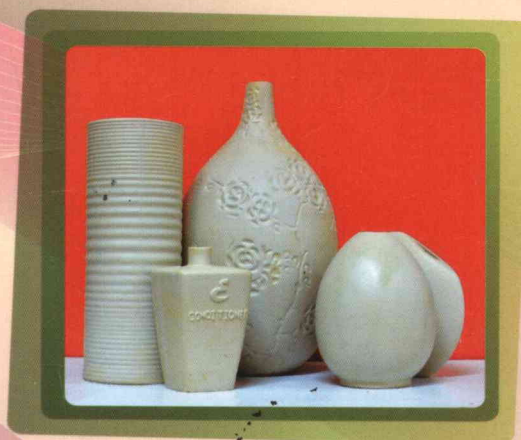




กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL PROMOTION

ผลงานวิจัยและพัฒนาสูตรเนื้อดิน และวิธีการใช้งานระบบฐานข้อมูลวัตถุดิบและเนื้อดิน สำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกและผู้ประกอบการเหมืองแร่

โครงการส่งเสริมศักยภาพผู้ประกอบการด้านเหมืองแร่
เพื่อการพัฒนาเนื้อดินสำเร็จรูปในอุตสาหกรรมเซรามิก



สนับสนุนโดย

จังหวัดลำปาง ร่วมกับ ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

ผลงานวิจัยและพัฒนาสูตรเนื้อดิน
และวิธีการใช้งานระบบฐานข้อมูลวัตถุดิบและเนื้อดิน
สำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกและผู้ประกอบการเหมืองแร่

โครงการส่งเสริมศักยภาพผู้ประกอบการด้านเหมืองแร่
เพื่อการพัฒนาเนื้อดินสำเร็จรูปในอุตสาหกรรมเซรามิก

สนับสนุนโดย

จังหวัดลำปาง

ร่วมกับ

ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

จัดทำโดย

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

RES กส05 ม572



B6150017472

ผลงานวิจัยและพัฒนาสูตรเนื้อดิน และวิธีการใช้งานระบบฐานข้อมูลวัตถุดิบและเนื้อดิน
สำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกและผู้ประกอบการเหมืองแร่

ISBN 978-616-12-0357-3

พิมพ์ครั้งที่ 1: พฤศจิกายน 2557 จำนวน 600 เล่ม

คณะที่ปรึกษา

นายธานินทร์ สุภาแสน	ผู้ว่าราชการจังหวัดลำปาง
นายศุภชัย เอี่ยมสุวรรณ	รองผู้ว่าราชการจังหวัดลำพูน
นายฤทธิพงศ์ เตชะพันธุ์	รองผู้ว่าราชการจังหวัดลำปาง
นางอรพรรณ ตันติวีรสุต	ผู้อำนวยการ ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก
ดร.สมนึก ศิริสุนทร	ผู้อำนวยการฝ่ายอาวุโส ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

คณะกรรมการกำกับกิจการจ้าง

ดร.เกษสุตา ดอนเมือง	นายสิงห์คำ อายะชู
นางสาวอารี แก้วน้อย	นางสาวจิระประภา ขจรบุญ
นางพัชรี พ่วงแรงศิลป์	

คณะทำงาน

ดร.อนุชา วรรณก้อน	ดร.ศักดิพล เทียนเสมอ
ดร.สิริพรรณ นิลโพธิ์	ผศ.ดร.อนุชา พรหมวังขวา
นายวรกร เพชรรักษ์	นางสาวภัทรวรรณ เฉยเจริญ
นางวัชรีย์ สอนลา	นายปริญญ์ สมร่าง
นายสิทธิศักดิ์ ประสานพันธ์	นายวิทยา ทรงกิตติกุล

จัดพิมพ์โดย

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คำนำ

หนังสือ “ผลงานวิจัยและพัฒนาสูตรเนื้อดินและวิธีการใช้งานระบบฐานข้อมูลวัตถุดิบและเนื้อดินสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกและผู้ประกอบการเหมืองแร่” นี้ เป็นเอกสารที่จัดทำในโครงการส่งเสริมศักยภาพผู้ประกอบการด้านเหมืองแร่เพื่อการพัฒนาเนื้อดินสำเร็จรูปในอุตสาหกรรมเซรามิก ที่ได้รับการสนับสนุนงบประมาณการดำเนินงานจาก จังหวัดลำปาง โดยศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม และได้ดำเนินการโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

โดยหนังสือฉบับนี้ มีเนื้อหาประกอบด้วย ผลงานวิจัยและพัฒนาสูตรเนื้อดินที่เหมาะสมกับอุตสาหกรรมเซรามิก จังหวัดลำปาง จำนวน 20 สูตร และวิธีการใช้งานระบบฐานข้อมูลวัตถุดิบและเนื้อดินที่ได้จัดทำขึ้นภายในศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก และเปิดให้ใช้บริการแก่บุคคลทั่วไปทางอินเทอร์เน็ต โดยหวังว่าผู้ประกอบการเหมืองแร่ ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเซรามิก และผู้ที่สนใจ จะได้นำข้อมูลเหล่านี้ไปประยุกต์ใช้ให้เป็นประโยชน์ หรือนำไปต่อยอดเพื่อการวิจัยและพัฒนาวัตถุดิบ การพัฒนาสูตรการผลิต และการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้อุตสาหกรรมเซรามิกของประเทศไทยได้มีศักยภาพในการแข่งขันในตลาดโลกได้อย่างเข้มแข็งและยั่งยืนต่อไป

สารจากผู้ว่าราชการจังหวัดลำปาง

นายธานินทร์ สุภาแสน



อุตสาหกรรมเซรามิก เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมหลักของจังหวัดลำปาง ซึ่งปัจจุบันมีจำนวนโรงงานเซรามิกประกอบกิจการรวมทั้งสิ้นกว่า ๒๐๐ โรงงาน ก่อให้เกิดการจ้างแรงงานจำนวนกว่า ๑๐,๐๐๐ คน ทั้งนี้ ไม่รวมแรงงานในอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ และอุตสาหกรรมการขนส่ง อุตสาหกรรมเซรามิกสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัตถุดิบในพื้นที่จังหวัดลำปาง อาทิ เช่น ดินขาวลำปาง หินฟอทเทอร์รี่ เป็นต้น

ดังนั้น เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเซรามิกเพื่อก้าวไปสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (ASEAN Economic Community : AEC) ในปี พ.ศ. ๒๕๕๘ และการเสริมสร้างขีดความสามารถในการผลิตเพื่อให้มีศักยภาพในการแข่งขันสูงทั้งภายในประเทศและภูมิภาคอาเซียน อันเป็นการสร้างโอกาสการเติบโตทางเศรษฐกิจของผู้ประกอบการเซรามิกจังหวัดลำปาง จังหวัดลำปางโดยความร่วมมือกับศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ได้ดำเนินโครงการส่งเสริมศักยภาพผู้ประกอบการด้านเหมืองแร่เพื่อการพัฒนาเนื้อดินสำเร็จรูปในอุตสาหกรรมเซรามิก กิจกรรมของโครงการประกอบด้วยการศึกษาสมบัติของวัตถุดิบในจังหวัดลำปาง การวิจัยพัฒนาสูตรเนื้อดิน การจัดทำระบบฐานข้อมูลวัตถุดิบและเนื้อดินสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกและเหมืองแร่ เพื่อให้อุตสาหกรรมเซรามิกของจังหวัดลำปางมีศักยภาพการผลิตที่ดี มีความสามารถในการแข่งขัน และพัฒนาให้มีความเจริญและยั่งยืนต่อไป

(นายธานินทร์ สุภาแสน)

ผู้ว่าราชการจังหวัดลำปาง

สารจากผู้อำนวยการ

ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก

นางอรพรรณ ตันติวีรสุต



การพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก นอกจากจะเป็นการพัฒนาด้านการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงสุด และลดต้นทุนการผลิตให้กับผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเซรามิกแล้ว ยังรวมถึงการพัฒนาปัจจัยการผลิตอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะปัจจัยการผลิตด้านวัตถุดิบ ทั้งนี้ พบว่าผู้ประกอบการเหมืองแร่และผู้ประกอบการเซรามิกจังหวัดลำปาง ประกอบกับการพัฒนาแหล่งวัตถุดิบใหม่ที่เป็นไปได้ยาก รวมถึงการควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิตเนื้อดินให้ได้มาตรฐานมีความจำเป็นและสำคัญต่อผู้ประกอบการเซรามิกอย่างยิ่ง ดังนั้น ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม จึงสนับสนุนให้มีการพัฒนาแหล่งข้อมูลด้านวัตถุดิบ สูตรเนื้อดินและสูตรเคลือบของอุตสาหกรรมเซรามิกจังหวัดลำปาง ทำการจัดเก็บอย่างเป็นระบบให้ง่ายต่อการสืบค้นและนำไปประยุกต์ใช้ จึงเป็นการสร้างเครื่องมือช่วยให้ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเหมืองแร่และผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเซรามิกในจังหวัดลำปางมีข้อมูลด้านวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเซรามิกเพื่อเพิ่มศักยภาพการแข่งขันได้ในภาวะเศรษฐกิจปัจจุบัน และเกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนต่อไป

ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก ขอขอบคุณ จังหวัดลำปาง ที่สนับสนุนให้ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ดำเนินงานตามแนวทางดังกล่าว และขอขอบคุณทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงานโครงการส่งเสริมศักยภาพผู้ประกอบการด้านเหมืองแร่เพื่อการพัฒนาเนื้อดินสำเร็จรูปในอุตสาหกรรมเซรามิกให้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ ที่ตั้งไว้ทุกประการ



(นางอรพรรณ ตันติวีรสุต)

ผู้อำนวยการ ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก

สารจากผู้อำนวยการ

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

รศ. ดร.วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา



การวิจัยและพัฒนา เป็นปัจจัยสำคัญอันหนึ่งในการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศ ให้มีความสามารถในการแข่งขันทัดเทียมกับต่างประเทศ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จึงมีนโยบายสนับสนุนการสร้างผลงานวิจัย ตลอดจนส่งเสริมให้มีการนำผลงานวิจัยต่างๆ ไปใช้งานจริงในกระบวนการผลิตของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยมาโดยตลอด ซึ่งในการดำเนินงานเพื่อตอบสนองนโยบายดังกล่าว ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติได้มีความร่วมมืออย่างใกล้ชิดกับกระทรวงอุตสาหกรรม ในการสร้างผลงานวิจัยเพื่อนำไปพัฒนาอุตสาหกรรมในแนวทางดังกล่าวมาอย่างต่อเนื่อง ดังจะเห็นได้จากความร่วมมือในการดำเนินงาน โครงการส่งเสริมศักยภาพผู้ประกอบการด้านเหมืองแร่เพื่อการพัฒนาเนื้อดินสำเร็จรูปในกลุ่มอุตสาหกรรมเซรามิก ซึ่งเป็นตัวอย่างหนึ่งของความร่วมมือและการสนับสนุน รวมถึงการได้รับโจทย์งานวิจัยที่ชัดเจน และการส่งเสริมจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการสร้างผลงานวิจัยที่ตอบสนองความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งเป็นกลุ่มผู้ประกอบการด้านเหมืองแร่และอุตสาหกรรมเซรามิกในจังหวัดลำปาง ได้เป็นอย่างดี

กระผมขอแสดงความยินดีที่ได้เป็นส่วนร่วมในการสร้างผลงานวิจัยและการพัฒนาฐานข้อมูล ที่จะนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิกของจังหวัดลำปาง และอุตสาหกรรมเซรามิกของประเทศไทยมา ณ โอกาสนี้

(รศ. ดร.วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา)

ผู้อำนวยการ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

สารบัญ

วัตถุดิบและการวิจัยพัฒนาเนื่อดินเซรามิก.....	1
ผลงานวิจัยและพัฒนาสูตรเนื่อดินเซรามิก	3
1. สูตรเนื่อดินเอร์ทเทิร์นแวร์ขาว MTEC-034.....	3
2. สูตรเนื่อดินเอร์ทเทิร์นแวร์ขาว MTEC-040.....	7
3. สูตรเนื่อดินเอร์ทเทิร์นแวร์ขาว CU-T38.....	11
4. สูตรเนื่อดินเอร์ทเทิร์นแวร์ขาว CU-T42.....	14
5. สูตรเนื่อดินสโตนแวร์ขาว MTEC-031.....	19
6. สูตรเนื่อดินสโตนแวร์ขาว MTEC-032.....	23
7. สูตรเนื่อดินสโตนแวร์ขาวต้นทุนต่ำ MTEC-035	27
8. สูตรเนื่อดินสโตนแวร์ขาวอุณหภูมิต่ำ MTEC-042.....	31
9. สูตรเนื่อดินสโตนแวร์แดงอุณหภูมิต่ำ MTEC-043.....	35
10.สูตรเนื่อดินสโตนแวร์แดงอุณหภูมิต่ำ MTEC-045.....	39
11.สูตรเนื่อดินสโตนแวร์ดินขาวลำปาง MTEC-037	43
12.สูตรเนื่อดินสโตนแวร์ดินขาวลำปาง MTEC-039	48
13.สูตรเนื่อดินสโตนแวร์กากดินล้าง MTEC-049	52
14.สูตรเนื่อดินสโตนแวร์กากดินล้าง MTEC-051	56
15.สูตรเนื่อดินสโตนแวร์พอร์ทเทอรี่สโตน MTEC-052	60
16.สูตรเนื่อดินสโตนแวร์พอร์ทเทอรี่สโตน MTEC-066	64
17.สูตรเนื่อดินสโตนแวร์ขาวกึ่งพอร์ซเลน MTEC-056.....	68
18.สูตรเนื่อดินสโตนแวร์ขาวกึ่งพอร์ซเลน MTEC-057.....	72
19.สูตรเนื่อดินทนไฟ MTEC-062	76
20.สูตรเนื่อดินทนไฟ MTEC-063	80

วิธีการใช้งานระบบฐานข้อมูลวัตถุดิบและเนื้อดินสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกและผู้ประกอบการ เหมืองแร่	84
การสมัครสมาชิก.....	85
การเข้าสู่ระบบ	86
การสืบค้นข้อมูลวัตถุดิบ	87
การสืบค้นข้อมูลสูตรดิน	91
การแสดงผลแผนที่ภาพรวม	95
การแก้ไขข้อมูลส่วนตัว.....	97
การออกจากระบบ	98

วัตถุดิบและการวิจัยพัฒนาเนื้อดินเซรามิก

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเซรามิกโดยทั่วไป ได้แก่ ดินขาว (kaolin) ดินเหนียว (plastic clay) หรือดินดำ (ball clay) เฟลด์สปาร์ (feldspar) หรือหินผุ (pottery stone) และทรายหรือควอตซ์ ทั้งนี้วัตถุดิบที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งได้แก่ ดินขาวและดินเหนียว โดยแหล่งดินขาวที่สำคัญในประเทศ ได้แก่ จังหวัดระนอง ลำปาง ปราจีนบุรี และนราธิวาส แหล่งดินเหนียวหรือดินดำที่สำคัญ ได้แก่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ลำปาง เชียงใหม่ เชียงราย และปราจีนบุรี ส่วนแหล่งเฟลด์สปาร์มักพบอยู่กับแหล่งหินแกรนิต ในจังหวัดราชบุรี ตาก เพชรบุรี และกาญจนบุรี สำหรับหินผุนั้นมักพบอยู่ในแหล่งเดียวกันกับดินขาว จะเห็นได้ว่าวัตถุดิบจำเป็นดังกล่าวมีแหล่งทรัพยากรอยู่ในจังหวัดลำปาง จึงทำให้จังหวัดลำปางเป็นแหล่งผลิตเซรามิกและแหล่งประกอบการเหมืองแร่ที่สำคัญของประเทศ

ดินขาวที่มีอยู่ในจังหวัดลำปางส่วนใหญ่เป็นดินขาวปฐมภูมิ (primary kaolin deposits) ซึ่งเกิดจากการแปรเปลี่ยนของแร่เฟลด์สปาร์ (feldspar) และแร่พวกอะลูมิโนซิลิเกต (aluminosilicate) โดยกระบวนการแปรเปลี่ยน (alteration) เช่นเดียวกับดินขาวคุณภาพดีจากจังหวัดระนองและนราธิวาส โดยดินขาวที่มีความบริสุทธิ์สูงจะมีแร่ดินขาว (kaolinite) ในปริมาณที่สูง แร่ดินขาวบริสุทธิ์จะประกอบด้วย 39.8% Al_2O_3 , 46.3% SiO_2 และ 13.9% H_2O นอกจากนั้นดินขาวอาจมีแร่อื่นปะปนอยู่ เช่น อิลไลต์ (illite) ควอตซ์ (quartz) มอนท์มอริลโลไนต์ (montmorillonite) รวมทั้งเหล็กออกไซด์และอินทรีย์วัตถุต่างๆ นอกจากการขุดนำแร่ดินขาวออกมาแล้ว อาจมีการขายเป็นดินดิบ หรือผ่านกระบวนการล้างเป็นดินขาวล้าง

ดินเหนียวเกิดจากการพัดพาและสะสมตัวของแร่ดินขาวขนาดเล็กปะปนกับอิลไลต์ มอนท์มอริลโลไนต์ ไมกา (mica) ควอตซ์ เหล็กออกไซด์และอินทรีย์วัตถุต่างๆ ในปริมาณที่มาก มีโครงสร้างไม่แน่นอน มีความเหนียว จึงเป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปเซรามิก ดินเหนียวแบ่งออกเป็นสองเกรด คือ ดินเหนียวทั่วไป (plastic clay) ใช้เป็นวัตถุดิบสำคัญเพื่อช่วยในการขึ้นรูป ไม่ต้องการความขาว มักมีปริมาณของแร่ดินขาวน้อยกว่า 70% หลังเผาจะมีสีคล้ำ สำหรับดินเหนียวอีกประเภทหนึ่งเรียกว่า ดินดำ (ball clay) โดยดินดำนั้นจะมีแร่ดินขาวมากกว่า 70% และหลังเผาจะให้สีขาวเหมาะสำหรับนำไปผลิตผลิตภัณฑ์พวกพอร์ซเลน ดินเหนียวที่มีไมกาและควอตซ์ปริมาณมากจะทำให้มีสมบัติความเหนียวลดลง ดินเหนียวมักจะผ่านกระบวนการล้าง เพื่อกำจัดหินทรายออก หรือทำเป็นดินผสมเสร็จก่อนส่งขายให้กับโรงงานเซรามิก

หินผุ (pottery stone) มีลักษณะเป็นหินสีขาวที่มีความแข็งน้อย เป็นวัตถุดิบที่พบในแหล่งดินขาว จัดเป็นหินแกรนิตชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ คือ เฟลด์สปาร์ ควอตซ์ ดินขาว และไมกา นอกจากนี้ยังมีแร่ฟลูออโรสปาร์ (fluorspar) ปนอยู่เล็กน้อย โดยควอตซ์จะทนไฟสูง ส่วนไมกาจะมีสมบัติคล้ายดินขาว คือมีความเหนียว ทำให้สภาพการไหลตัวดีขึ้น และมีความสามารถในการหลอมตัวเหมือนเฟลด์สปาร์ จึงใช้ทำเนื้อเซรามิกส์พอร์ซเลนได้ โดยไม่ต้องผสมวัตถุดิบตัวอื่น หินผุจะผ่านการคัดแยกเกรดตามลักษณะความขาว ก่อน

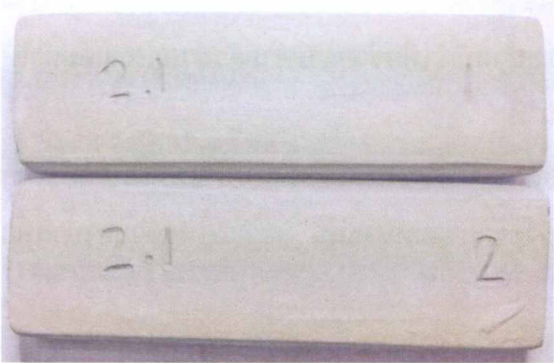
นำไปผ่านกระบวนการบดได้โดยไม่ต้องผ่านการล้าง หินผุสามารถนำไปใช้ได้ทั้งในเนื้อดินและเคลือบเซรามิก ช่วยลดอุณหภูมิในการเผา และมีราคาถูกกว่าเฟลด์สปาร์

