1100	35.78	-5.49	6.58	40.83	-9.47	10.90	45.84	-13.04	12.94	35.38	-5.52	6.47
1200	36.37	-5.39	6.56	43.70	-10.69	11.80	55.77	-9.77	10.22	35.46	-5.70	6.62

ตารางที่ 5 ลักษณะทั่วไปของเคลือบสีที่เตรียมจากสีผงที่สังเคราะห์ได้

ระดับอุณหภูมิเผาสังเคราะห์, °ซ.	ลักษณะทั่วไปของเคลือบสี			
	G1	G2	G3	G4
900	สีเขียวอ่อน ผิวเคลือบเรียบ	สีเขียว ผิวเคลือบเรียบ	สีเขียวตองอ่อน ผิวเคลือบเรียบ	สีเขียวเข้ม ผิวเคลือบเรียบ
1000	สีเขียวเข้ม ผิวเคลือบเรียบ	สีเขียว ผิวเคลือบเรียบ	สีเขียวตองอ่อน ผิวเคลือบเรียบ	สีเขียวเข้ม ผิวเคลือบเรียบ
1100	สีเขียวเข้ม ผิวเคลือบเรียบ	สีเขียว ผิวเคลือบเรียบ	สีเขียวตองอ่อน ผิวเคลือบเรียบ	สีเขียวเข้ม ผิวเคลือบเรียบ
1200	สีเขียวเข้ม ผิวเคลือบเรียบ	สีเขียว ผิวเคลือบเรียบ	สีเขียวตองอ่อน ผิวเคลือบเรียบ	สีเขียวเข้ม ผิวเคลือบเรียบ

ตารางที่ 6 ผลการวัดค่าสีระบบ Hunter L,a,b ของเคลือบสีที่เตรียมจากสีผงที่สังเคราะห์ได้

ระดับอุณหภูมิเผาสังเคราะห์, °ซ.	ค่าสีระบบ Hunter L,a,b											
	G1			G2			G3			G4		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
900	65.32	-10.35	23.96	40.51	-9.59	11.30	48.24	-16.01	16.46	35.61	-5.41	6.27
1000	36.45	-5.69	7.18	41.68	-10.42	11.82	49.46	-16.66	17.75	34.35	-5.28	6.39
1100	34.39	-4.79	5.85	43.56	-11.50	13.37	47.99	-15.44	16.36	34.68	-5.52	6.72
1200	33.20	-4.42	5.22	41.90	-11.18	12.45	45.32	-13.80	14.54	33.81	-5.42	6.92

3.2 ผลกระทบของชนิดสารเติมแต่ง สารเติมแต่งช่วยทำให้ปฏิกิริยาการเกิด uvarovite เกิดได้ที่อุณหภูมิต่ำลง จากผลการทดลอง ถ้าไม่ใช้สารเติมแต่ง (G1) หินปูน โครมิกออกไซด์และทราย สามารถทำปฏิกิริยารวมตัวกันเกิดเป็น uvarovite ที่อุณหภูมิ 1000°ซ. ส่วนตัวอย่างที่ใช้สารเติมแต่งคือ G2, G3 และ G4 สามารถเกิด uvarovite ได้ในปริมาณมากที่อุณหภูมิ 900°ซ. นอกจากนั้นยังมีผลต่อความเข้มของสีที่ได้ กล่าวคือ สีผงที่ใช้โซเดียมฟลูออไรด์และลิเทียมฟลูออไรด์เป็นสารเติมแต่งคือ G2 และ G3 จะมีสีเขียวปนเหลืองและจากค่าสีที่วัดได้ (ตารางที่ 4 และ 6) จะมีค่าสีเหลือง (+b) สูงกว่าตัวอย่าง G1 และ G4 น่าจะเป็นเพราะโซเดียมฟลูออไรด์และลิเทียมฟลูออไรด์เป็นสารช่วยลดอุณหภูมิหรือสารช่วยเร่งปฏิกิริยาที่ให้ผลรุนแรง ทำให้ส่วนผสมมีจุดหลอมตัวต่ำสลายตัวได้ง่าย สามารถพาเอาสารให้สีคือ Cr_2O_3 บางส่วน

ระเหยไป ซึ่งเป็นผลทำให้ค่าสีเขียว (-a) ลดลง และเมื่อพิจารณาจากลักษณะของสีผงที่สังเคราะห์ได้ (ตารางที่ 3) จะเห็นว่าลิเทียมฟลูออไรด์เป็นสารเติมแต่งที่ให้ผลรุนแรงกว่าโซเดียมฟลูออไรด์คือ สีผงที่ได้จะแข็งและหดตัวมากกว่า ส่วนตัวอย่าง G4 ที่ใช้โซเดียมคลอไรด์เป็นสารเติมแต่ง จะให้สีคล้ายคลึงกับตัวอย่าง G1 ที่ไม่ใช้สารเติมแต่ง เนื่องจากโซเดียมคลอไรด์ให้ผลที่ไม่รุนแรงเท่าโซเดียมฟลูออไรด์และลิเทียมฟลูออไรด์