ในการวิจัยและพัฒนาสูตรเนื้อดินนั้นจะต้องมีการตั้งเป้าหมายถึงประเภทผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ เช่น เนื้อดินสำหรับผลิตภัณฑ์ฟอร์ชเลน สโตนแวร์ หรือเอิร์ทเทนแวร์ ตลอดจนอุณหภูมิในการเผา และการนำไปใช้งานเป็นหลัก โดยทั่วไปการวิจัยและพัฒนาเนื้อดินเซรามิก จะเริ่มต้นจากการพัฒนาส่วนผสมจากวัตถุดิบหลัก 3 ประเภทตามหลักการพัฒนาโดยใช้สามเหลี่ยมไดอะแกรม (Tri-axial diagram) คือ วัตถุดิบประเภทดินขาว ดินเหนียว เฟลด์สปาร์ และควอตซ์ และจำเป็นต้องตรวจสอบสมบัติทางกายภาพที่จำเป็น เช่น การดูดซึมน้ำ ความแข็งแรง การหดตัว เพื่อให้ทราบถึงความเหมาะสมในการนำไปใช้งานเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ทั้งนี้หากต้องการพัฒนาสมบัติให้ดีขึ้น การกำหนดปริมาณเพื่อเพิ่มหรือลดวัตถุดิบแต่ละตัว โดยเฉพาะวัตถุดิบดินขาว และดินเหนียว ที่จะใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อดินนั้น จำเป็นต้องมีข้อมูลของส่วนประกอบทางแร่ และส่วนประกอบเคมีของวัตถุดิบแต่ละตัว เพื่อให้ทราบว่ามีส่วนประกอบที่จำเป็นเพียงพอหรือไม่ และหากต้องการปรับปรุงอุณหภูมิในการเผา จำเป็นต้องมีการตรวจสอบสมบัติทางความร้อนของวัตถุดิบ เพื่อให้ทราบถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเผาด้วย ข้อมูลทั้งหมดนี้จึงนับว่ามีความจำเป็นที่จะใช้ประกอบในการวิจัยและพัฒนาสูตรดิน

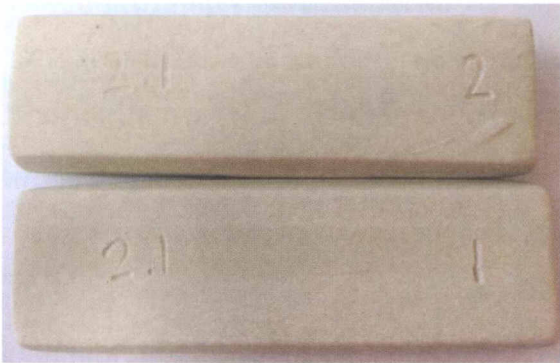
ในปัจจุบันผู้ประกอบการเหมืองแร่ดินในจังหวัดลำปาง นอกจากจะมีผลิตภัณฑ์หลักเป็นดินขาวและดินเหนียวแล้ว ยังมีการพัฒนาเป็นเนื้อดินสำเร็จรูป เพื่อจำหน่ายให้ผู้ประกอบการเซรามิกอีกด้วย เนื่องจากโรงงานเซรามิกที่จะทำการเตรียมดินเองจะต้องเป็นโรงงานที่มีขนาดใหญ่และกำลังการผลิตพอสมควร ในกรณีของโรงงานขนาดเล็ก ที่มีปริมาณคำสั่งซื้อไม่มากนัก จะขาดความพร้อมในการเตรียมดินในโรงงาน จึงมีความต้องการซื้อดินสำเร็จรูปมาใช้ อย่างไรก็ตามทั้งผู้ประกอบการเหมืองแร่ดิน และผู้ประกอบการเซรามิกต่างก็ขาดข้อมูล และการสนับสนุนทางด้านการวิจัยและพัฒนาสูตรเนื้อดิน จึงทำให้เนื้อดินสำเร็จรูปมีให้เลือกใช้ไม่มากนัก ซึ่งนับเป็นอุปสรรคสำคัญในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีความหลากหลาย ในหนังสือเล่มนี้ จึงมีเนื้อหาในส่วนของผลงานวิจัยและพัฒนาสูตรดิน ตลอดจนวิธีการใช้ฐานข้อมูลวัตถุดิบและเนื้อดิน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ และเป็นแนวทางให้ทั้งผู้ประกอบการเหมืองแร่ดินและผู้ประกอบการเซรามิก สามารถพัฒนาเนื้อดินใหม่และผลิตภัณฑ์ใหม่ให้กับอุตสาหกรรมเซรามิกของจังหวัดลำปางและของประเทศได้ต่อไป

ผลงานวิจัยและพัฒนาสูตรเนื้อดินเซรามิก

1. สูตรเนื้อดินเอิร์ทเทิร์นแวร์ขาว MTEC-034



สีเนื้อดินก่อนเผา



สีเนื้อดินหลังเผา

- 1. ชื่อสูตรดิน: MTEC-034
- 2. ประเภทสูตรดิน: เนื้อดินเอิร์ทเทิร์นแวร์ขาว
- 3. ราคา: 2.16 บาท ต่อ กก.
- 4. ส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดิน:

วัตถุดิบ	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
ดินขาวดิบ TIC1	15	บจก. ที.ไอ.ซี. 1991
ดินดำล้าง AP-BC02 325 เมช	25	หจก. อภิโชค
ดินผสม CP1 (S-5)	10	บจก. กิ่วลม
กากดินขาวล้าง	30	บจก. ลำปางเกาลินไมนิ่ง
โซเดียมเฟลด์สปาร์	20	บจก. เซอร์นิคอินเตอร์เนชั่นแนล
สารเติมแต่ง	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
สารละลายโซเดียมซิลิเกต	0.27	บจก. อัมรินทร์เซรามิกส์คอร์ปอเรชั่น

5. ขั้นตอนกระบวนการเตรียมเนื้อดิน:

- 1) นำวัตถุดิบทุกตัวไปอบแห้งในเตาอบไฟฟ้า สำหรับวัตถุดิบที่เป็นก้อนขนาดใหญ่ทำการทุบให้มีขนาดเล็กลงก่อนนำเข้าเตาอบ
- 2) ชั่งวัตถุดิบหลังอบแห้งทุกตัวตามสัดส่วนที่ระบุในส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดินดังแสดงในตารางข้างต้น
- 3) บดวัตถุดิบทั้งหมดรวมกันในหม้อบดความเร็วสูงโดยบดแบบเปียก ใช้ปริมาณน้ำเท่ากับ 40% และเติมสารละลายโซเดียมซิลิเกตในปริมาณ 0.27% โดยน้ำหนัก เพื่อช่วยกระจายตัวส่วนผสมและทำให้ส่วนผสมวัตถุดิบให้เข้ากันได้ดียิ่งขึ้น ใช้เวลาบดประมาณ 10 นาที
- 4) ถ่ายน้ำดินออกจากหม้อบด และทำการทดสอบหาค่าการค้ำตะแกรงเบอร์ 325 เมช หลังจากนั้นกรองน้ำดินอีกครั้งผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช และนำไปวัดค่าความหนาแน่น และการไหลตัวของน้ำดินก่อนนำไปใช้งาน
- 5) นำน้ำดินที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นชิ้นงานทดสอบแบบแท่งเหลี่ยมขนาด 70x20x10 มม. โดยวิธีหล่อแบบในแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่เตรียมไว้
- 6) ทำการแกะแบบเมื่อชิ้นงานแห้งตัว และวัดขนาดชิ้นงานก่อนนำเข้าอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังอบแห้ง และนำชิ้นงานบางส่วนไปวัดค่าความแข็งแรงหลังอบแห้ง
- 7) นำชิ้นงานที่เหลือเข้าเผาในเตาไฟฟ้าตามอุณหภูมิและสภาวะที่กำหนด (รายละเอียดดังแสดงในข้อ 6.) เมื่อชิ้นงานออกจากเตาเผา นำมาวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังเผา จากนั้นนำไปทดสอบหาค่าความแข็งแรง และค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นงานหลังเผา
- 8) นอกจากการทดสอบสมบัติทางกายภาพแล้ว ยังได้นำชิ้นงานไปทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเครื่องไดลาโตมิเตอร์ วิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค XRF วิเคราะห์ส่วนประกอบเฟสที่เกิดขึ้นหลังเผาด้วยเทคนิค XRD และวัดความขาวของเนื้อดินหลังเผาด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer

6. สภาวะการเผา:

อุณหภูมิเผา	1,200°C
บรรยากาศการเผา	Oxidation
อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ	5°C/นาที
ระยะเวลาเผาแซ่ไฟ	60 นาที
อัตราการลดอุณหภูมิ	5°C/นาที
ชนิดของเตาเผา	เตาไฟฟ้า

สมบัติของสูตรดิน

- 7. กากค่างตะแกรงเบอร์ 325 เมช: 5.93 %
- 8. ความหนาแน่นน้ำดิน: 1.68 กรัมต่อซีซี
- 9. การไหลตัวน้ำดิน (Ford cup): 18.93 วินาที
- 10. การหดตัวหลังอบแห้ง: 2.76 %
- 11. การหดตัวหลังเผา: 9.03 %
- 12. การดูดซึมน้ำหลังเผา: 5.49 %
- 13. ความแข็งแรงก่อนเผา: 1.77 MPa
- 14. ความแข็งแรงหลังเผา: 32.42 MPa

15. ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

- 25-400°C: $6.7117 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
- 25-500°C: $7.7505 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
- 25-600°C: $8.3538 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

วิเคราะห์โดย: Dilatometer, Netzsch, รุ่น DIL 402 PC; ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก
ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

16. ส่วนประกอบทางเคมี (% โดยน้ำหนัก):

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	LOI
67.22	0.33	20.24	0.81	0.33	0.22	1.81	2.42	0.07	0.04	6.52

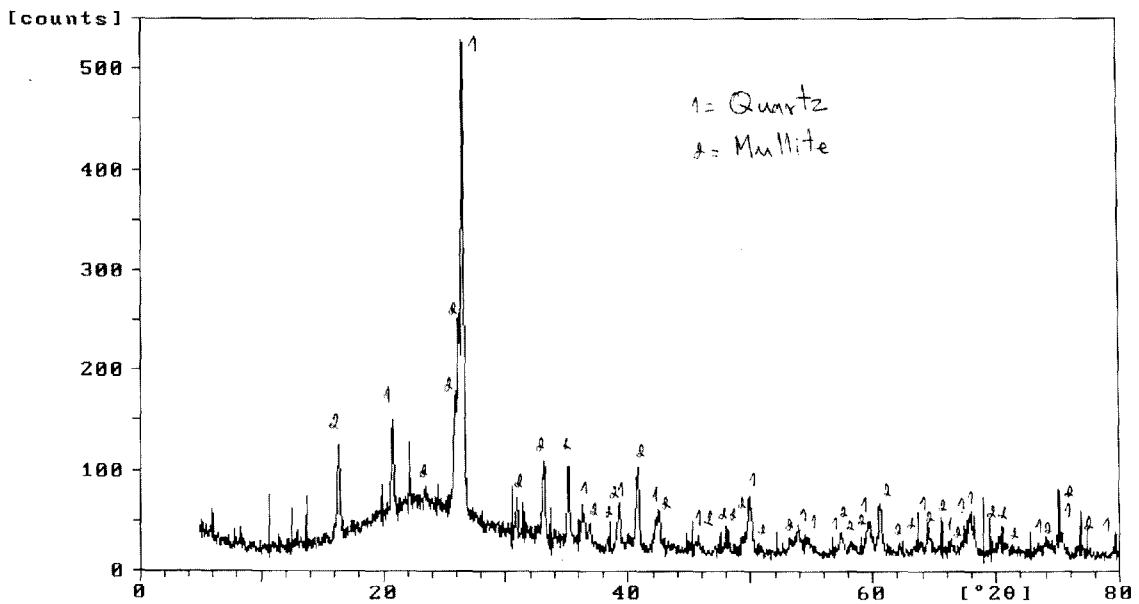
วิเคราะห์โดย: X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF), PANALytical, Axios-Minerals;
บริษัท ซิเบลโกมิเนอร์รัลส์ (ประเทศไทย) จำกัด

17. ส่วนประกอบทางแร่วิทยาของเนื้อดินหลังเผา:

สารประกอบหลัก: Quartz

สารประกอบรอง: Mullite

กราฟผลการวิเคราะห์:



วิเคราะห์โดย: X-ray diffractometer รุ่น X'pert APD (PW 3710): Philips;

สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

18. ค่าการวัดสี:

ค่าเฉลี่ย SCI L = 78.11 a = 1.30 b = 12.73

ค่าเฉลี่ย SCE L = 77.28 a = 1.39 b = 11.77

วิเคราะห์โดย: Spectrophotometer, KONICA MINOLTA, รุ่น CM-2600d;

ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

หมายเหตุ: SCI คือ ค่าสีที่เครื่องสามารถวัดได้ SCE คือ ค่าสีที่ตาคนสามารถมองเห็น

L ใช้กำหนดค่าความสว่าง, L = 0 แสดงว่าตัวอย่างมีสีดำสมบูรณ์

L = 100 แสดงว่าตัวอย่างมีสีขาวสมบูรณ์

a ใช้กำหนดสีแดงและสีเขียว, a มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีแดง

a มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีเขียว

b ใช้กำหนดสีเหลืองและสีน้ำเงิน, b มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีเหลือง

b มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีน้ำเงิน

19. การนำไปใช้งาน:

เหมาะสำหรับการผลิตเซรามิกประเภทเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร ลูกกรงเซรามิก กระเบื้องปูพื้น/บุผนัง ของชำร่วย และของประดับตกแต่งบ้านและสวน

2. สูตรเนื้อดินเอิร์ทเทิร์นแวร์ขาว MTEC-040



สีเนื้อดินก่อนเผา

สีเนื้อดินหลังเผา

1. ชื่อสูตรดิน: MTEC-040
2. ประเภทสูตรดิน: เนื้อดินเอิร์ทเทิร์นแวร์ขาว
3. ราคา: 3.86 บาท ต่อ กก.
4. ส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดิน:

วัตถุดิบ	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
ดินขาวล้าง	15	บจก. เหมืองแร่ธีระยุทธ์
ดินดำล้าง AP-BC02 325 เมช	40	หจก. อภิโชค
ทรายบด AP-QC01	15	หจก. อภิโชค
โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์	20	บจก. เซอร์นิคอินเตอร์เนชั่นแนล
เศษแก้วบดละเอียด 200 เมช	10	บจก. สยามเซรามิคซ์พพลาย
สารเติมแต่ง	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
สารละลายโซเดียมซิลิเกต	0.27	บจก. อัมรินทร์เซรามิคส์คอร์ปอเรชั่น

5. ขั้นตอนกระบวนการเตรียมเนื้อดิน:

1) นำวัตถุดิบทุกตัวไปอบให้แห้งในเตาอบไฟฟ้า สำหรับวัตถุดิบที่เป็นก้อนขนาดใหญ่ทำการทุบให้มีขนาดเล็กลงก่อนนำเข้าเตาอบ

2) ชั่งวัตถุดิบหลังอบแห้งทุกตัวตามสัดส่วนที่ระบุในส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดินดังแสดงในตารางข้างต้น

3) บดวัตถุดิบทั้งหมดรวมกันในหม้อบดความเร็วสูงโดยบดแบบเปียก ใช้ปริมาณน้ำเท่ากับ 41.67% และเติมสารละลายโซเดียมซิลิเกตในปริมาณ 0.27% โดยน้ำหนัก เพื่อช่วยกระจายตัวส่วนผสมและทำให้ส่วนผสมวัตถุดิบให้เข้ากันได้ดียิ่งขึ้น ใช้เวลาบดประมาณ 10 นาที

4) ถ่ายน้ำดินออกจากหม้อบด และทำการทดสอบหาค่าการคายน้ำที่ 325 เมช หลังจากนั้นกรองน้ำดินอีกครั้งผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช และนำไปวัดค่าความหนาแน่น และการไหลตัวของน้ำดินก่อนนำไปใช้งาน

5) นำน้ำดินที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นชิ้นงานทดสอบแบบแท่งเหลี่ยมขนาด 70x20x10 มม. โดยวิธีหล่อแบบในแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่เตรียมไว้

6) ทำการแกะแบบเมื่อชิ้นงานแห้งตัว และวัดขนาดชิ้นงานก่อนนำเข้าอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังอบแห้ง และนำชิ้นงานบางส่วนไปวัดค่าความแข็งแรงหลังอบแห้ง

7) นำชิ้นงานที่เหลือเข้าเผาในเตาไฟฟ้าตามอุณหภูมิและสภาวะที่กำหนด (รายละเอียดดังแสดงในข้อ 6.) เมื่อชิ้นงานออกจากเตาเผา นำมาวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังเผา จากนั้นนำไปทดสอบหาค่าความแข็งแรง และค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นงานหลังเผา

8) นอกจากการทดสอบสมบัติทางกายภาพแล้ว ยังได้นำชิ้นงานไปทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเครื่องไดลาโตมิเตอร์ วิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค XRF วิเคราะห์ส่วนประกอบเฟสที่เกิดขึ้นหลังเผาด้วยเทคนิค XRD และวัดความขาวของเนื้อดินหลังเผาด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer

6. สภาวะการเผา:

อุณหภูมิเผา	1,100°C
บรรยากาศการเผา	Oxidation
อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ	5°C/นาที
ระยะเวลาเผาแช่ไฟ	60 นาที
อัตราการลดอุณหภูมิ	5°C/นาที
ชนิดของเตาเผา	เตาไฟฟ้า

สมบัติของสูตรดิน

- 7. กากค้ำตะแกรงเบอร์ 325 เมช: 4.22 %
- 8. ความหนาแน่นน้ำดิน: 1.60 กรัมต่อซีซี
- 9. การไหลตัวน้ำดิน (Ford cup): 18.83 วินาที
- 10. การหดตัวหลังอบแห้ง: 3.25 %
- 11. การหดตัวหลังเผา: 8.20 %
- 12. การดูดซึมน้ำหลังเผา: 9.91 %
- 13. ความแข็งแรงก่อนเผา: 3.18 MPa
- 14. ความแข็งแรงหลังเผา: 31.50 MPa

15. ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

- 25-400°C: $5.6915 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
- 25-500°C: $6.5652 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
- 25-600°C: $7.3314 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

วิเคราะห์โดย: Dilatometer, Netzsch, รุ่น DIL 402 PC; ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก
ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

16. ส่วนประกอบทางเคมี (% โดยน้ำหนัก):

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	BaO	P ₂ O ₅	LOI
64.03	0.36	17.41	0.73	1.03	0.59	3.37	1.94	0.01	0.02	0.02	10.47

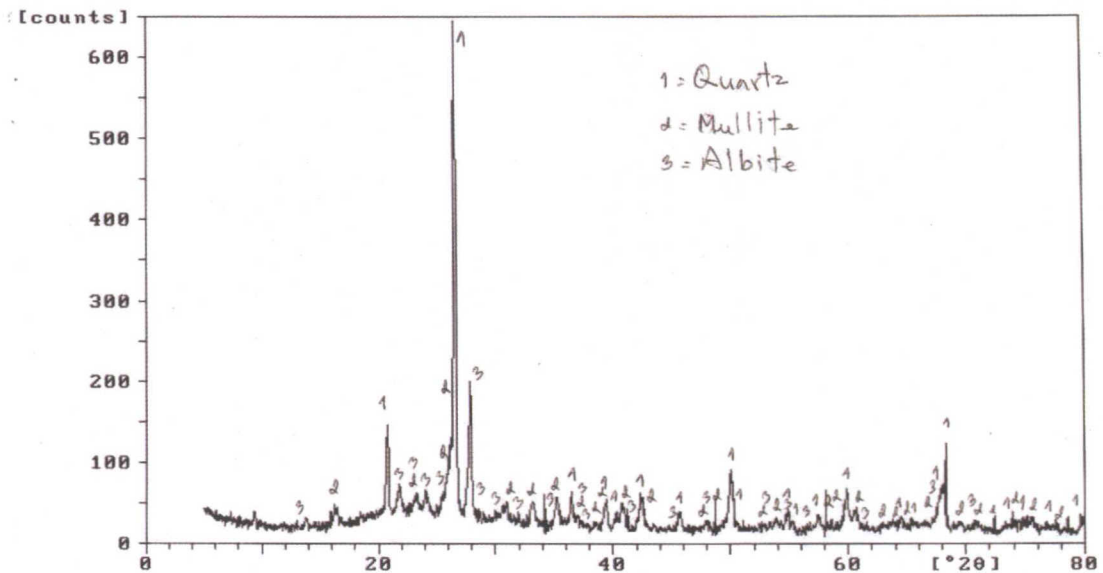
วิเคราะห์โดย: X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF), PANalytical, Axios-Minerals;
บริษัท ซิเบลโกมิเนอร์รัลส์ (ประเทศไทย) จำกัด

17. ส่วนประกอบทางแร่วิทยาของเนื้อดินหลังเผา:

สารประกอบหลัก: Quartz

สารประกอบรอง: Mullite, Albite

กราฟผลการวิเคราะห์:



วิเคราะห์โดย: X-ray diffractometer รุ่น X'pert APD (PW 3710): Philips;

สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

18. ค่าการวัดสี:

ค่าเฉลี่ย SCI L = 84.46 a = 2.88 b = 15.26

ค่าเฉลี่ย SCE L = 84.44 a = 2.90 b = 15.17

วิเคราะห์โดย: Spectrophotometer, KONICA MINOLTA, รุ่น CM-2600d;

ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

หมายเหตุ: SCI คือ ค่าสีที่เครื่องสามารถวัดได้ SCE คือ ค่าสีที่ตาคนสามารถมองเห็น

L ใช้กำหนดค่าความสว่าง,

L = 0 แสดงว่าตัวอย่างมีสีดำสมบูรณ์

L = 100 แสดงว่าตัวอย่างมีสีขาวสมบูรณ์

a ใช้กำหนดสีแดงและสีเขียว,

a มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีแดง

a มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีเขียว

b ใช้กำหนดสีเหลืองและสีน้ำเงิน,

b มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีเหลือง

b มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีน้ำเงิน

19. การนำไปใช้งาน:

เหมาะสำหรับการผลิตเซรามิกประเภทเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร ลูกกรงเซรามิก กระเบื้องบุผนัง ของชำร่วย และของประดับตกแต่งบ้านและสวน

3. สูตรเนื้อดินเอิร์ทเทิร์นแวร์ขาว CU-T38



สีเนื้อดินก่อนเผา



สีเนื้อดินหลังเผา

1. ชื่อสูตรดิน: CU-T38
2. ประเภทสูตรดิน: เนื้อดินเอิร์ทเทิร์นแวร์ขาว
3. ราคา: 3.31 บาท ต่อ กก.
4. ส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดิน:

วัตถุดิบ	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
ดินดำล้าง AP-BC01	64	หจก. อภิโชค
หินผุ A BK01	31	บจก. เบตส์เกาส์
โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์	5	บจก. ซีเบลโก้มีเนอรัลส์
สารเติมแต่ง	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
สารละลายโซเดียมซิลิเกต	0.01	บจก. เคมีมิน

5. ขั้นตอนกระบวนการเตรียมเนื้อดิน:

1) นำดินแต่ละชนิดที่เป็นก้อนแข็งมาแช่น้ำ 1 คืนเพื่อให้เปื่อยยุ่ย หลังจากนั้นปั่นด้วยเครื่องกวนผสมประมาณ 1 – 2 ชั่วโมง เทน้ำดินผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 200 เมช และนำไปเกรอะในบ่อปูนพลาสติกทิ้งไว้เป็นเวลา 1 วัน

2) นำดินจากบ่อเกรอะไปอบที่อุณหภูมิ 110°C จนแห้งสนิท ใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง หรือมากกว่านั้นขึ้นกับความชื้นของดิน จากนั้นทำการบดและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 200 เมช ไว้เพื่อนำไปใช้เตรียมเป็นเนื้อดินต่อไป

3) ร่อนผงโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ และหินผุผ่านตะแกรงขนาด 200 เมช ก่อนนำไปใช้งาน สำหรับหินผุนำไปบดด้วยเครื่อง Jaw crusher หรือ Roller mill ก่อนนำไปร่อนผ่านตะแกรง

4) ชั่งน้ำหนักวัตถุดิบแต่ละตัวตามสัดส่วนที่แสดงในตารางส่วนผสมข้างต้นจำนวนรวม 250 กรัม ทำการบดผสมแบบเปียกโดยใช้ผงผสม 40% และน้ำ 60% ด้วยเครื่องกวนผสมที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 15 นาที โดยเติมสารละลายโซเดียมซิลิเกตที่ความเข้มข้น 1% จำนวน 2-3 หยด (คิดเป็นประมาณ 0.01% โดยน้ำหนักของวัตถุดิบแห้ง)

5) ทำการอบส่วนผสมให้แห้งที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง จากนั้นบดและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 200 เมช อีกครั้งก่อนนำไปใช้ขึ้นรูปเป็นชิ้นงาน

6) ทำการขึ้นรูปชิ้นงานโดยนำดินผสมที่เตรียมไว้มาวดผสมกับน้ำ 20 - 30 % จนเข้ากันดี หลังจากนั้นทิ้งไว้ 1 คืน แล้วนำไปปรีดด้วยเครื่องไฮดรอลิกให้เป็นแท่งขึ้นทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มม. และความยาว 50 มม.

7) นำชิ้นงานไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปเผาตามอุณหภูมิและสภาวะที่กำหนด (รายละเอียดดังแสดงในข้อ 6.) จากนั้นทำการทดสอบสมบัติต่างๆ ของชิ้นงานหลังเผา

6. สภาวะการเผา:

อุณหภูมิเผา	$1,100^{\circ}\text{C}$
บรรยากาศการเผา	Oxidation
อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ	$5^{\circ}\text{C}/\text{นาที}$
ระยะเวลาเผาแซ่ไฟ	60 นาที
ชนิดของเตาเผา	เตาไฟฟ้า

สมบัติของสูตรดิน

7. การหดตัวหลังอบแห้ง:	2.83 %
8. การหดตัวหลังเผา:	13.53 %
9. การดูดซึมน้ำหลังเผา:	7.43 %
10. ความแข็งแรงก่อนเผา:	2.83 MPa
11. ความแข็งแรงหลังเผา:	68.32 MPa

12. ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

25-400°C: $5.4766 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

25-500°C: $6.4429 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

25-600°C: $6.9172 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

วิเคราะห์โดย: Dilatometer, Netzsch, รุ่น DIL 402 PC; ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก
ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

13. ส่วนประกอบทางเคมี (% โดยน้ำหนัก):

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	LOI
63.09	1.45	23.69	1.14	0.15	0.26	1.94	0.12	0.03	0.01	8.13

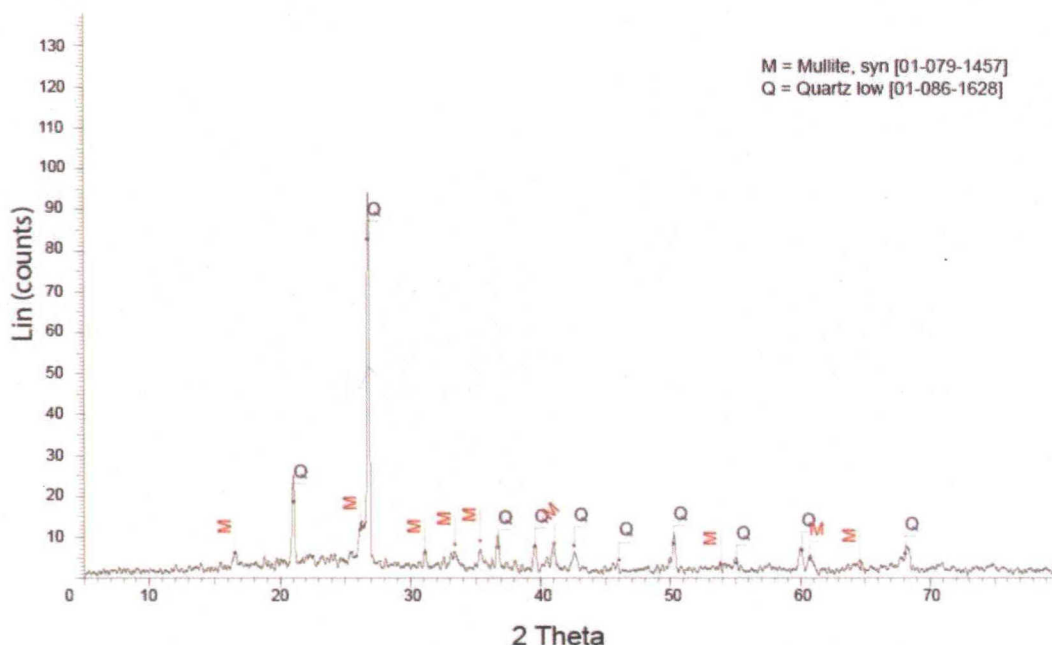
วิเคราะห์โดย: X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF), PANalytical, Axios-Minerals;
บริษัท ชิเบลโกมิเนอรัลส์ (ประเทศไทย) จำกัด

14. ส่วนประกอบทางแร่วิทยาของเนื้อดินหลังเผา:

สารประกอบหลัก: Quartz

สารประกอบรอง: Mullite

กราฟผลการวิเคราะห์:



วิเคราะห์โดย: X-ray diffractometer ยี่ห้อ Bruker รุ่น D8 ADVANCE;

ศูนย์วิจัยร่วมภาครัฐและเอกชน คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

15. ค่าการวัดสี:

ค่าเฉลี่ย SCI L = 83.38 a = 3.90 b = 13.20

ค่าเฉลี่ย SCE L = 83.36 a = 3.93 b = 13.13

วิเคราะห์โดย: Spectrophotometer, KONICA MINOLTA, รุ่น CM-2600d;

ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

หมายเหตุ: SCI คือ ค่าสีที่เครื่องสามารถวัดได้ SCE คือ ค่าสีที่ตาคนสามารถมองเห็น

L ใช้กำหนดค่าความสว่าง, L = 0 แสดงว่าตัวอย่างมีสีดำสมบูรณ์

L = 100 แสดงว่าตัวอย่างมีสีขาวสมบูรณ์

a ใช้กำหนดสีแดงและสีเขียว, a มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีแดง

a มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีเขียว

b ใช้กำหนดสีเหลืองและสีน้ำเงิน, b มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีเหลือง

b มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีน้ำเงิน

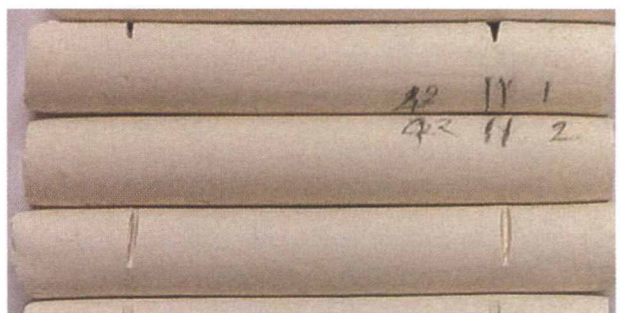
16. การนำไปใช้งาน:

เหมาะสำหรับการผลิตเซรามิกประเภทเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร ลูกกรงเซรามิก กระเบื้องปูผนัง
ของชำร่วย และของประดับตกแต่งบ้านและสวน

4. สูตรเนื้อดินเอิร์ทเทิร์นแวร์ขาว CU-T42



สีเนื้อดินก่อนเผา



สีเนื้อดินหลังเผา

1. ชื่อสูตรดิน: CU-T42
2. ประเภทสูตรดิน: เนื้อดินเอิร์ทเทิร์นแวร์ขาว
3. ราคา: 1.86 บาท ต่อ กก.

4. ส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดิน:

วัตถุดิบ	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
หินผุ TIC-T1	36	บจก. ที.ไอ.ซี. 1991
ดินขาวล้าง 325 เมช	34	หสม. สหกิจดินขาวทุ่งฝาย
ดินเทาล้าง AP-PC02 325 เมช	25	หจก. อภิโชค
โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์	5	บจก. ซิเบลโก้โมเนอรัลส์
สารเติมแต่ง	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
สารละลายโซเดียมซิลิเกต	0.01	บจก. เคมีมิน

5. ขั้นตอนกระบวนการเตรียมเนื้อดิน:

1) นำดินแต่ละชนิดที่เป็นก้อนแข็งมาแช่น้ำ 1 คืนเพื่อให้เปื่อยยุ่ย หลังจากนั้นปั่นด้วยเครื่องกวนผสมประมาณ 1 – 2 ชั่วโมง เทน้ำดินผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 200 เมช และนำไปกรองในบ่อปูนพลาสติก ทิ้งไว้เป็นเวลา 1 วัน

2) นำดินจากบ่อกรองไปอบที่อุณหภูมิ 110°C จนแห้งสนิท ใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง หรือมากกว่านั้นขึ้นกับความชื้นของดิน จากนั้นทำการบดและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 200 เมช ไว้เพื่อนำไปใช้เตรียมเป็นเนื้อดินต่อไป

3) ร่อนผงโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ และหินผุผ่านตะแกรงขนาด 200 เมช ก่อนนำไปใช้งาน สำหรับหินผุนำไปบดด้วยเครื่อง Jaw crusher หรือ Roller mill ก่อนนำไปร่อนผ่านตะแกรง

4) ชั่งน้ำหนักวัตถุดิบแต่ละตัวตามสัดส่วนที่แสดงในตารางส่วนผสมข้างต้นจำนวนรวม 250 กรัม ทำการบดผสมแบบเปียกโดยใช้ผงผสม 40% และน้ำ 60% ด้วยเครื่องกวนผสมที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 15 นาที โดยเติมสารละลายโซเดียมซิลิเกตที่ความเข้มข้น 1% จำนวน 2-3 หยด (คิดเป็นประมาณ 0.01% โดยน้ำหนักของวัตถุดิบแห้ง)

5) ทำการอบส่วนผสมให้แห้งที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง จากนั้นบดและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 200 เมช อีกครั้งก่อนนำไปใช้ขึ้นรูปเป็นชิ้นงาน

6) ทำการขึ้นรูปชิ้นงานโดยนำดินผสมที่เตรียมไว้มาวดผสมกับน้ำ 20–30 % จนเข้ากันดี หลังจากนั้นทิ้งไว้ 1 คืน แล้วนำไปรีดด้วยเครื่องไฮดรอลิกให้เป็นแท่งขึ้นทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มม. และความยาว 50 มม.

7) นำชิ้นงานไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปเผาตามอุณหภูมิและสภาวะที่กำหนด (รายละเอียดดังแสดงในข้อ 6.) จากนั้นทำการทดสอบสมบัติต่างๆ ของชิ้นงานหลังเผา

8) ทำการทดลองเตรียมเนื้อดินในปริมาณที่มากขึ้นตามกระบวนการผลิตจริงในโรงงาน และทดลองขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบ เพื่อดูความสามารถในการนำไปใช้งานได้จริง และทำการทดสอบสมบัติต่างๆ ของผลิตภัณฑ์หลังเผาอีกครั้ง

6. สภาวะการเผา:

อุณหภูมิเผา	1,100°C
บรรยากาศการเผา	Oxidation
อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ	5°C/นาที
ระยะเวลาเผาแซ่ไฟ	60 นาที
ชนิดของเตาเผา	เตาไฟฟ้า

สมบัติของสูตรดิน

7. การหดตัวหลังอบแห้ง:	2.57 %
8. การหดตัวหลังเผา:	10.56 %
9. การดูดซึมน้ำหลังเผา:	7.30 %
10. ความแข็งแรงก่อนเผา:	2.58 MPa
11. ความแข็งแรงหลังเผา:	91.90 MPa

12. ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

25-400°C:	$5.8079 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
25-500°C:	$6.8334 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
25-600°C:	$7.4300 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

วิเคราะห์โดย: Dilatometer, Netzsch, รุ่น DIL 402 PC; ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก
ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

13. ส่วนประกอบทางเคมี (% โดยน้ำหนัก):

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	LOI
64.81	1.16	24.08	0.76	0.05	0.14	1.97	1.00	0.02	5.83

วิเคราะห์โดย: X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF), PANalytical, Axios-Minerals;

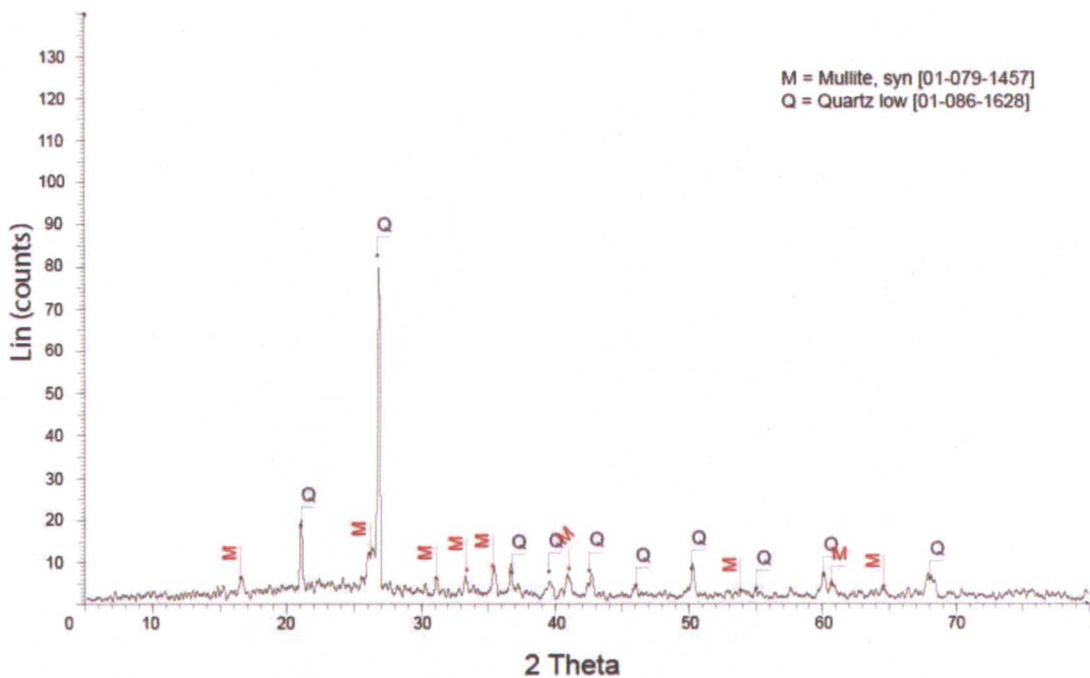
บริษัท ซิเบลโกมิเนอร์รัลส์ (ประเทศไทย) จำกัด

14. ส่วนประกอบทางแร่วิทยาของเนื้อดินหลังเผา:

สารประกอบหลัก: Quartz

สารประกอบรอง: Mullite

กราฟผลการวิเคราะห์:



วิเคราะห์โดย: X-ray diffractometer ยี่ห้อ Bruker รุ่น D8 ADVANCE;

ศูนย์วิจัยร่วมภาครัฐและเอกชน คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

15. ค่าการวัดสี:

ค่าเฉลี่ย SCI L = 85.96 a = 2.70 b = 11.45

ค่าเฉลี่ย SCE L = 85.92 a = 2.74 b = 11.38

วิเคราะห์โดย: Spectrophotometer, KONICA MINOLTA, รุ่น CM-2600d;

ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

หมายเหตุ: SCI คือ ค่าสีที่เครื่องสามารถวัดได้

L ใช้กำหนดค่าความสว่าง,

a ใช้กำหนดสีแดงและสีเขียว,

b ใช้กำหนดสีเหลืองและสีน้ำเงิน,

SCE คือ ค่าสีที่ตาคนสามารถมองเห็น

$L = 0$ แสดงว่าตัวอย่างมีสีดำสมบูรณ์

$L = 100$ แสดงว่าตัวอย่างมีสีขาวสมบูรณ์

a มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีแดง

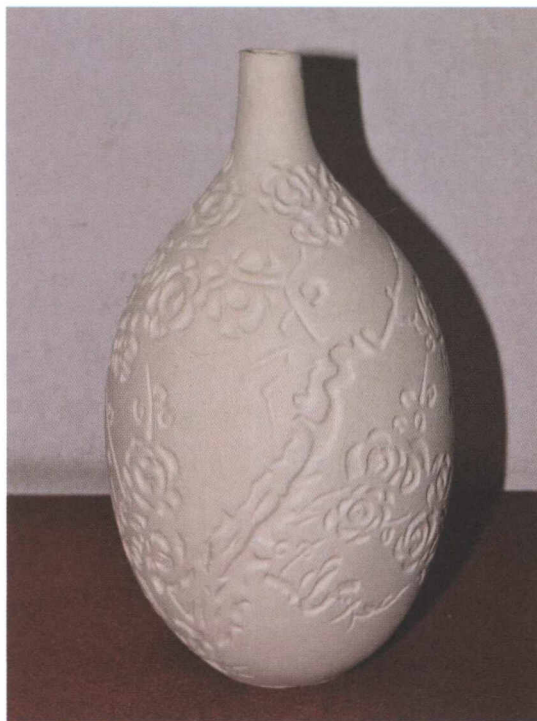
a มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีเขียว

b มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีเหลือง

b มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีน้ำเงิน

16. การนำไปใช้งาน:

เหมาะสำหรับการผลิตเซรามิกประเภทเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร ลูกกรงเซรามิก กระเบื้องปูพื้น/บุผนัง
ของชำร่วย และของประดับตกแต่งบ้านและสวน



ผลิตภัณฑ์ต้นแบบหลังเผา

5. สูตรเนื้อดินสโตนแวร์ขาว MTEC-031



สีเนื้อดินก่อนเผา

สีเนื้อดินหลังเผา

- 1. ชื่อสูตรดิน: MTEC-031
- 2. ประเภทสูตรดิน: เนื้อดินสโตนแวร์ขาว
- 3. ราคา: 2.86 บาท ต่อ กก.
- 4. ส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดิน:

วัตถุดิบ	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
ดินขาวล้าง 325 เมช	30	หสม. สหกิจดินขาวทุ่งผาย
ดินดำล้าง AP-BC02 325 เมช	30	หจก. อภิโชค
พอทเทอร์รี่สโตน P1	20	บจก. เหมืองแร่ธีระยุทธ์
โซเดียมเฟลด์สปาร์	20	บจก. เซอร์นิคอินเตอร์เนชั่นแนล
สารเติมแต่ง	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
สารละลายโซเดียมซิลิเกต	0.2	บจก. อัมรินทร์เซรามิกส์คอร์ปอเรชั่น

5. ขั้นตอนกระบวนการเตรียมเนื้อดิน:

- 1) นำวัตถุดิบทุกตัวไปอบให้แห้งในเตาอบไฟฟ้า สำหรับวัตถุดิบที่เป็นก้อนขนาดใหญ่ทำการทุบให้มีขนาดเล็กลงก่อนนำเข้าเตาอบ
- 2) ชั่งวัตถุดิบหลังอบแห้งทุกตัวตามสัดส่วนที่ระบุในส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดินดังแสดงในตารางข้างต้น
- 3) บดวัตถุดิบทั้งหมดรวมกันในหม้อบดความเร็วสูงโดยบดแบบเปียก ใช้ปริมาณน้ำเท่ากับ 43.33% และเติมสารละลายโซเดียมซิลิเกตในปริมาณ 0.2% โดยน้ำหนัก เพื่อช่วยกระจายตัวส่วนผสมและทำให้ส่วนผสมวัตถุดิบให้เข้ากันได้ดียิ่งขึ้น ใช้เวลาบดประมาณ 10 นาที

4) ถ่ายน้ำดินออกจากหม้อบด และทำการทดสอบหาค่ากากค้ำตะแกรงเบอร์ 325 เมช หลังจากนั้นกรองน้ำดินอีกครั้งผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช และนำไปวัดค่าความหนาแน่น และการไหลตัวของน้ำดินก่อนนำไปใช้งาน

5) นำน้ำดินที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นชิ้นงานทดสอบแบบแท่งเหลี่ยมขนาด 70x20x10 มม. โดยวิธีหล่อแบบในแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่เตรียมไว้

6) ทำการแกะแบบเมื่อชิ้นงานแห้งตัว และวัดขนาดชิ้นงานก่อนนำเข้าอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังอบแห้ง และนำชิ้นงานบางส่วนไปวัดค่าความแข็งแรงหลังอบแห้ง

7) นำชิ้นงานที่หล่อเข้าเผาในเตาไฟฟ้าตามอุณหภูมิและสภาวะที่กำหนด (รายละเอียดดังแสดงในข้อ 6.) เมื่อชิ้นงานออกจากเตาเผา นำมาวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังเผา จากนั้นนำไปทดสอบหาค่าความแข็งแรง และค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นงานหลังเผา

8) นอกจากการทดสอบสมบัติทางกายภาพแล้ว ยังได้นำชิ้นงานไปทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเครื่องไดลาโตมิเตอร์ วิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค XRF วิเคราะห์ส่วนประกอบเฟสที่เกิดขึ้นหลังเผาด้วยเทคนิค XRD และวัดความขาวของเนื้อดินหลังเผาด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer

6. สภาวะการเผา:

อุณหภูมิเผา	1,200°C
บรรยากาศการเผา	Oxidation
อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ	5°C/นาที
ระยะเวลาเผาแซ่ไฟ	60 นาที
อัตราการลดอุณหภูมิ	5°C/นาที
ชนิดของเตาเผา	เตาไฟฟ้า

สมบัติของสูตรดิน

7. กากค้ำตะแกรงเบอร์ 325 เมช:	1.01 %
8. ความหนาแน่นน้ำดิน:	1.68 กรัมต่อซีซี
9. การไหลตัวของน้ำดิน (Ford cup):	15.83 วินาที
10. การหดตัวหลังอบแห้ง:	2.73 %
11. การหดตัวหลังเผา:	11.01 %

- 12. การดูดซึมน้ำหลังเผา: 0.10 %
- 13. ความแข็งแรงก่อนเผา: 2.13 MPa
- 14. ความแข็งแรงหลังเผา: 51.32 MPa

15. ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

- 25-400°C: $5.9709 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
- 25-500°C: $7.0588 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
- 25-600°C: $7.3969 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

วิเคราะห์โดย: Dilatometer, Netzsch, รุ่น DIL 402 PC; ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก
ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

16. ส่วนประกอบทางเคมี (% โดยน้ำหนัก):

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O
61.51	0.39	22.25	0.89	1.04	0.84	2.23

Na ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	ZrO ₂	SrO	LOI
1.51	0.01	0.11	0.01	0.01	9.22

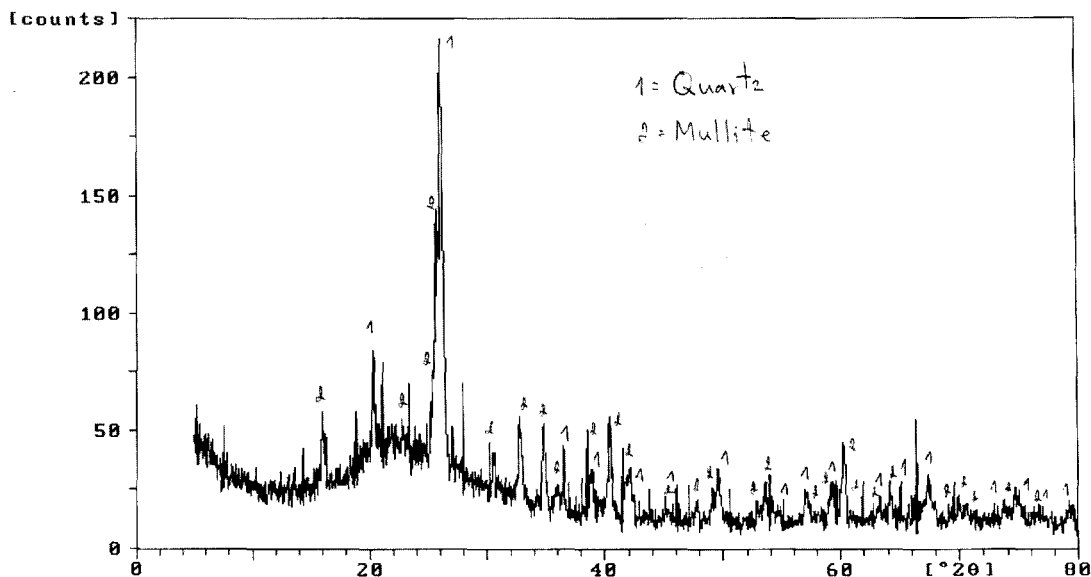
วิเคราะห์โดย: X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF), PANALytical, Axios-Minerals;
บริษัท ซีเบลโก้มีเนอร์รัลส์ (ประเทศไทย) จำกัด

17. ส่วนประกอบทางแร่วิทยาของเนื้อดินหลังเผา:

สารประกอบหลัก: Quartz

สารประกอบรอง: Mullite

กราฟผลการวิเคราะห์:



วิเคราะห์โดย: X-ray diffractometer รุ่น X'pert APD (PW 3710): Philips;

สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

18. ค่าการวัดสี:

ค่าเฉลี่ย SCI L = 75.39 a = 0.94 b = 11.59

ค่าเฉลี่ย SCE L = 75.40 a = 0.96 b = 11.52

วิเคราะห์โดย: Spectrophotometer, KONICA MINOLTA, รุ่น CM-2600d;

ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

หมายเหตุ: SCI คือ ค่าสีที่เครื่องสามารถวัดได้ SCE คือ ค่าสีที่ตาคนสามารถมองเห็น

L ใช้กำหนดค่าความสว่าง,

L = 0 แสดงว่าตัวอย่างมีสีดำสมบูรณ์

L = 100 แสดงว่าตัวอย่างมีสีขาวสมบูรณ์

a ใช้กำหนดสีแดงและสีเขียว,

a มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีแดง

a มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีเขียว

b ใช้กำหนดสีเหลืองและสีน้ำเงิน,

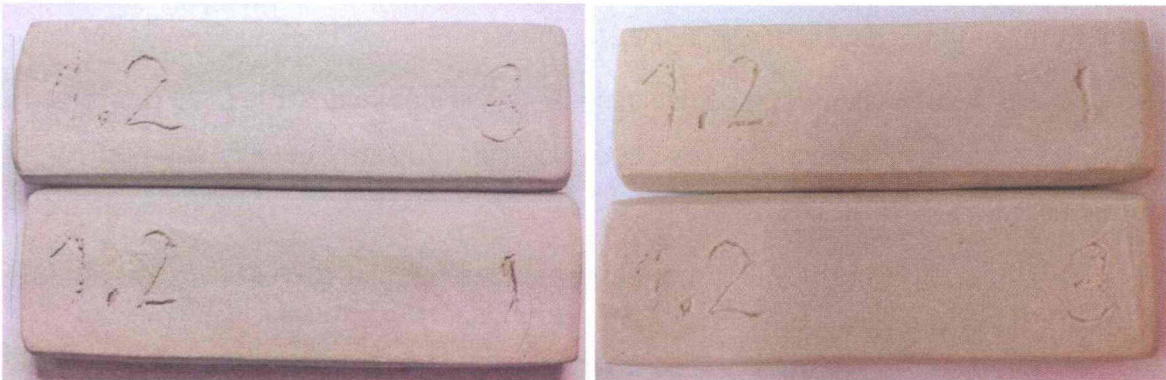
b มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีเหลือง

b มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีน้ำเงิน

19. การนำไปใช้งาน:

เหมาะสำหรับการผลิตเซรามิกประเภทเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร ลูกกรงเซรามิก กระเบื้องปูพื้น/บุผนัง
สุกัญท์ ของชำร่วย และของประดับตกแต่งบ้านและสวน

6. สูตรเนื้อดินสโตนแวร์ขาว MTEC-032



สีเนื้อดินก่อนเผา

สีเนื้อดินหลังเผา

- 1. ชื่อสูตรดิน: MTEC-032
- 2. ประเภทสูตรดิน: เนื้อดินสโตนแวร์ขาว
- 3. ราคา: 3.04 บาท ต่อ กก.
- 4. ส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดิน:

วัตถุดิบ	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
ดินขาวล้าง 325 เมช	25	บจก. เหมืองแร่ธีระยุทธ
ดินดำล้าง AP-BC02 325 เมช	30	หจก. อภิโชค
พอทเทอรีสโตน P1	15	บจก. เหมืองแร่ธีระยุทธ
ทรายบด AP-QC01	10	หจก. อภิโชค
โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์	20	บจก. เซอร์นิคอินเตอร์เนชั่นแนล
สารเติมแต่ง	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
สารละลายโซเดียมซิลิเกต	0.2	บจก. อัมรินทร์เซรามิกส์คอร์ปอเรชั่น

5. ขั้นตอนกระบวนการเตรียมเนื้อดิน:

- 1) นำวัตถุดิบทุกตัวไปอบให้แห้งในเตาอบไฟฟ้า สำหรับวัตถุดิบที่เป็นก้อนขนาดใหญ่ทำการทุบให้มีขนาดเล็กลงก่อนนำเข้าเตาอบ
- 2) ชั่งวัตถุดิบหลังอบแห้งทุกตัวตามสัดส่วนที่ระบุในส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดินดังแสดงในตารางข้างต้น
- 3) บดวัตถุดิบทั้งหมดรวมกันในหม้อบดความเร็วสูงโดยบดแบบเปียก ใช้ปริมาณน้ำเท่ากับ 41.67% และเติมสารละลายโซเดียมซิลิเกตในปริมาณ 0.2% โดยน้ำหนัก เพื่อช่วยกระจายตัวส่วนผสมและทำให้ส่วนผสมวัตถุดิบให้เข้ากันได้ดียิ่งขึ้น ใช้เวลาบดประมาณ 10 นาที
- 4) ถ่ายน้ำดินออกจากหม้อบด และทำการทดสอบหาค่าการค้ำตะแกรงเบอร์ 325 เมช หลังจากนั้นกรองน้ำดินอีกครั้งผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช และนำไปวัดค่าความหนาแน่น และการไหลตัวของน้ำดินก่อนนำไปใช้งาน
- 5) นำน้ำดินที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นชิ้นงานทดสอบแบบแท่งเหลี่ยมขนาด 70x20x10 มม. โดยวิธีหล่อแบบในแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่เตรียมไว้
- 6) ทำการแกะแบบเมื่อชิ้นงานแห้งตัว และวัดขนาดชิ้นงานก่อนนำเข้าอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังอบแห้ง และนำชิ้นงานบางส่วนไปวัดค่าความแข็งแรงหลังอบแห้ง
- 7) นำชิ้นงานที่เหลือเข้าเผาในเตาไฟฟ้าตามอุณหภูมิและสภาวะที่กำหนด (รายละเอียดดังแสดงในข้อ 6.) เมื่อชิ้นงานออกจากเตาเผา นำมาวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังเผา จากนั้นนำไปทดสอบหาค่าความแข็งแรง และค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นงานหลังเผา
- 8) นอกจากการทดสอบสมบัติทางกายภาพแล้ว ยังได้นำชิ้นงานไปทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเครื่องไดลาโตมิเตอร์ วิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค XRF วิเคราะห์ส่วนประกอบเฟสที่เกิดขึ้นหลังเผาด้วยเทคนิค XRD และวัดความขาวของเนื้อดินหลังเผาด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer

6. สภาวะการเผา:

อุณหภูมิเผา	1,200°C
บรรยากาศการเผา	Oxidation
อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ	5°C/นาที
ระยะเวลาเผาแซ่ไฟ	60 นาที
อัตราการลดอุณหภูมิ	5°C/นาที
ชนิดของเตาเผา	เตาไฟฟ้า

สมบัติของสูตรดิน

- 7. การค้ำตะแกรงเบอร์ 325 เมช: 2.68 %
- 8. ความหนาแน่นน้ำดิน: 1.62 กรัมต่อซีซี
- 9. การไหลตัวน้ำดิน (Ford cup): 17.48 วินาที
- 10. การหดตัวหลังอบแห้ง: 2.77 %
- 11. การหดตัวหลังเผา: 9.46 %
- 12. การดูดซึมน้ำหลังเผา: 2.71 %
- 13. ความแข็งแรงก่อนเผา: 2.08 MPa
- 14. ความแข็งแรงหลังเผา: 24.39 MPa

15. ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

- 25-400°C: $6.7765 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
- 25-500°C: $7.2773 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
- 25-600°C: $7.8659 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

วิเคราะห์โดย: Dilatometer, Netzsch, รุ่น DIL 402 PC; ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก
ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

16. ส่วนประกอบทางเคมี (% โดยน้ำหนัก):

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	LOI
67.50	0.33	21.29	0.83	0.06	0.18	2.45	0.18	0.03	0.03	7.13

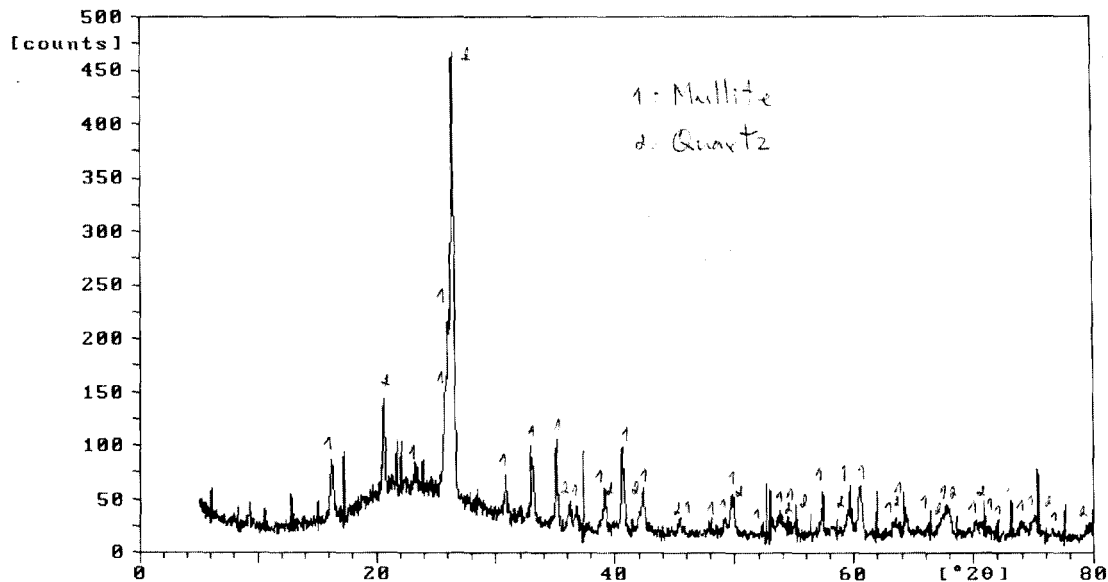
วิเคราะห์โดย: X-ray Fluorescence (XRF) Spectrometer, PANALytical, Axios-Minerals;
บริษัท ซิเบลโกมิเนอร์รัลส์ (ประเทศไทย) จำกัด

17. ส่วนประกอบทางแร่วิทยาของเนื้อดินหลังเผา:

สารประกอบหลัก: Quartz

สารประกอบรอง: Mullite

กราฟผลการวิเคราะห์:



วิเคราะห์โดย: X-ray diffractometer รุ่น X'pert APD (PW 3710): Philips;

สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

18. ค่าการวัดสี:

ค่าเฉลี่ย SCI L = 79.18 a = - 0.22 b = 10.10

ค่าเฉลี่ย SCE L = 79.19 a = - 0.19 b = 10.00

วิเคราะห์โดย: Spectrophotometer, KONICA MINOLTA, รุ่น CM-2600d;

ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

หมายเหตุ: SCI คือ ค่าสีที่เครื่องสามารถวัดได้ SCE คือ ค่าสีที่ตาคนสามารถมองเห็น

L ใช้กำหนดค่าความสว่าง,

L = 0 แสดงว่าตัวอย่างมีสีดำสมบูรณ์

L = 100 แสดงว่าตัวอย่างมีสีขาวสมบูรณ์

a ใช้กำหนดสีแดงและสีเขียว,

a มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีแดง

a มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีเขียว

b ใช้กำหนดสีเหลืองและสีน้ำเงิน,

b มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีเหลือง

b มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีน้ำเงิน

19. การนำไปใช้งาน

เหมาะสำหรับการผลิตเซรามิกประเภทเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร ลูกกรงเซรามิก กระเบื้องปูพื้น/บุผนัง
ของชำร่วย และของประดับตกแต่งบ้านและสวน

7. สูตรเนื้อดินสโตนแวร์ขาวต้นทุนต่ำ MTEC-035



สีเนื้อดินก่อนเผา

สีเนื้อดินหลังเผา

- 1. ชื่อสูตรดิน: MTEC-035
- 2. ประเภทสูตรดิน: เนื้อดินสโตนแวร์ขาวต้นทุนต่ำ
- 3. ราคา: 2.63 บาท ต่อ กก.
- 4. ส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดิน:

วัตถุดิบ	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
ดินขาวผสมดินดำ KWC-03	50	บจก. กิตติโรจน์ดินขาว
กากดินขาวล้าง	15	บจก. ลำปางเกาลินไมนิ่ง
ทรายบด AP-QC01	10	หจก. อภิโชค
โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์	25	บจก. เซอร์นิคอินเตอร์เนชั่นแนล
สารเติมแต่ง	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
สารละลายโซเดียมซิลิเกต	0.27	บจก. อัมรินทร์เซรามิกส์คอร์ปอเรชั่น

5. ขั้นตอนกระบวนการเตรียมเนื้อดิน:

- 1) นำวัตถุดิบทุกตัวไปอบให้แห้งในเตาอบไฟฟ้า สำหรับวัตถุดิบที่เป็นก้อนขนาดใหญ่ทำการทุบให้มีขนาดเล็กลงก่อนนำเข้าเตาอบ

- 2) ชั่งวัตถุดิบหลังอบแห้งทุกตัวตามสัดส่วนที่ระบุในส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดินดังแสดงในตารางข้างต้น
- 3) บดวัตถุดิบทั้งหมดรวมกันในหม้อบดความเร็วสูงโดยบดแบบเปียก ใช้ปริมาณน้ำเท่ากับ 40% และเติมสารละลายโซเดียมซิลิเกตในปริมาณ 0.27% โดยน้ำหนัก เพื่อช่วยกระจายตัวส่วนผสมและทำให้ส่วนผสมวัตถุดิบให้เข้ากันได้ดียิ่งขึ้น ใช้เวลาบดประมาณ 10 นาที
- 4) ถ่ายน้ำดินออกจากหม้อบด และทำการทดสอบหาค่าการคายน้ำที่ 325 เมช หลังจากนั้นกรองน้ำดินอีกครั้งผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช และนำไปวัดค่าความหนาแน่น และการไหลตัวของน้ำดินก่อนนำไปใช้งาน
- 5) นำน้ำดินที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นชิ้นงานทดสอบแบบแท่งเหลี่ยมขนาด 70x20x10 มม. โดยวิธีหล่อแบบในแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่เตรียมไว้
- 6) ทำการแกะแบบเมื่อชิ้นงานแห้งตัว และวัดขนาดชิ้นงานก่อนนำเข้าอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังอบแห้ง และนำชิ้นงานบางส่วนไปวัดค่าความแข็งแรงหลังอบแห้ง
- 7) นำชิ้นงานที่เหลือเข้าเผาในเตาไฟฟ้าตามอุณหภูมิและสภาวะที่กำหนด (รายละเอียดดังแสดงในข้อ 6.) เมื่อชิ้นงานออกจากเตาเผา นำมาวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังเผา จากนั้นนำไปทดสอบหาค่าความแข็งแรง และค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นงานหลังเผา
- 8) นอกจากการทดสอบสมบัติทางกายภาพแล้ว ยังได้นำชิ้นงานไปทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเครื่องไดลาโตมิเตอร์ วิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค XRF วิเคราะห์ส่วนประกอบเฟสที่เกิดขึ้นหลังเผาด้วยเทคนิค XRD และวัดความขาวของเนื้อดินหลังเผาด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer
- 9) ทำการทดลองเตรียมเนื้อดินในปริมาณที่มากขึ้นตามกระบวนการผลิตจริงในโรงงาน และทดลองขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบ เพื่อดูความสามารถในการนำไปใช้งานได้จริง และทำการทดสอบสมบัติต่างๆ ของผลิตภัณฑ์หลังเผาอีกครั้ง

6. สภาวะการเผา:

อุณหภูมิเผา	1,200°C
บรรยากาศการเผา	Oxidation
อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ	5°C/นาที
ระยะเวลาเผาแซ่ไฟ	60 นาที
อัตราการลดอุณหภูมิ	5°C/นาที
ชนิดของเตาเผา	เตาไฟฟ้า

สมบัติของสูตรดิน

- 7. กากค้ำตะแกรงเบอร์ 325 เมช: 1.38 %
- 8. ความหนาแน่นน้ำดิน: 1.73 กรัมต่อซีซี
- 9. การไหลตัวของน้ำดิน (Ford cup): 21.44 วินาที
- 10. การหดตัวหลังอบแห้ง: 1.45 %
- 11. การหดตัวหลังเผา: 12.63 %
- 12. การดูดซึมน้ำหลังเผา: 0.31 %
- 13. ความแข็งแรงก่อนเผา: 1.27 MPa
- 14. ความแข็งแรงหลังเผา: 78.42 MPa

15. ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

- 25-400°C: $7.2291 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
- 25-500°C: $8.3127 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
- 25-600°C: $9.1658 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

วิเคราะห์โดย: Dilatometer, Netzsch, รุ่น DIL 402 PC; ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก
ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

16. ส่วนประกอบทางเคมี (% โดยน้ำหนัก):

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	LOI
69.11	0.12	19.10	0.73	0.15	0.25	4.70	0.80	0.05	0.01	5.00

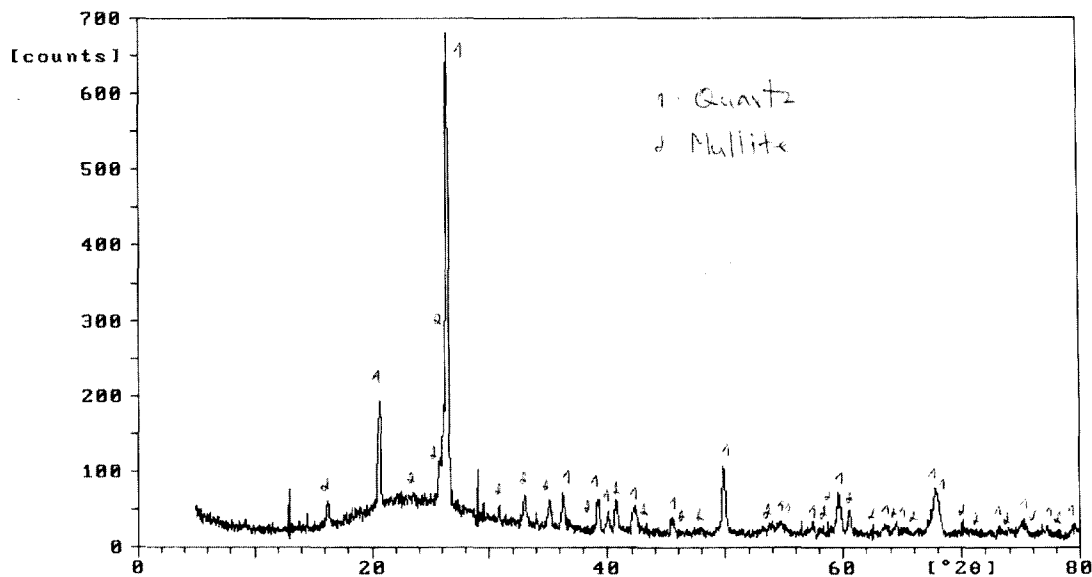
วิเคราะห์โดย: X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF), PANalytical, Axios-Minerals;
บริษัท ซิเบลโกมิเนอร์รัลส์ (ประเทศไทย) จำกัด

17. ส่วนประกอบทางแร่วิทยาของเนื้อดินหลังเผา:

สารประกอบหลัก: Quartz

สารประกอบรอง: Mullite

กราฟผลการวิเคราะห์:



วิเคราะห์โดย: X-ray diffractometer รุ่น X'pert APD (PW 3710): Philips;

สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

18. ค่าการวัดสี:

ค่าเฉลี่ย SCI L = 75.49 a = 1.63 b = 9.98

ค่าเฉลี่ย SCE L = 75.51 a = 1.64 b = 9.91

วิเคราะห์โดย: Spectrophotometer, KONICA MINOLTA, รุ่น CM-2600d;

ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

หมายเหตุ: SCI คือ ค่าสีที่เครื่องสามารถวัดได้ SCE คือ ค่าสีที่ตาคนสามารถมองเห็น

L ใช้กำหนดค่าความสว่าง,

L = 0 แสดงว่าตัวอย่างมีสีดำสมบูรณ์

L = 100 แสดงว่าตัวอย่างมีสีขาวสมบูรณ์

a ใช้กำหนดสีแดงและสีเขียว,

a มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีแดง

a มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีเขียว

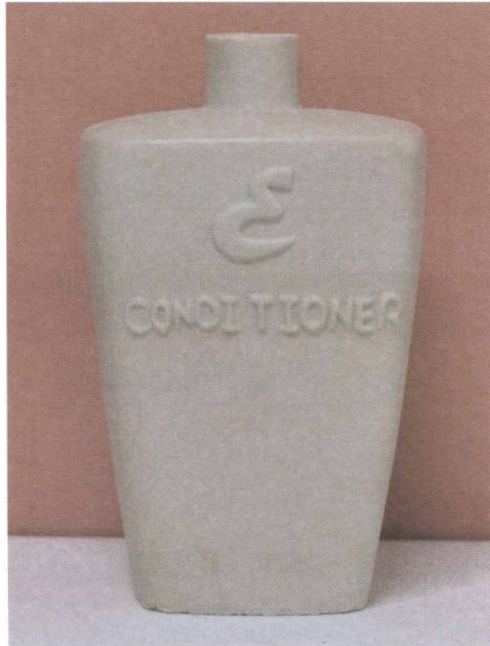
b ใช้กำหนดสีเหลืองและสีน้ำเงิน,

b มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีเหลือง

b มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีน้ำเงิน

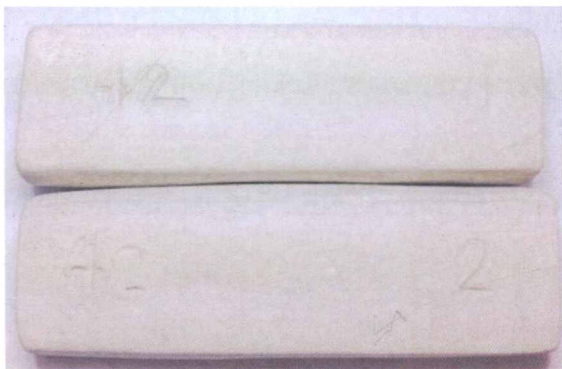
19. การนำไปใช้งาน:

เหมาะสำหรับการผลิตเซรามิกประเภทเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร สุขภัณฑ์ ลูกกรงเซรามิก กระเบื้องปูพื้น/ปูผนัง ของชำร่วย และของประดับตกแต่งบ้านและสวน



ผลิตภัณฑ์ต้นแบบหลังเผา

8. สูตรเนื้อดินสโตนแวร์ขาวอุณหภูมิต่ำ MTEC-042



สีเนื้อดินก่อนเผา



สีเนื้อดินหลังเผา

1. ชื่อสูตรดิน: MTEC-042
2. ประเภทสูตรดิน: เนื้อดินสโตนแวร์ขาวอุณหภูมิต่ำ
3. ราคา: 3.33 บาท ต่อ กก.

4. ส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดิน:

วัตถุดิบ	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
ดินขาวล้างเกรด B 200 เมช	15	บจก. ลำปางเกาลินไมนิ่ง
ดินดำล้าง AP-BC02 325 เมช	40	หจก. อภิโชค
ทรายบด AP-QC01	15	หจก. อภิโชค
โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์	10	บจก. เซอร์นิคอินเตอร์เนชั่นแนล
เศษแก้วบดละเอียด 200 เมช	10	บจก. สยามเซรามิคซ์พพลาย
กากตะกอนเคลือบเซรามิก	10	(ของเสียภายในโรงงานเซรามิก)
สารเติมแต่ง	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
สารละลายโซเดียมซิลิเกต	0.27	บจก. อัมรินทร์เซรามิคส์คอร์ปอเรชั่น

5. ขั้นตอนกระบวนการเตรียมเนื้อดิน:

- นำวัตถุดิบทุกตัวไปอบให้แห้งในเตาอบไฟฟ้า สำหรับวัตถุดิบที่เป็นก้อนขนาดใหญ่ทำการทุบให้มีขนาดเล็กลงก่อนนำเข้าเตาอบ
- ชั่งวัตถุดิบหลังอบแห้งทุกตัวตามสัดส่วนที่ระบุในส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดินดังแสดงในตารางข้างต้น
- บดวัตถุดิบทั้งหมดรวมกันในหม้อบดความเร็วสูงโดยบดแบบเปียก ใช้ปริมาณน้ำเท่ากับ 40% และเติมสารละลายโซเดียมซิลิเกตในปริมาณ 0.27% โดยน้ำหนัก เพื่อช่วยกระจายตัวส่วนผสมและทำให้ส่วนผสมวัตถุดิบให้เข้ากันได้ดียิ่งขึ้น ใช้เวลาบดประมาณ 10 นาที
- ถ่ายน้ำดินออกจากหม้อบด และทำการทดสอบหาค่ากากค้างตะแกรงเบอร์ 325 เมช หลังจากนั้นกรองน้ำดินอีกครั้งผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช และนำไปวัดค่าความหนาแน่น และการไหลตัวของน้ำดินก่อนนำไปใช้งาน
- นำน้ำดินที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นชิ้นงานทดสอบแบบแท่งเหลี่ยมขนาด 70x20x10 มม. โดยวิธีหล่อแบบในแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่เตรียมไว้
- ทำการแกะแบบเมื่อชิ้นงานแห้งตัว และวัดขนาดชิ้นงานก่อนนำเข้าอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังอบแห้ง และนำชิ้นงานบางส่วนไปวัดค่าความแข็งแรงหลังอบแห้ง
- นำชิ้นงานที่เหลือเข้าเผาในเตาไฟฟ้าตามอุณหภูมิและสภาวะที่กำหนด (รายละเอียดดังแสดงในข้อ 6.) เมื่อชิ้นงานออกจากเตาเผา นำมาวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังเผา จากนั้นนำไปทดสอบหาค่าความแข็งแรง และค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นงานหลังเผา

8) นอกจากการทดสอบสมบัติทางกายภาพแล้ว ยังได้นำชิ้นงานไปทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเครื่องไดลาโตมิเตอร์ วิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค XRF วิเคราะห์ส่วนประกอบเฟสที่เกิดขึ้นหลังเผาด้วยเทคนิค XRD และวัดความขาวของเนื้อดินหลังเผาด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer

6. สภาวะการเผา:	
อุณหภูมิเผา	1,100°C
บรรยากาศการเผา	Oxidation
อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ	5°C/นาที
ระยะเวลาเผาแซไฟ	60 นาที
อัตราการลดอุณหภูมิ	5°C/นาที
ชนิดของเตาเผา	เตาไฟฟ้า

สมบัติของสูตรดิน

7. กากค้ำตะแกรงเบอร์ 325 เมช:	2.29 %
8. ความหนาแน่นน้ำดิน:	1.75 กรัมต่อซีซี
9. การไหลตัวน้ำดิน (Ford cup):	16.34 วินาที
10. การหดตัวหลังอบแห้ง:	3.05 %
11. การหดตัวหลังเผา:	8.75 %
12. การดูดซึมน้ำหลังเผา:	4.73 %
13. ความแข็งแรงก่อนเผา:	2.52 MPa
14. ความแข็งแรงหลังเผา:	35.86 MPa

15. ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน	
25-400°C:	$6.9859 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
25-500°C:	$8.0205 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
25-600°C:	$8.7061 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

วิเคราะห์โดย: Dilatometer, Netzsch, รุ่น DIL 402 PC; ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

16. ส่วนประกอบทางเคมี (% โดยน้ำหนัก):

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
63.01	0.38	16.76	0.74	1.60	0.63	2.40	2.25

MnO	BaO	ZrO ₂	ZnO	PbO	P ₂ O ₅	LOI
0.01	0.11	0.98	0.32	0.20	0.02	10.57

วิเคราะห์โดย: X-ray Fluorescence (XRF) Spectrometer, PANalytical, Axios-Minerals;

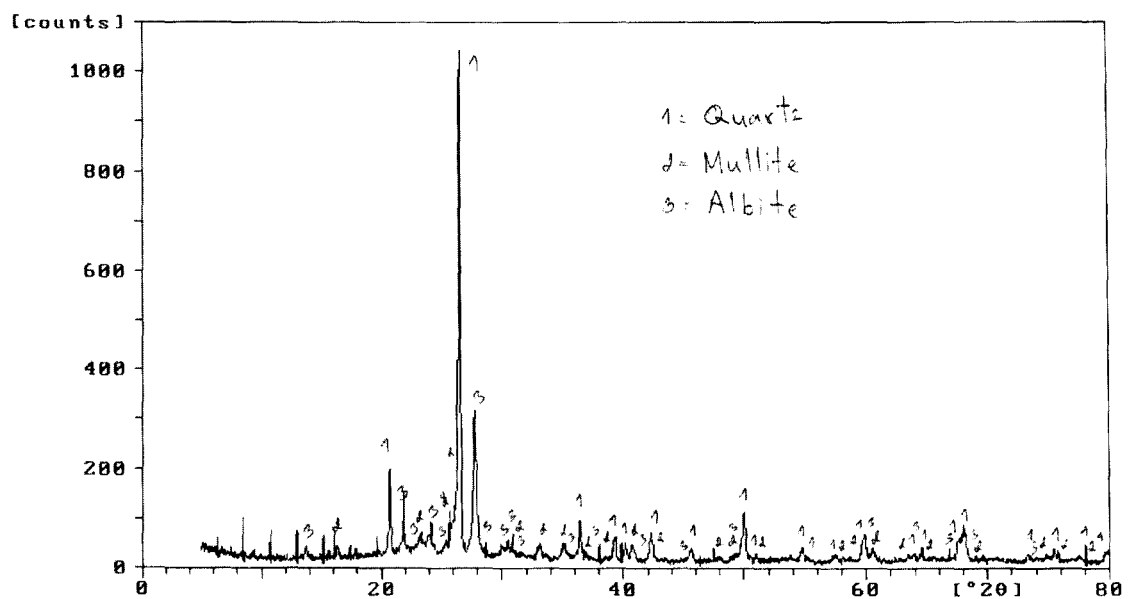
บริษัท ซีเบลโก้มีเนอร์รัลส์ (ประเทศไทย) จำกัด

17. ส่วนประกอบทางแร่วิทยาของเนื้อดินหลังเผา:

สารประกอบหลัก: Quartz

สารประกอบรอง: Albite, Mullite

กราฟผลการวิเคราะห์:



วิเคราะห์โดย: X-ray diffractometer รุ่น X'pert APD (PW 3710): Philips; สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

18. ค่าการวัดสี:

ค่าเฉลี่ย SCI L = 87.87 a = 1.37 b = 8.94

ค่าเฉลี่ย SCE L = 87.83 a = 1.40 b = 8.85

วิเคราะห์โดย: Spectrophotometer, KONICA MINOLTA, รุ่น CM-2600d;

ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

หมายเหตุ: SCI คือ ค่าสีที่เครื่องสามารถวัดได้ SCE คือ ค่าสีที่ตาคนสามารถมองเห็น

L ใช้กำหนดค่าความสว่าง, L = 0 แสดงว่าตัวอย่างมีสีดำสมบูรณ์

L = 100 แสดงว่าตัวอย่างมีสีขาวสมบูรณ์

a ใช้กำหนดสีแดงและสีเขียว, a มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีแดง

a มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีเขียว

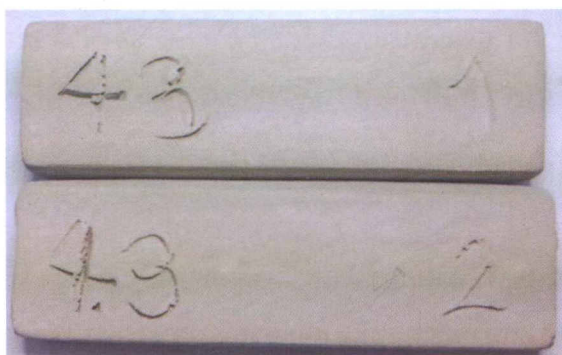
b ใช้กำหนดสีเหลืองและสีน้ำเงิน, b มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีเหลือง

b มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีน้ำเงิน

19. การนำไปใช้งาน

เหมาะสำหรับการผลิตเซรามิกประเภทเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร ลูกกรงเซรามิก กระเบื้องปูพื้น/บุผนัง
ของชำร่วย และของประดับตกแต่งบ้านและสวน

9. สูตรเนื้อดินสโตนแวร์แดงอุณหภูมิต่ำ MTEC-043



สีเนื้อดินก่อนเผา



สีเนื้อดินหลังเผา

- ชื่อสูตรดิน: MTEC-043
- ประเภทสูตรดิน: เนื้อดินสโตนแวร์แดงอุณหภูมิต่ำ
- ราคา: 3.37 บาท ต่อ กก.

4. ส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดิน:

วัตถุดิบ	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
ดินขาวล้าง	10	บจก. เหมืองแร่ธีระยุทธ์
ดินดำล้าง AP-BC02 325 เมช	20	หจก. อภิโชค
ดินแดงอ่างทอง	20	บจก. อปก.ดาวคู่
ทรายบด AP-QC01	20	หจก. อภิโชค
โซเดียมเฟลด์สปาร์	20	บจก. เซอร์นิคอินเตอร์เนชั่นแนล
เศษแก้วบดละเอียด 200 เมช	10	บจก. สยามเซรามิคซ์พพลาย
สารเติมแต่ง	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
สารละลายโซเดียมซิลิเกต	0.27	บจก. อัมรินทร์เซรามิคส์คอร์ปอเรชั่น

5. ขั้นตอนกระบวนการเตรียมเนื้อดิน:

- นำวัตถุดิบทุกตัวไปอบให้แห้งในเตาอบไฟฟ้า สำหรับวัตถุดิบที่เป็นก้อนขนาดใหญ่ทำการทุบให้มีขนาดเล็กลงก่อนนำเข้าเตาอบ
- ชั่งวัตถุดิบหลังอบแห้งทุกตัวตามสัดส่วนที่ระบุในส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดินดังแสดงในตารางข้างต้น
- บดวัตถุดิบทั้งหมดรวมกันในหม้อบดความเร็วสูงโดยบดแบบเปียก ใช้ปริมาณน้ำเท่ากับ 45% และเติมสารละลายโซเดียมซิลิเกตในปริมาณ 0.27% โดยน้ำหนัก เพื่อช่วยกระจายตัวส่วนผสมและทำให้ส่วนผสมวัตถุดิบให้เข้ากันได้ดียิ่งขึ้น ใช้เวลาบดประมาณ 10 นาที
- ถายน้ำดินออกจากหม้อบด และทำการทดสอบหาค่ากากค้างตะแกรงเบอร์ 325 เมช หลังจากนั้นกรองน้ำดินอีกครั้งผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช และนำไปวัดค่าความหนาแน่น และการไหลตัวของน้ำดินก่อนนำไปใช้งาน
- นำน้ำดินที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นชิ้นงานทดสอบแบบแท่งเหลี่ยมขนาด 70x20x10 มม. โดยวิธีหล่อแบบในแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่เตรียมไว้
- ทำการแกะแบบเมื่อชิ้นงานแห้งตัว และวัดขนาดชิ้นงานก่อนนำเข้าอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังอบแห้ง และนำชิ้นงานบางส่วนไปวัดค่าความแข็งแรงหลังอบแห้ง
- นำชิ้นงานที่หล่อเข้าเผาในเตาไฟฟ้าตามอุณหภูมิและสภาวะที่กำหนด (รายละเอียดดังแสดงในข้อ 6.) เมื่อชิ้นงานออกจากเตาเผา นำมาวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังเผา จากนั้นนำไปทดสอบหาค่าความแข็งแรง และค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นงานหลังเผา

8) นอกจากการทดสอบสมบัติทางกายภาพแล้ว ยังได้นำชิ้นงานไปทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเครื่องไดลาโตมิเตอร์ วิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค XRF วิเคราะห์ส่วนประกอบเฟสที่เกิดขึ้นหลังเผาด้วยเทคนิค XRD และวัดความขาวของเนื้อดินหลังเผาด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer

6. สภาวะการเผา:

อุณหภูมิเผา	1,150°C
บรรยากาศการเผา	Oxidation
อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ	5°C/นาที
ระยะเวลาเผาแซ่ไฟ	60 นาที
อัตราการลดอุณหภูมิ	5°C/นาที
ชนิดของเตาเผา	เตาไฟฟ้า

สมบัติของสูตรดิน

7. กากค้ำตะแกรงเบอร์ 325 เมช:	4.99 %
8. ความหนาแน่นน้ำดิน:	1.72 กรัมต่อซีซี
9. การไหลตัวน้ำดิน (Ford cup):	17.82 วินาที
10. การหดตัวหลังอบแห้ง:	3.44 %
11. การหดตัวหลังเผา:	12.08 %
12. การดูดซึมน้ำหลังเผา:	0.15 %
13. ความแข็งแรงก่อนเผา:	2.57 MPa
14. ความแข็งแรงหลังเผา:	64.10 MPa

15. ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

25-400°C:	$6.8324 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
25-500°C:	$7.9183 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
25-600°C:	$8.9320 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

วิเคราะห์โดย: Dilatometer, Netzsch, รุ่น DIL 402 PC; ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก
ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

16. ส่วนประกอบทางเคมี (% โดยน้ำหนัก):

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O
67.11	0.51	15.36	1.72	2.06	1.37	1.39

Na ₂ O	MnO	BaO	ZrO ₂	SrO	P ₂ O ₅	LOI
2.93	0.03	0.02	0.02	0.01	0.12	7.35

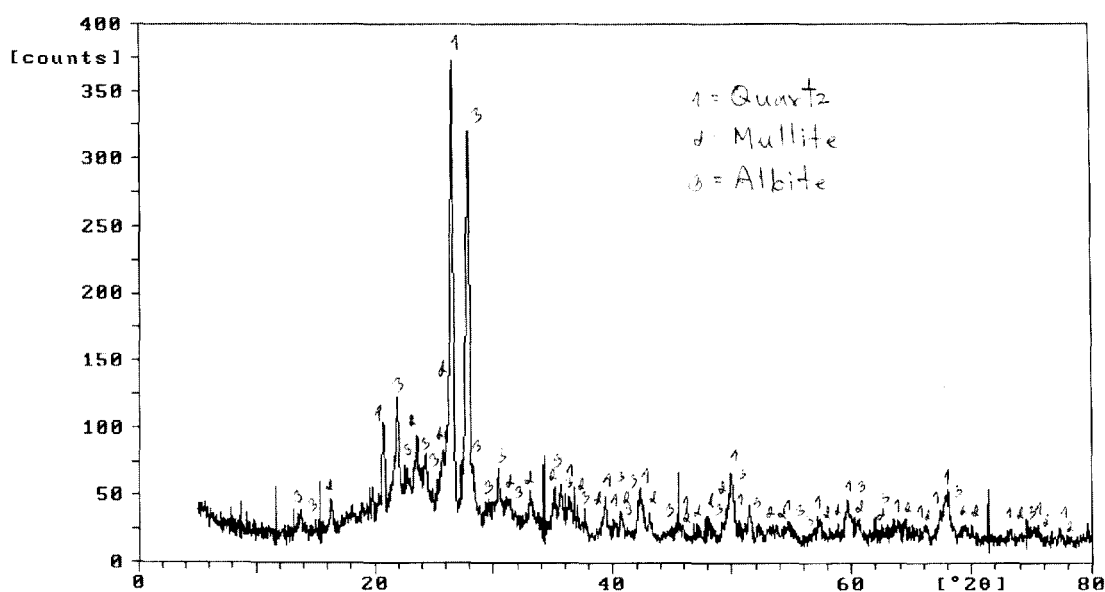
วิเคราะห์โดย: X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF), PANalytical, Axios-Minerals;
บริษัท ซิเบลไก้มีเนอร์รัลส์ (ประเทศไทย) จำกัด

17. ส่วนประกอบทางแร่วิทยาของเนื้อดินหลังเผา:

สารประกอบหลัก: Quartz

สารประกอบรอง: Albite, Mullite

กราฟผลการวิเคราะห์:



วิเคราะห์โดย: X-ray diffractometer รุ่น X'pert APD (PW 3710): Philips;

สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

18. ค่าการวัดสี:

ค่าเฉลี่ย SCI L = 43.86 a = 13.86 b = 19.29

ค่าเฉลี่ย SCE L = 43.91 a = 13.87 b = 19.30

วิเคราะห์โดย: Spectrophotometer, KONICA MINOLTA, รุ่น CM-2600d;

ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

หมายเหตุ: SCI คือ ค่าสีที่เครื่องสามารถวัดได้ SCE คือ ค่าสีที่ตาคนสามารถมองเห็น

L ใช้กำหนดค่าความสว่าง,

L = 0 แสดงว่าตัวอย่างมีสีดำสมบูรณ์

L = 100 แสดงว่าตัวอย่างมีสีขาวสมบูรณ์

a ใช้กำหนดสีแดงและสีเขียว,

a มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีแดง

a มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีเขียว

b ใช้กำหนดสีเหลืองและสีน้ำเงิน,

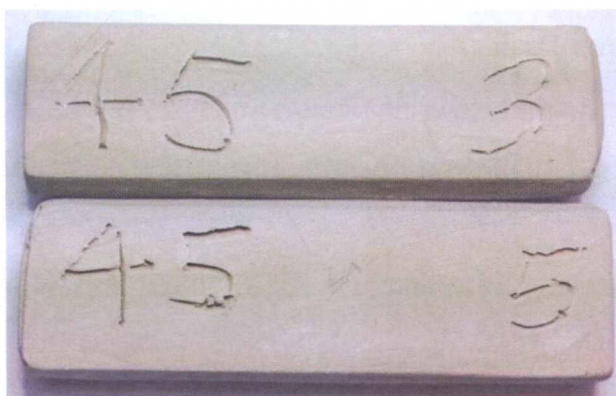
b มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีเหลือง

b มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีน้ำเงิน

19. การนำไปใช้งาน:

เหมาะสำหรับการผลิตเซรามิกประเภทเครื่องปั้นดินเผา กระเบื้องปูพื้น/บุผนัง ของชำร่วย และของประดับตกแต่งบ้านและสวน

10. สูตรเนื้อดินสโตนแวร์แดงอุณหภูมิต่ำ MTEC-045



สีเนื้อดินก่อนเผา



สีเนื้อดินหลังเผา

1. ชื่อสูตรดิน: MTEC-045
2. ประเภทสูตรดิน: เนื้อดินสโตนแวร์แดงอุณหภูมิต่ำ

3. ราคา: 2.97 บาท ต่อ กก.

4. ส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดิน:

วัตถุดิบ	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
ดินขาวล้าง	10	บจก. เหมืองแร่ธีระยุทธ
ดินดำล้าง AP-BC02 325 เมช	20	หจก. อภิโชค
ดินแดงอ่างทอง	20	บจก. อปก.ดาวคู่
ทรายบด AP-QC01	20	หจก. อภิโชค
โซเดียมเฟลด์สปาร์	10	บจก. เซอร์นิคอินเตอร์เนชั่นแนล
เศษแก้วบดละเอียด 200 เมช	10	บจก. สยามเซรามิคส์ฟฟลาย
กากตะกอนเคลือบเซรามิก	10	(ของเสียภายในโรงงานเซรามิก)
สารเติมแต่ง	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
สารละลายโซเดียมซิลิเกต	0.6	บจก. อัมรินทร์เซรามิคส์คอร์ปอเรชั่น

5. ขั้นตอนกระบวนการเตรียมเนื้อดิน:

1) นำวัตถุดิบทุกตัวไปอบให้แห้งในเตาอบไฟฟ้า สำหรับวัตถุดิบที่เป็นก้อนขนาดใหญ่ทำการทุบให้มีขนาดเล็กลงก่อนนำเข้าเตาอบ

2) ชั่งวัตถุดิบหลังอบแห้งทุกตัวตามสัดส่วนที่ระบุในส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดินดังแสดงในตารางข้างต้น

3) บดวัตถุดิบทั้งหมดรวมกันในหม้อบดความเร็วสูงโดยบดแบบเปียก ใช้ปริมาณน้ำเท่ากับ 40% และเติมสารละลายโซเดียมซิลิเกตในปริมาณ 0.6% โดยน้ำหนัก เพื่อช่วยกระจายตัวส่วนผสมและทำให้ส่วนผสมวัตถุดิบให้เข้ากันได้ดียิ่งขึ้น ใช้เวลาบดประมาณ 10 นาที

4) ถายนํ้าดินออกจากหม้อบด และทำการทดสอบหาค่ากากค้างตะแกรงเบอร์ 325 เมช หลังจากนั้นกรองนํ้าดินอีกครั้งผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช และนำไปวัดค่าความหนาแน่น และการไหลตัวของนํ้าดินก่อนนำไปใช้งาน

5) นำนํ้าดินที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นชิ้นงานทดสอบแบบแท่งเหลี่ยมขนาด 70x20x10 มม. โดยวิธีหล่อแบบในแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่เตรียมไว้

6) ทำการแกะแบบเมื่อชิ้นงานแห้งตัว และวัดขนาดชิ้นงานก่อนนำเข้าอบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังอบแห้ง และนำชิ้นงานบางส่วนไปวัดค่าความแข็งแรงหลังอบแห้ง

7) นำชิ้นงานที่เหลือเข้าเผาในเตาไฟฟ้าตามอุณหภูมิและสภาวะที่กำหนด (รายละเอียดดังแสดงในข้อ 6.) เมื่อชิ้นงานออกจากเตาเผา นำมาวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังเผา จากนั้นนำไปทดสอบหาค่าความแข็งแรง และค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นงานหลังเผา

8) นอกจากการทดสอบสมบัติทางกายภาพแล้ว ยังได้นำชิ้นงานไปทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเครื่องไดลาโตมิเตอร์ วิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค XRF วิเคราะห์ส่วนประกอบเฟสที่เกิดขึ้นหลังเผาด้วยเทคนิค XRD และวัดความขาวของเนื้อดินหลังเผาด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer

6. สภาวะการเผา:

อุณหภูมิเผา	1,150°C
บรรยากาศการเผา	Oxidation
อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ	5°C/นาที
ระยะเวลาเผาแซ่ไฟ	60 นาที
อัตราการลดอุณหภูมิ	5°C/นาที
ชนิดของเตาเผา	เตาไฟฟ้า

สมบัติของสูตรดิน

7. กากค้ำตะแกรงเบอร์ 325 เมช:	3.28 %
8. ความหนาแน่นน้ำดิน:	1.72 กรัมต่อซีซี
9. การไหลตัวน้ำดิน (Ford cup):	23.17 วินาที
10. การหดตัวหลังอบแห้ง:	3.16 %
11. การหดตัวหลังเผา:	11.72 %
12. การดูดซึมน้ำหลังเผา:	0.08 %
13. ความแข็งแรงก่อนเผา:	3.09 MPa
14. ความแข็งแรงหลังเผา:	60.89 MPa

15. ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

25-400°C:	$6.5100 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
25-500°C:	$7.6035 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

25-600°C: $8.5177 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

วิเคราะห์โดย: Dilatometer, Netzsch, รุ่น DIL 402 PC; ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก
ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

16. ส่วนประกอบทางเคมี (% โดยน้ำหนัก):

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
66.75	0.46	14.49	1.64	2.17	1.09	1.42	2.77

MnO	PbO	BaO	ZrO ₂	ZnO	P ₂ O ₅	SrO	LOI
0.03	0.20	0.11	0.99	0.32	0.08	0.01	7.48

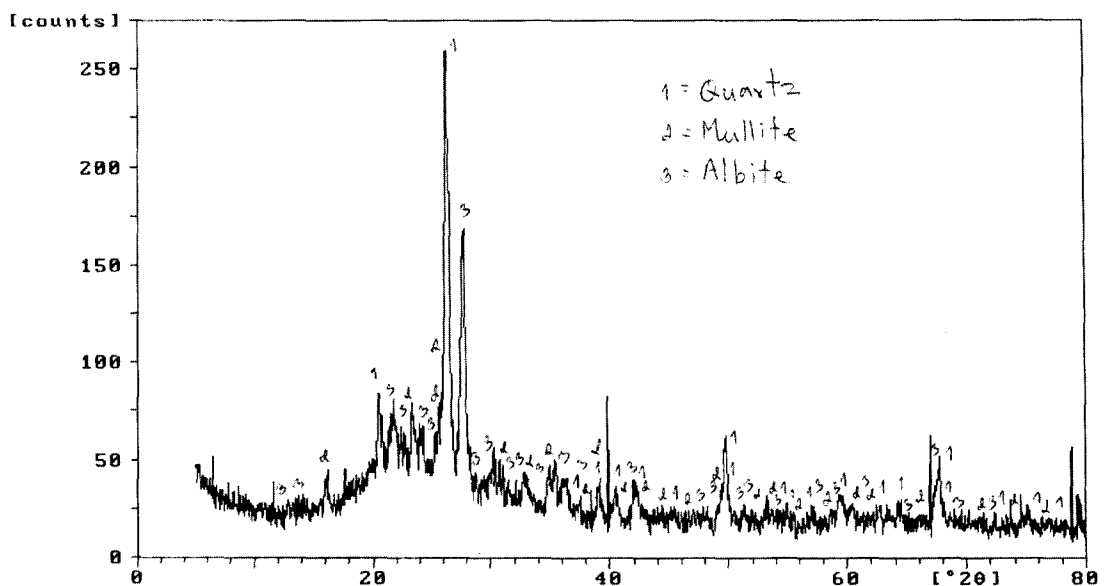
วิเคราะห์โดย: X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF), PANalytical, Axios-Minerals;
บริษัท ซิเบลโกมิเนอร์ลส์ (ประเทศไทย) จำกัด

17. ส่วนประกอบทางแร่วิทยาของเนื้อดินหลังเผา:

สารประกอบหลัก: Quartz

สารประกอบรอง: Albite, Mullite

กราฟผลการวิเคราะห์:



วิเคราะห์โดย: X-ray diffractometer รุ่น X'pert APD (PW 3710): Philips;

สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

18. ค่าการวัดสี:

ค่าเฉลี่ย SCI L = 45.90 a = 11.69 b = 19.90

ค่าเฉลี่ย SCE L = 45.95 a = 11.70 b = 19.93

วิเคราะห์โดย: Spectrophotometer, KONICA MINOLTA, รุ่น CM-2600d;

ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

หมายเหตุ: SCI คือ ค่าสีที่เครื่องสามารถวัดได้ SCE คือ ค่าสีที่ตาคนสามารถมองเห็น

L ใช้กำหนดค่าความสว่าง,

L = 0 แสดงว่าตัวอย่างมีสีดำสมบูรณ์

L = 100 แสดงว่าตัวอย่างมีสีขาวสมบูรณ์

a ใช้กำหนดสีแดงและสีเขียว,

a มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีแดง

a มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีเขียว

b ใช้กำหนดสีเหลืองและสีน้ำเงิน,

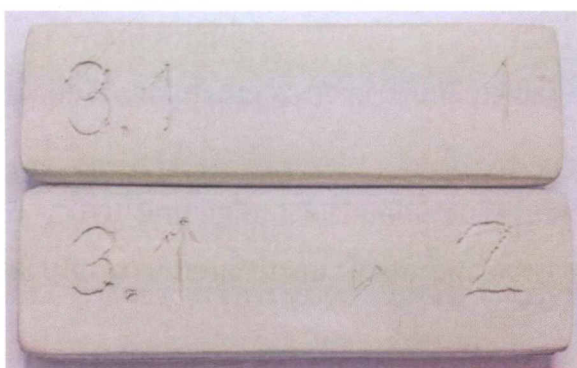
b มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีเหลือง

b มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีน้ำเงิน

19. การนำไปใช้งาน:

เหมาะสำหรับการผลิตเซรามิกประเภทเครื่องปั้นดินเผา กระเบื้องปูพื้น/บุผนัง ของชำร่วย และของประดับตกแต่งบ้านและสวน

11. สูตรเนื้อดินสโตนแวร์ดินขาวลำปาง MTEC-037



สีเนื้อดินก่อนเผา



สีเนื้อดินหลังเผา

1. ชื่อสูตรดิน: MTEC-037
2. ประเภทสูตรดิน: เนื้อดินสโตนแวร์ใช้ดินขาวลำปางเป็นหลัก

3. ราคา: 2.03 บาท ต่อ กก.

4. ส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดิน:

วัตถุดิบ	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
ดินขาวล่างเกรด B 200 เมช	50	บจก. ลำปางเกาลินไม่นิ่ง
ดินดำล่าง AP-BC02 325 เมช	15	หจก. อภิโชค
กากดินขาวล่าง	10	บจก. ลำปางเกาลินไม่นิ่ง
โซเดียมเฟลด์สปาร์	25	บจก. เซอร์นิคอินเตอร์เนชั่นแนล
สารเติมแต่ง	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
สารละลายโซเดียมซิลิเกต	0.3	บจก. อัมรินทร์เซรามิกส์คอร์ปอเรชั่น

5. ขั้นตอนกระบวนการเตรียมเนื้อดิน:

1) นำวัตถุดิบทุกตัวไปอบให้แห้งในเตาอบไฟฟ้า สำหรับวัตถุดิบที่เป็นก้อนขนาดใหญ่ทำการทุบให้มีขนาดเล็กลงก่อนนำเข้าเตาอบ

2) ชั่งวัตถุดิบหลังอบแห้งทุกตัวตามสัดส่วนที่ระบุในส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดินดังแสดงในตารางข้างต้น

3) บดวัตถุดิบทั้งหมดรวมกันในหม้อบดความเร็วสูงโดยบดแบบเปียก ใช้ปริมาณน้ำเท่ากับ 41.67% และเติมสารละลายโซเดียมซิลิเกตในปริมาณ 0.3% โดยน้ำหนัก เพื่อช่วยกระจายตัวส่วนผสมและทำให้ส่วนผสมวัตถุดิบให้เข้ากันได้ดียิ่งขึ้น ใช้เวลาบดประมาณ 10 นาที

4) ถ่ายน้ำดินออกจากหม้อบด และทำการทดสอบหาค่ากากค้างตะแกรงเบอร์ 325 เมช หลังจากนั้นกรองน้ำดินอีกครั้งผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช และนำไปวัดค่าความหนาแน่น และการไหลตัวของน้ำดินก่อนนำไปใช้งาน

5) นำน้ำดินที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นชิ้นงานทดสอบแบบแท่งเหลี่ยมขนาด 70x20x10 มม. โดยวิธีหล่อแบบในแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่เตรียมไว้

6) ทำการแกะแบบเมื่อชิ้นงานแห้งตัว และวัดขนาดชิ้นงานก่อนนำเข้าอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังอบแห้ง และนำชิ้นงานบางส่วนไปวัดค่าความแข็งแรงหลังอบแห้ง

7) นำชิ้นงานที่หล่อเข้าเผาในเตาไฟฟ้าตามอุณหภูมิและสภาวะที่กำหนด (รายละเอียดดังแสดงในข้อ 6.) เมื่อชิ้นงานออกจากเตาเผา นำมาวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังเผา จากนั้นนำไปทดสอบหาค่าความแข็งแรง และค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นงานหลังเผา

8) นอกจากการทดสอบสมบัติทางกายภาพแล้ว ยังได้นำชิ้นงานไปทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเครื่องไดลาโตมิเตอร์ วิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค XRF

วิเคราะห์ส่วนประกอบเฟสที่เกิดขึ้นหลังเผาด้วยเทคนิค XRD และวัดความขาวของเนื้อดินหลังเผาด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer

9) ทำการทดลองเตรียมเนื้อดินในปริมาณที่มากขึ้นตามกระบวนการผลิตจริงในโรงงาน และทดลองขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบ เพื่อดูความสามารถในการนำไปใช้งานได้จริง และทำการทดสอบสมบัติต่างๆ ของผลิตภัณฑ์หลังเผ้อีกครั้ง

6. สภาวะการเผา:

อุณหภูมิเผา	1,250°C
บรรยากาศการเผา	Oxidation
อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ	5°C/นาที
ระยะเวลาเผาแซ่ไฟ	60 นาที
อัตราการลดอุณหภูมิ	5°C/นาที
ชนิดของเตาเผา	เตาไฟฟ้า

สมบัติของสูตรดิน

- 7. การหักงอแรงเบร 325 เมช: 4.11 %
- 8. ความหนาแน่นน้ำดิน: 1.72 กรัมต่อซีซี
- 9. การไหลตัวน้ำดิน (Ford cup): 27.78 วินาที
- 10. การหดตัวหลังอบแห้ง: 2.26 %
- 11. การหดตัวหลังเผา: 12.81 %
- 12. การดูดซึมน้ำหลังเผา: 0.14 %
- 13. ความแข็งแรงก่อนเผา: 1.30 MPa
- 14. ความแข็งแรงหลังเผา: 46.76 MPa
- 15. ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน
 - 25-400°C: $6.0151 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
 - 25-500°C: $7.0043 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
 - 25-600°C: $7.5117 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

วิเคราะห์โดย: Dilatometer, Netzsch, รุ่น DIL 402 PC; ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก
ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

16. ส่วนประกอบทางเคมี (% โดยน้ำหนัก):

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O
68.59	0.31	17.70	0.81	1.28	0.97	2.35

Na ₂ O	MnO	ZrO ₂	SrO	P ₂ O ₅	LOI
2.21	0.07	0.02	0.01	0.12	5.53

วิเคราะห์โดย: X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF), PANalytical, Axios-Minerals;

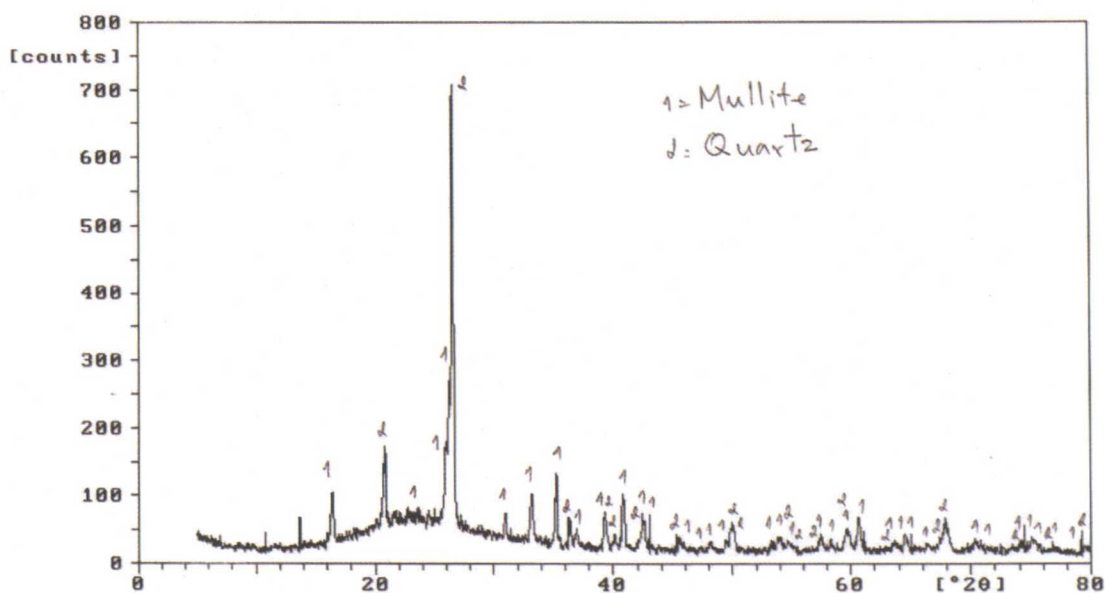
บริษัท ซีเบลโกมิเนอร์ลส์ (ประเทศไทย) จำกัด

17. ส่วนประกอบทางแร่วิทยาของเนื้อดินหลังเผา:

สารประกอบหลัก: Quartz

สารประกอบรอง: Mullite

กราฟผลการวิเคราะห์:



วิเคราะห์โดย: X-ray diffractometer รุ่น X'pert APD (PW 3710): Philips;

สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

18. ค่าการวัดสี:

ค่าเฉลี่ย SCI L = 80.84 a = 0.10 b = 8.88

ค่าเฉลี่ย SCE L = 80.87 a = 0.12 b = 8.82

วิเคราะห์โดย: Spectrophotometer, KONICA MINOLTA, รุ่น CM-2600d;

ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

หมายเหตุ: SCI คือ ค่าสีที่เครื่องสามารถวัดได้

SCE คือ ค่าสีที่ตาคนสามารถมองเห็น

L ใช้กำหนดค่าความสว่าง,

L = 0 แสดงว่าตัวอย่างมีสีดำสมบูรณ์

L = 100 แสดงว่าตัวอย่างมีสีขาวสมบูรณ์

a ใช้กำหนดสีแดงและสีเขียว,

a มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีแดง

a มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีเขียว

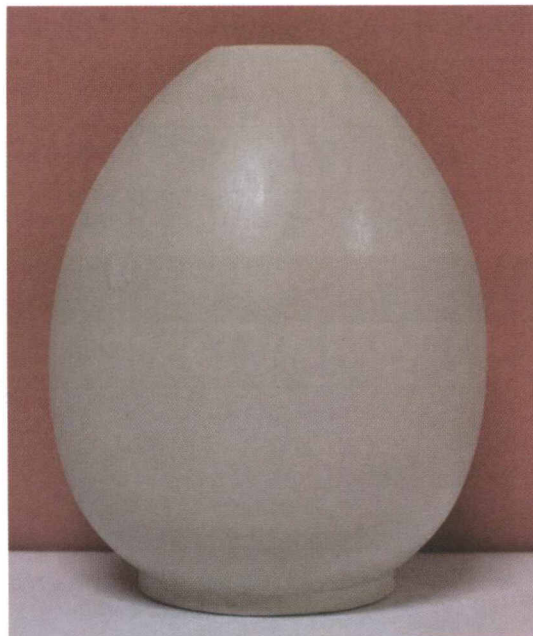
b ใช้กำหนดสีเหลืองและสีน้ำเงิน,

b มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีเหลือง

b มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีน้ำเงิน

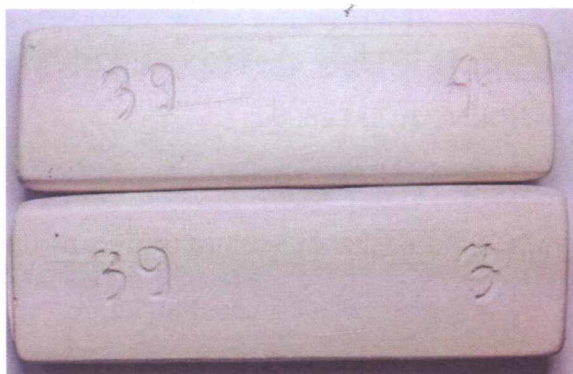
19. การนำไปใช้งาน:

เหมาะสำหรับการผลิตเซรามิกประเภทเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร สุขภัณฑ์ ลูกกรงเซรามิก กระเบื้องปูพื้น/ปูผนัง ของชำร่วย และของประดับตกแต่งบ้านและสวน



ผลิตภัณฑ์ต้นแบบหลังเผา

12. สูตรเนื้อดินสโตนแวร์ดินขาวลำปาง MTEC-039



สีเนื้อดินก่อนเผา



สีเนื้อดินหลังเผา

1. ชื่อสูตรดิน: MTEC-039
2. ประเภทสูตรดิน: เนื้อดินสโตนแวร์ใช้ดินขาวลำปางเป็นหลัก
3. ราคา: 2.69 บาท ต่อ กก.
4. ส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดิน:

วัตถุดิบ	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
ดินขาวลำปาง	45	บจก. เหมืองแร่ธีระยุทธ
ดินเทาล้าง AP-PC02 325 เมช	10	หจก. อภิโชค
ดินดำล้าง AP-BC02 325 เมช	10	หจก. อภิโชค
กากดินขาวล้าง	10	บจก. ลำปางเกาลินโมเนิ่ง
พอทเทอรีสโตน P1	15	บจก. เหมืองแร่ธีระยุทธ
เศษแก้วบดละเอียด 200 เมช	10	บจก. สยามเซรามิคซ์พพลาย
สารเติมแต่ง	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
สารละลายโซเดียมซิลิเกต	0.2	บจก. อัมรินทร์เซรามิคส์คอร์ปอเรชั่น

5. ขั้นตอนกระบวนการเตรียมเนื้อดิน:

- 1) นำวัตถุดิบทุกตัวไปอบให้แห้งในเตาอบไฟฟ้า สำหรับวัตถุดิบที่เป็นก้อนขนาดใหญ่ทำการทุบให้มีขนาดเล็กลงก่อนนำเข้าเตาอบ
- 2) ชั่งวัตถุดิบหลังอบแห้งทุกตัวตามสัดส่วนที่ระบุในส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดินดังแสดงในตารางข้างต้น

3) บดวัตถุดิบทั้งหมดรวมกันในหม้อบดความเร็วสูงโดยบดแบบเปียก ใช้ปริมาณน้ำเท่ากับ 40% และเติมสารละลายโซเดียมซัลเฟตในปริมาณ 0.2% โดยน้ำหนัก เพื่อช่วยกระจายตัวส่วนผสมและทำให้ส่วนผสมวัตถุดิบให้เข้ากันได้ดียิ่งขึ้น ใช้เวลาบดประมาณ 10 นาที

4) ถ่ายน้ำดินออกจากหม้อบด และทำการทดสอบหาค่าการค้ำตะแกรงเบอร์ 325 เมช หลังจากนั้นกรองน้ำดินอีกครั้งผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช และนำไปวัดค่าความหนาแน่น และการไหลตัวของน้ำดินก่อนนำไปใช้งาน

5) นำน้ำดินที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นชิ้นงานทดสอบแบบแท่งเหลี่ยมขนาด 70x20x10 มม. โดยวิธีหล่อแบบในแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่เตรียมไว้

6) ทำการแกะแบบเมื่อชิ้นงานแห้งตัว และวัดขนาดชิ้นงานก่อนนำเข้าอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังอบแห้ง และนำชิ้นงานบางส่วนไปวัดค่าความแข็งแรงหลังอบแห้ง

7) นำชิ้นงานที่เหลือเข้าเผาในเตาไฟฟ้าตามอุณหภูมิและสภาวะที่กำหนด (รายละเอียดดังแสดงในข้อ 6.) เมื่อชิ้นงานออกจากเตาเผา นำมาวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังเผา จากนั้นนำไปทดสอบหาค่าความแข็งแรง และค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นงานหลังเผา

8) นอกจากการทดสอบสมบัติทางกายภาพแล้ว ยังได้นำชิ้นงานไปทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเครื่องไดลาโตมิเตอร์ วิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค XRF วิเคราะห์ส่วนประกอบเฟสที่เกิดขึ้นหลังเผาด้วยเทคนิค XRD และวัดความขาวของเนื้อดินหลังเผาด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer

6. สภาวะการเผา:

อุณหภูมิเผา	1,250°C
บรรยากาศการเผา	Oxidation
อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ	5°C/นาที
ระยะเวลาเผาแซ่ไฟ	60 นาที
อัตราการลดอุณหภูมิ	5°C/นาที
ชนิดของเตาเผา	เตาไฟฟ้า

สมบัติของสูตรดิน

- | | |
|-------------------------------|------------------|
| 7. การค้ำตะแกรงเบอร์ 325 เมช: | 2.74 % |
| 8. ความหนาแน่นน้ำดิน: | 1.73 กรัมต่อซีซี |

- 9. การไหลตัวน้ำดิน (Ford cup): 18.87 วินาที
- 10. การหดตัวหลังอบแห้ง: 1.45 %
- 11. การหดตัวหลังเผา: 10.89 %
- 12. การดูดซึมน้ำหลังเผา: 0.31 %
- 13. ความแข็งแรงก่อนเผา: 1.62 MPa
- 14. ความแข็งแรงหลังเผา: 45.93 MPa

15. ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

- 25-400°C: 6.1992 x 10⁻⁶ °C⁻¹
- 25-500°C: 7.0457 x 10⁻⁶ °C⁻¹
- 25-600°C: 7.4993 x 10⁻⁶ °C⁻¹

วิเคราะห์โดย: Dilatometer, Netzsch, รุ่น DIL 402 PC; ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก
ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

16. ส่วนประกอบทางเคมี (% โดยน้ำหนัก):

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	BaO	P ₂ O ₅	LOI
65.61	0.21	19.60	0.77	0.96	0.57	2.38	1.67	0.05	0.02	0.01	8.15

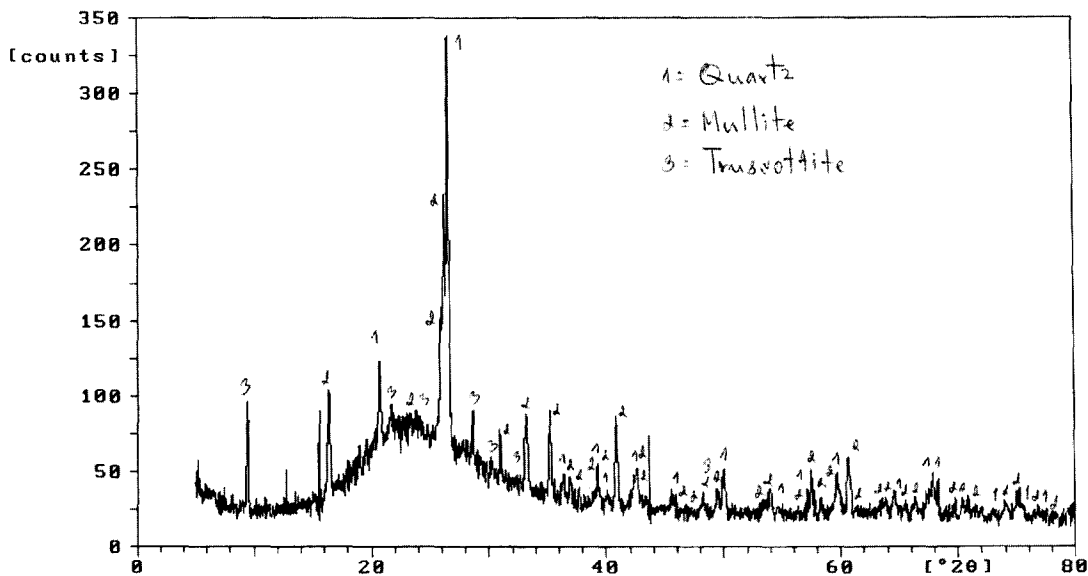
วิเคราะห์โดย: X-ray Fluorescence (XRF) Spectrometer, PANALytical, Axios-Minerals;
บริษัท ซิเบลโกมิเนอร์รัลส์ (ประเทศไทย) จำกัด

17. ส่วนประกอบทางแร่วิทยาของเนื้อดินหลังเผา:

สารประกอบหลัก: Quartz

สารประกอบรอง: Mullite, Truscottite

กราฟผลการวิเคราะห์:



วิเคราะห์โดย: X-ray diffractometer รุ่น X'pert APD (PW 3710): Philips;

สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

18. ค่าการวัดสี:

ค่าเฉลี่ย SCI L = 79.45 a = 1.32 b = 13.72

ค่าเฉลี่ย SCE L = 79.45 a = 1.36 b = 13.62

วิเคราะห์โดย: Spectrophotometer, KONICA MINOLTA, รุ่น CM-2600d;

ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

หมายเหตุ: SCI คือ ค่าสีที่เครื่องสามารถวัดได้

SCE คือ ค่าสีที่ตาคนสามารถมองเห็น

L ใช้กำหนดค่าความสว่าง,

L = 0 แสดงว่าตัวอย่างมีสีดำสมบูรณ์

L = 100 แสดงว่าตัวอย่างมีสีขาวสมบูรณ์

a ใช้กำหนดสีแดงและสีเขียว,

a มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีแดง

a มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีเขียว

b ใช้กำหนดสีเหลืองและสีน้ำเงิน,

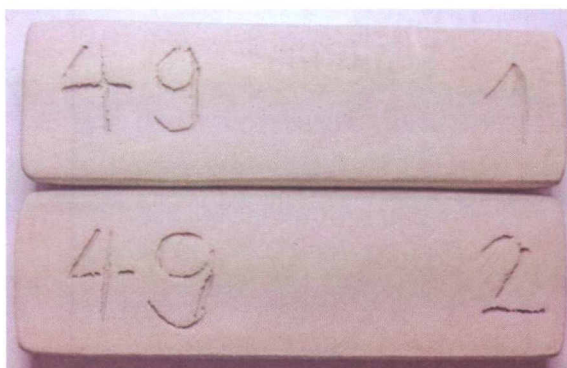
b มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีเหลือง

b มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีน้ำเงิน

19. การนำไปใช้งาน

เหมาะสำหรับการผลิตเซรามิกประเภทเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร สุขภัณฑ์ ลูกกรงเซรามิก กระเบื้องปูพื้น/บุผนัง ของชำร่วย และของประดับตกแต่งบ้านและสวน

13. สูตรเนื้อดินสโตนแวร์กากดินล้าง MTEC-049



สีเนื้อดินก่อนเผา



สีเนื้อดินหลังเผา

1. ชื่อสูตรดิน: MTEC-049
2. ประเภทสูตรดิน: เนื้อดินสโตนแวร์ใช้กากดินล้าง
3. ราคา: 2.67 บาท ต่อ กก.
4. ส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดิน:

วัตถุดิบ	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
ดินผสม STW	45	หจก. ดินขาวลำปาง
กากดินขาวล้าง	30	บจก. ลำปางเกาลินไผ่
โซเดียมเฟลด์สปาร์	15	บจก. เซอร์นิคอินเตอร์เนชั่นแนล
เศษแก้วบดละเอียด 200 เมช	10	บจก. สยามเซรามิคซ์พพลาย
สารเติมแต่ง	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
สารละลายโซเดียมซิลิเกต	0.33	บจก. อัมรินทร์เซรามิคส์คอร์ปอเรชั่น

5. ขั้นตอนกระบวนการเตรียมเนื้อดิน:

1) นำวัตถุดิบทุกตัวไปอบให้แห้งในเตาอบไฟฟ้า สำหรับวัตถุดิบที่เป็นก้อนขนาดใหญ่ทำการทุบให้มีขนาดเล็กลงก่อนนำเข้าเตาอบ

- 2) ชั่งวัตถุดิบหลังอบแห้งทุกตัวตามสัดส่วนที่ระบุในส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดินดังแสดงในตารางข้างต้น
- 3) บดวัตถุดิบทั้งหมดรวมกันในหม้อบดความเร็วสูงโดยบดแบบเปียก ใช้ปริมาณน้ำเท่ากับ 42.50% และเติมสารละลายโซเดียมซิลิเกตในปริมาณ 0.33% โดยน้ำหนัก เพื่อช่วยกระจายตัวส่วนผสมและทำให้ส่วนผสมวัตถุดิบให้เข้ากันได้ดียิ่งขึ้น ใช้เวลาบดประมาณ 10 นาที
- 4) ถ่ายน้ำดินออกจากหม้อบด และทำการทดสอบหาค่าการคายน้ำที่ 325 เมช หลังจากนั้นกรองน้ำดินอีกครั้งผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช และนำไปวัดค่าความหนาแน่น และการไหลตัวของน้ำดินก่อนนำไปใช้งาน
- 5) นำน้ำดินที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นชิ้นงานทดสอบแบบแท่งเหลี่ยมขนาด 70x20x10 มม. โดยวิธีหล่อแบบในแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่เตรียมไว้
- 6) ทำการแกะแบบเมื่อชิ้นงานแห้งตัว และวัดขนาดชิ้นงานก่อนนำเข้าอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังอบแห้ง และนำชิ้นงานบางส่วนไปวัดค่าความแข็งแรงหลังอบแห้ง
- 7) นำชิ้นงานที่เหลือเข้าเผาในเตาไฟฟ้าตามอุณหภูมิและสภาวะที่กำหนด (รายละเอียดดังแสดงในข้อ 6.) เมื่อชิ้นงานออกจากเตาเผา นำมาวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังเผา จากนั้นนำไปทดสอบหาค่าความแข็งแรง และค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นงานหลังเผา
- 8) นอกจากการทดสอบสมบัติทางกายภาพแล้ว ยังได้นำชิ้นงานไปทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเครื่องไดลาโตมิเตอร์ วิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค XRF วิเคราะห์ส่วนประกอบเฟสที่เกิดขึ้นหลังเผาด้วยเทคนิค XRD และวัดความขาวของเนื้อดินหลังเผาด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer
- 9) ทำการทดลองเตรียมเนื้อดินในปริมาณที่มากขึ้นตามกระบวนการผลิตจริงในโรงงาน และทดลองขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบ เพื่อดูความสามารถในการนำไปใช้งานได้จริง และทำการทดสอบสมบัติต่างๆ ของผลิตภัณฑ์หลังเผาอีกครั้ง

6. สภาวะการเผา:

อุณหภูมิเผา	1,200°C
บรรยากาศการเผา	Oxidation
อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ	5°C/นาที
ระยะเวลาเผาแซ่ไฟ	60 นาที
อัตราการลดอุณหภูมิ	5°C/นาที
ชนิดของเตาเผา	เตาไฟฟ้า

สมบัติของสูตรดิน

7. กากค้ำตะแกรงเบอร์ 325 เมช: 4.98 %
8. ความหนาแน่นน้ำดิน: 1.72 กรัมต่อซีซี
9. การไหลตัวของน้ำดิน (Ford cup): 19.63 วินาที
10. การหดตัวของลึงอบแห้ง: 1.09 %
11. การหดตัวของลึงเผา: 11.25 %
12. การดูดซึมน้ำหลังเผา: 0.08 %
13. ความแข็งแรงก่อนเผา: 1.66 MPa
14. ความแข็งแรงหลังเผา: 65.69 MPa

15. ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

$$25-400^{\circ}\text{C}: 7.2712 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$$

$$25-500^{\circ}\text{C}: 8.3939 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$$

$$25-600^{\circ}\text{C}: 9.2625 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$$

วิเคราะห์โดย: Dilatometer, Netzsch, รุ่น DIL 402 PC; ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก
ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

16. ส่วนประกอบทางเคมี (% โดยน้ำหนัก):

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O
71.14	0.23	15.92	0.79	1.72	1.08	2.17

Na ₂ O	MnO	BaO	P ₂ O ₅	ZrO ₂	SrO	LOI
2.69	0.06	0.02	0.08	0.01	0.01	4.07

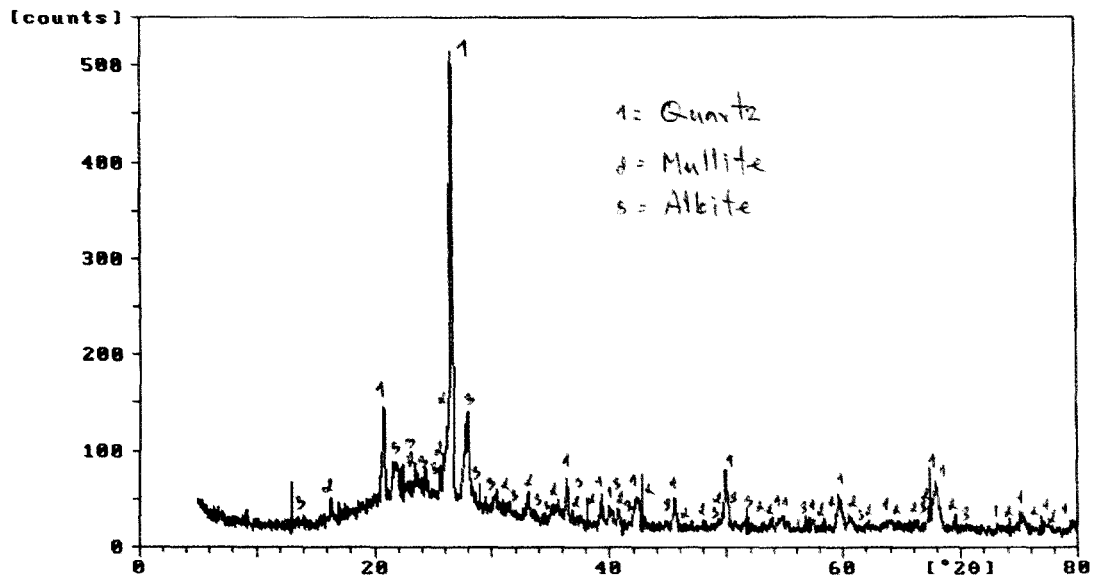
วิเคราะห์โดย: X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF), PANalytical, Axios-Minerals;
บริษัท ซิเบลโกมิเนอร์รัลส์ (ประเทศไทย) จำกัด

17. ส่วนประกอบทางแร่วิทยาของเนื้อดินหลังเผา:

สารประกอบหลัก: Quartz

สารประกอบรอง: Albite, Mullite

กราฟผลการวิเคราะห์:



วิเคราะห์โดย: X-ray diffractometer รุ่น X'pert APD (PW 3710): Philips;

สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

18. ค่าการวัดสี:

ค่าเฉลี่ย SCI L = 70.20 a = 4.14 b = 13.80

ค่าเฉลี่ย SCE L = 70.00 a = 4.16 b = 13.84

วิเคราะห์โดย: Spectrophotometer, KONICA MINOLTA, รุ่น CM-2600d;

ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

หมายเหตุ: SCI คือ ค่าสีที่เครื่องสามารถวัดได้ SCE คือ ค่าสีที่ตาคนสามารถมองเห็น

L ใช้กำหนดค่าความสว่าง,

L = 0 แสดงว่าตัวอย่างมีสีดำสมบูรณ์

L = 100 แสดงว่าตัวอย่างมีสีขาวสมบูรณ์

a ใช้กำหนดสีแดงและสีเขียว,

a มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีแดง

a มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีเขียว

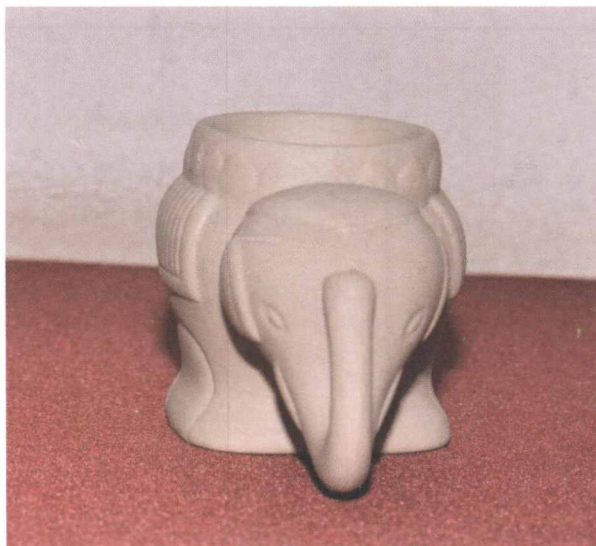
b ใช้กำหนดสีเหลืองและสีน้ำเงิน,

b มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีเหลือง

b มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีน้ำเงิน

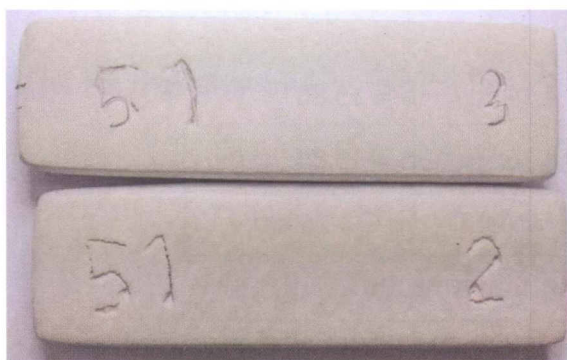
19. การนำไปใช้งาน:

เหมาะสำหรับการผลิตเซรามิกประเภทเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร ลูกกรงเซรามิก กระเบื้องปูพื้น/บุผนัง ของชำร่วย และของประดับตกแต่งบ้านและสวน



ผลิตภัณฑ์ต้นแบบหลังเผา

14. สูตรเนื้อดินสโตนแวร์กากดินล้าง MTEC-051



สีเนื้อดินก่อนเผา



สีเนื้อดินหลังเผา

1. ชื่อสูตรดิน: MTEC-051
2. ประเภทสูตรดิน: เนื้อดินสโตนแวร์ใช้กากดินล้าง
3. ราคา: 2.73 บาท ต่อ กก.

4. ส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดิน:

วัตถุดิบ	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
ดินผสม CP1(S-5)	50	บจก. กิวลม
กากดินขवाल้าง	20	บจก. ลำปางเกาลินไมนิ่ง
โซเดียมเฟลด์สปาร์	25	บจก. เซอร์นิคอินเตอร์เนชั่นแนล
พอทเทอรัสไดออกไซด์ P2	5	บจก. เหมืองแร่ธีระยุทธ
สารเติมแต่ง	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
สารละลายโซเดียมซิลิเกต	0.27	บจก. อัมรินทร์เซรามิกส์คอร์ปอเรชั่น

5. ขั้นตอนกระบวนการเตรียมเนื้อดิน:

- นำวัตถุดิบทุกตัวไปอบให้แห้งในเตาอบไฟฟ้า สำหรับวัตถุดิบที่เป็นก้อนขนาดใหญ่ทำการทุบให้มีขนาดเล็กลงก่อนนำเข้าเตาอบ
- ชั่งวัตถุดิบหลังอบแห้งทุกตัวตามสัดส่วนที่ระบุในส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดินดังแสดงในตารางข้างต้น
- บดวัตถุดิบทั้งหมดรวมกันในหม้อบดความเร็วสูงโดยบดแบบเปียก ใช้ปริมาณน้ำเท่ากับ 42.50% และเติมสารละลายโซเดียมซิลิเกตในปริมาณ 0.27% โดยน้ำหนัก เพื่อช่วยกระจายตัวส่วนผสมและทำให้ส่วนผสมวัตถุดิบให้เข้ากันได้ดียิ่งขึ้น ใช้เวลาบดประมาณ 10 นาที
- ถ่ายน้ำดินออกจากหม้อบด และทำการทดสอบหาค่าการคายน้ำที่ 325 เมช หลังจากนั้นกรองน้ำดินอีกครั้งผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช และนำไปวัดค่าความหนาแน่น และการไหลตัวของน้ำดินก่อนนำไปใช้งาน
- นำน้ำดินที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นชิ้นงานทดสอบแบบแท่งเหลี่ยมขนาด 70x20x10 มม. โดยวิธีหล่อแบบในแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่เตรียมไว้
- ทำการแกะแบบเมื่อชิ้นงานแห้งตัว และวัดขนาดชิ้นงานก่อนนำเข้าอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาการหดตัวหลังอบแห้ง และนำชิ้นงานบางส่วนไปวัดค่าความแข็งแรงหลังอบแห้ง
- นำชิ้นงานที่เหลือเข้าเผาในเตาไฟฟ้าตามอุณหภูมิและสภาวะที่กำหนด (รายละเอียดดังแสดงในข้อ 6.) เมื่อชิ้นงานออกจากเตาเผา นำมาวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาการหดตัวหลังเผา จากนั้นนำไปทดสอบหาค่าความแข็งแรง และค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นงานหลังเผา
- นอกจากการทดสอบสมบัติทางกายภาพแล้ว ยังได้นำชิ้นงานไปทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเครื่องไดลาโตมิเตอร์ วิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค XRF

วิเคราะห์ส่วนประกอบเฟสที่เกิดขึ้นหลังเผาด้วยเทคนิค XRD และวัดความขาวของเนื้อดินหลังเผาด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer

6. สภาวะการเผา:	
อุณหภูมิเผา	1,200°C
บรรยากาศการเผา	Oxidation
อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ	5°C/นาที
ระยะเวลาเผาแซไฟ	60 นาที
อัตราการลดอุณหภูมิ	5°C/นาที
ชนิดของเตาเผา	เตาไฟฟ้า

สมบัติของสูตรดิน

7. กากค้างตะแกรงเบอร์ 325 เมช:	1.38 %
8. ความหนาแน่นน้ำดิน:	1.73 กรัมต่อซีซี
9. การไหลตัวน้ำดิน (Ford cup):	18.68 วินาที
10. การหดตัวหลังอบแห้ง:	2.67 %
11. การหดตัวหลังเผา:	12.41 %
12. การดูดซึมน้ำหลังเผา:	0.05 %
13. ความแข็งแรงก่อนเผา:	1.04 MPa
14. ความแข็งแรงหลังเผา:	61.66 MPa

15. ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

25-400°C:	$7.1630 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
25-500°C:	$8.1472 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
25-600°C:	$8.8245 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

วิเคราะห์โดย: Dilatometer, Netzsch, รุ่น DIL 402 PC; ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก
ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

16. ส่วนประกอบทางเคมี (% โดยน้ำหนัก):

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O
69.69	0.30	17.86	0.89	1.33	1.03	2.09

Na ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	ZrO ₂	SrO	LOI
2.53	0.07	0.12	0.02	0.01	4.07

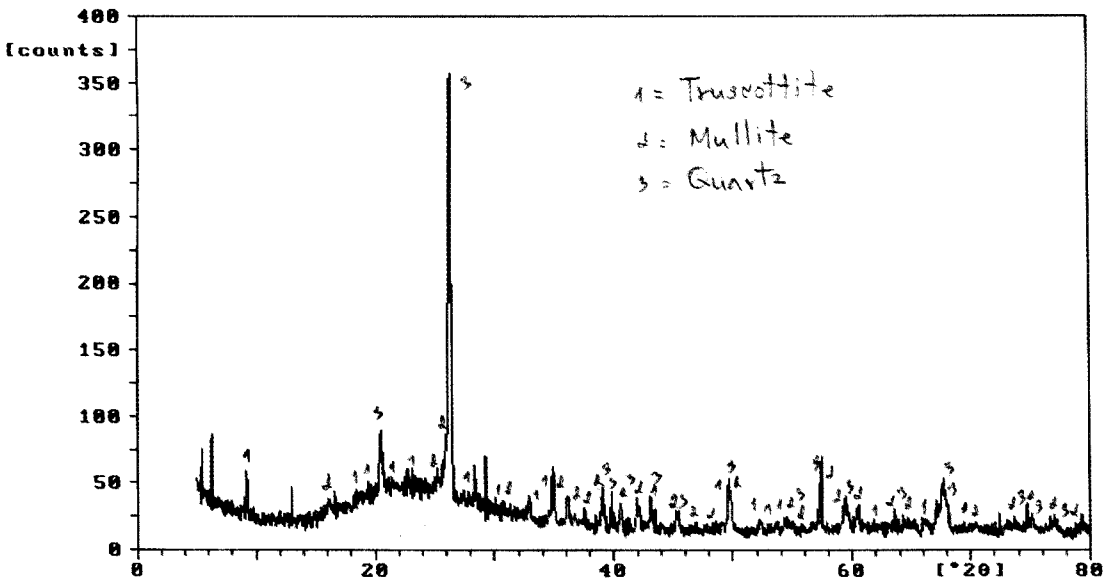
วิเคราะห์โดย: X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF), PANALytical, Axios-Minerals;
บริษัท ชิเบลโก้มีเนอร์รัลส์ (ประเทศไทย) จำกัด

17. ส่วนประกอบทางแร่วิทยาของเนื้อดินหลังเผา:

สารประกอบหลัก: Quartz

สารประกอบรอง: Mullite, Truscottite

กราฟผลการวิเคราะห์:



วิเคราะห์โดย: X-ray diffractometer รุ่น X'pert APD (PW 3710): Philips;

สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

18. ค่าการวัดสี:

ค่าเฉลี่ย SCI $L = 74.13$ $a = 2.72$ $b = 13.54$

ค่าเฉลี่ย SCE $L = 73.51$ $a = 2.76$ $b = 13.69$

วิเคราะห์โดย: Spectrophotometer, KONICA MINOLTA, รุ่น CM-2600d;

ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

หมายเหตุ: SCI คือ ค่าสีที่เครื่องสามารถวัดได้ SCE คือ ค่าสีที่ตาคนสามารถมองเห็น

L ใช้กำหนดค่าความสว่าง,

$L = 0$ แสดงว่าตัวอย่างมีสีดำสมบูรณ์

$L = 100$ แสดงว่าตัวอย่างมีสีขาวสมบูรณ์

a ใช้กำหนดสีแดงและสีเขียว,

a มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีแดง

a มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีเขียว

b ใช้กำหนดสีเหลืองและสีน้ำเงิน,

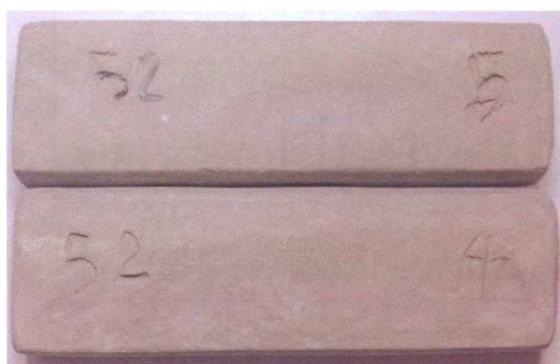
b มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีเหลือง

b มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีน้ำเงิน

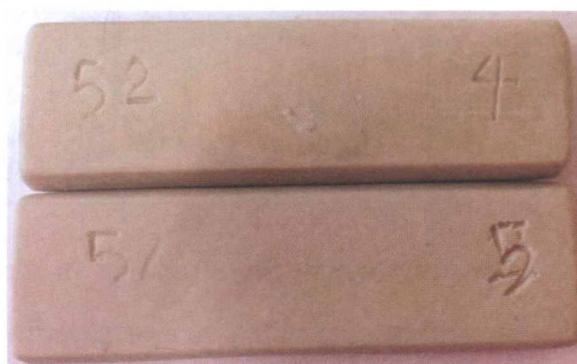
19. การนำไปใช้งาน:

เหมาะสำหรับการผลิตเซรามิกประเภทเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร ลูกกรงเซรามิก กระเบื้องปูพื้น/บุผนัง
ของชำร่วย และของประดับตกแต่งบ้านและสวน

15. สูตรเนื้อดินสโตนแวร์พอร์ทเทอริสโตน MTEC-052



สีเนื้อดินก่อนเผา



สีเนื้อดินหลังเผา

1. ชื่อสูตรดิน: MTEC-052
2. ประเภทสูตรดิน: เนื้อดินสโตนแวร์ใช้พอร์ทเทอริสโตน

3. ราคา: 2.45 บาท ต่อ กก.

4. ส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดิน:

วัตถุดิบ	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
ดินขาวล้าง	20	บจก. เหมืองแร่ธีระยุทธ
ดินดำสุราษฎร์ธานี	25	
พอทเทอร์สโตน P2	30	บจก. เหมืองแร่ธีระยุทธ
กากดินขาวล้าง	5	บจก. ลำปางเกาลินไผ่
โซเดียมเฟลด์สปาร์	20	บจก. เซอร์นิคอินเตอร์เนชั่นแนล
สารเติมแต่ง	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
สารละลายโซเดียมซิลิเกต	0.37	บจก. อัมรินทร์เซรามิกส์คอร์ปอเรชั่น

5. ขั้นตอนกระบวนการเตรียมเนื้อดิน:

- นำวัตถุดิบทุกตัวไปอบให้แห้งในเตาอบไฟฟ้า สำหรับวัตถุดิบที่เป็นก้อนขนาดใหญ่ทำการทุบให้มีขนาดเล็กลงก่อนนำเข้าเตาอบ
- ชั่งวัตถุดิบหลังอบแห้งทุกตัวตามสัดส่วนที่ระบุในส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดินดังแสดงในตารางข้างต้น
- บดวัตถุดิบทั้งหมดรวมกันในหม้อบดความเร็วสูงโดยบดแบบเปียก ใช้ปริมาณน้ำเท่ากับ 45% และเติมสารละลายโซเดียมซิลิเกตในปริมาณ 0.37% โดยน้ำหนัก เพื่อช่วยกระจายตัวส่วนผสมและทำให้ส่วนผสมวัตถุดิบให้เข้ากันได้ดียิ่งขึ้น ใช้เวลาบดประมาณ 10 นาที
- ถายนํ้าดินออกจากหม้อบด และทำการทดสอบหาค่าการหดตัวหลังอบแห้ง 325 เมช หลังจากนั้นกรองนํ้าดินอีกครั้งผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช และนำไปวัดค่าความหนาแน่น และการไหลตัวของนํ้าดินก่อนนำไปใช้งาน
- นำนํ้าดินที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นชิ้นงานทดสอบแบบแท่งเหลี่ยมขนาด 70x20x10 มม. โดยวิธีหล่อแบบในแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่เตรียมไว้
- ทำการแกะแบบเมื่อชิ้นงานแห้งตัว และวัดขนาดชิ้นงานก่อนนำเข้าอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังอบแห้ง และนำชิ้นงานบางส่วนไปวัดค่าความแข็งแรงหลังอบแห้ง
- นำชิ้นงานที่เหลือเข้าเผาในเตาไฟฟ้าตามอุณหภูมิและสภาวะที่กำหนด (รายละเอียดดังแสดงในข้อ 6.) เมื่อบริเวณออกจากเตาเผา นำมาวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังเผา จากนั้นนำไปทดสอบหาค่าความแข็งแรง และค่าการดูดซึมนํ้าของชิ้นงานหลังเผา

8) นอกจากการทดสอบสมบัติทางกายภาพแล้ว ยังได้นำชิ้นงานไปทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเครื่องไดลาโตมิเตอร์ วิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค XRF วิเคราะห์ส่วนประกอบเฟสที่เกิดขึ้นหลังเผาด้วยเทคนิค XRD และวัดความขาวของเนื้อดินหลังเผาด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer

6. สภาวะการเผา:

อุณหภูมิเผา	1,200°C
บรรยากาศการเผา	Oxidation
อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ	5°C/นาที
ระยะเวลาเผาแซ่ไฟ	60 นาที
อัตราการลดอุณหภูมิ	5°C/นาที
ชนิดของเตาเผา	เตาไฟฟ้า

สมบัติของสูตรดิน

- 7. กากค้ำตะแกรงเบอร์ 325 เมช: 0.60 %
- 8. ความหนาแน่นน้ำดิน: 1.67 กรัมต่อซีซี
- 9. การไหลตัวน้ำดิน (Ford cup): 20.26 วินาที
- 10. การหดตัวหลังอบแห้ง: 2.76 %
- 11. การหดตัวหลังเผา: 11.14 %
- 12. การดูดซึมน้ำหลังเผา: 0.03 %
- 13. ความแข็งแรงก่อนเผา: 2.46 MPa
- 14. ความแข็งแรงหลังเผา: 46.96 MPa

15. ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

25-400°C:	$6.6252 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
25-500°C:	$7.7996 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
25-600°C:	$8.3375 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

วิเคราะห์โดย: Dilatometer, Netzsch, รุ่น DIL 402 PC; ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

16. ส่วนประกอบทางเคมี (% โดยน้ำหนัก):

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O
64.97	0.25	20.37	1.04	1.17	0.87	2.57

Na ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	ZrO ₂	SrO	LOI
2.29	0.05	0.10	0.01	0.01	6.27

วิเคราะห์โดย: X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF), PANALYTICAL, Axios-Minerals;