บทที่ 4

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองสังเคราะห์สีเขียวชนิดการ์เนต โดยใช้หินปูน โครมิกออกไซด์ และทรายบดละเอียด ใช้หรือไม่ใช้สารเติมแต่งโซเดียมฟลูออไรด์หรือลิเทียมฟลูออไรด์หรือโซเดียมคลอไรด์ เผาสังเคราะห์ที่อุณหภูมิ 900°-1200°ซ. พบว่า

1. ตัวอย่างที่ไม่ใช้สารเติมแต่ง จะต้องเผาสังเคราะห์ที่อุณหภูมิสูงคือ 1200°ซ. จึงจะเกิด uvarovite ปริมาณมาก และมี SiO_2 เหลือเล็กน้อย

2. ตัวอย่างที่ใช้สารเติมแต่งโซเดียมฟลูออไรด์หรือลิเทียมฟลูออไรด์ เผาสังเคราะห์ที่อุณหภูมิ 1000°ซ. จะให้ uvarovite ปริมาณมาก สีที่ได้เป็นสีเขียวปนเหลือง และลิเทียม-ฟลูออไรด์ให้ผลที่รุนแรงกว่า

3. ตัวอย่างที่ใช้โซเดียมคลอไรด์เป็นสารเติมแต่งสามารถเผาสังเคราะห์ที่อุณหภูมิ 900°ซ. เกิด uvarovite ในปริมาณมาก แต่ยังคงมี Cr_2O_3 และ SiO_2 เหลืออยู่ในปริมาณเล็กน้อย

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

เอกสารอ้างอิง

Kato, E. "Studies on Ceramic Pigment Abstracts", **Interceram**, No.1, p.22-31, 1962.

Henry, P. "Ceramic Green Colors for Whiteware Glazes", **American Ceramic Society Bulletin,** vol.40, No.1, p.9-10, 1961.

Kato, E. The **fundamentals of the glaze preperation, Treatises on opaque glaze** Nagoya International Training Center, Japan International Cooperation Agency, 1983.

Billmeyer, F.W., and Saltzman, M. **Principles of Color Technology** 2 nd ed. New York : John Wiley and Sons, Inc., 1981.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวัดสี

แม้สายตามนุษย์จะสามารถจำแนกความแตกต่างของสีได้ แต่การที่มนุษย์ใช้สายตาเป็นเครื่องวัดสีจะมีจุดอ่อนหลายอย่าง เช่นอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมที่ล้อมรอบวัตถุที่มองเห็นจะทำให้มนุษย์เราบอกค่าสีแตกต่างไป หรือความสามารถในการรับรู้สีของมนุษย์ต่างกัน ก็จะทำให้บอกค่าสีแตกต่างกันไป ดังนั้นจึงต้องมีเครื่องมือเพื่อใช้ในการวัดสี (color measurement) และการกำหนดค่าเป็นตัวเลขเพื่อใช้บอกถึงความแตกต่างของสี

Commission Internationals d' Eclairage (CIE) ได้กำหนดค่าในการวัดสีขึ้นมา เพื่อใช้บอกความแตกต่างของสีที่มองเห็น และใช้สัญลักษณ์ X,Y,Z แทนค่าสัดส่วนของสีต่าง ๆ โดยที่ X แสดงค่าสัดส่วนของสีแดง Y แสดงค่าสัดส่วนของสีเขียว Z แสดงค่าสัดส่วนของสีฟ้า ความสัมพันธ์ของค่า X,Y,Z สามารถแสดงออกมาในรูป 3 มิติ แต่ค่อนข้างเข้าใจยากจึงได้มีการกำหนดค่า x,y,z ขึ้นมา ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่า X,Y,Z ดังนี้

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

และ $z = 1 - X - Y$

ค่า x,y นี้สามารถกำหนดตำแหน่งลงใน CIE chromaticity diagram เพื่อบอกค่าของสีทุกชนิดที่มีอยู่ ต่อมาได้มีการนำหลักการของ CIE chromaticity diagram ไปดัดแปลงให้ใช้งานได้สะดวกขึ้น จึงทำให้เกิดระบบการวัดสีที่เรียกว่า CIE LAB ขึ้นมา ซึ่งเป็นระบบที่นิยมใช้กันมากในยุโรป และระบบ Hunter L,a,b ซึ่งนิยมใช้ในอเมริกา สำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้ใช้ระบบ Hunter L,a,b ในการวัดค่าสีที่สังเคราะห์ได้

ระบบ Hunter L,a,b เป็นระบบการวัดสีระบบหนึ่ง ค่าที่วัดได้จะอยู่ในรูป L,a,b โดยแปลงมาจากค่า X,Y,Z และมีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$L = 10.0\ Y$$

$$a = \frac{17.5\ (1.02\ X - Y)}{Y}$$

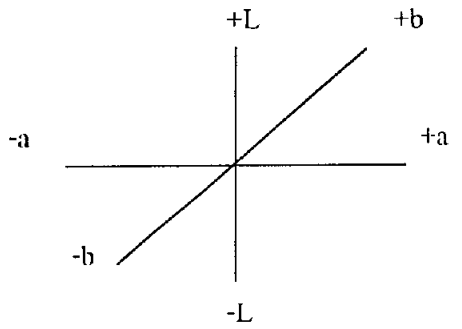
$$b = \frac{7\ (Y - 0.8422)}{Y}$$

โดยที่ L แสดงความขาวสว่าง (+L) และความมืด (-L) ของสี

a แสดงปริมาณของสีแดง (+a) และสีเขียว (-a)

b แสดงปริมาณของสีเหลือง (+b) และสีฟ้า (-b)

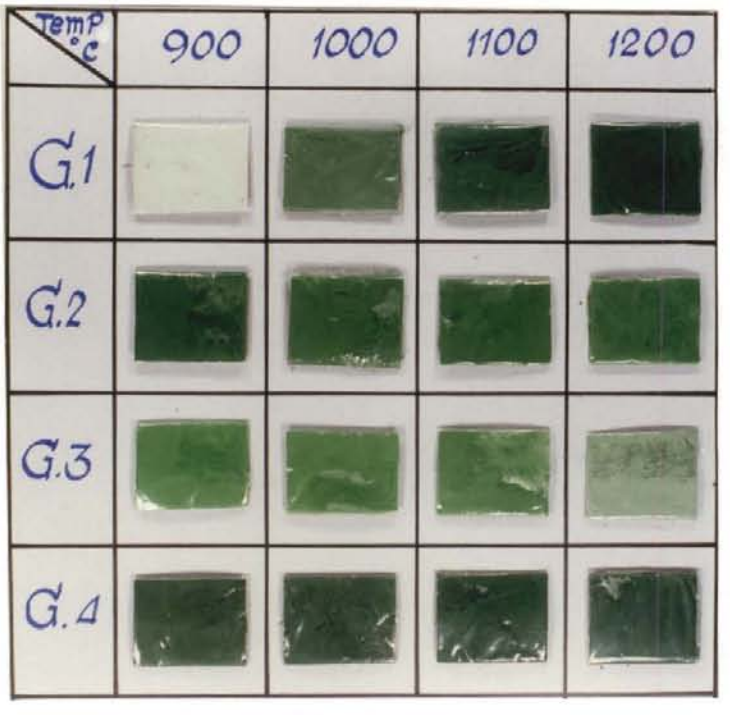
ความสัมพันธ์ของค่า L,a,b ในระบบ 3 แกนเท่า แสดงในภาพที่ 1

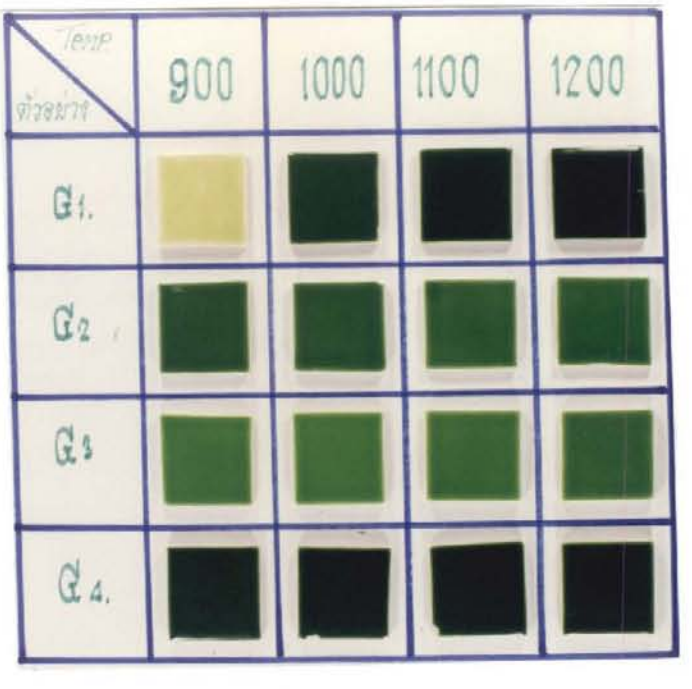


ภาพแสดงความสัมพันธ์ของค่า L,a,b ในระบบ 3 แกนเท่า

ภาคผนวก ข

ภาพสีผงและเคลือบสีที่เตรียมจากสีผง





ภาคผนวก ค

ภาพผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา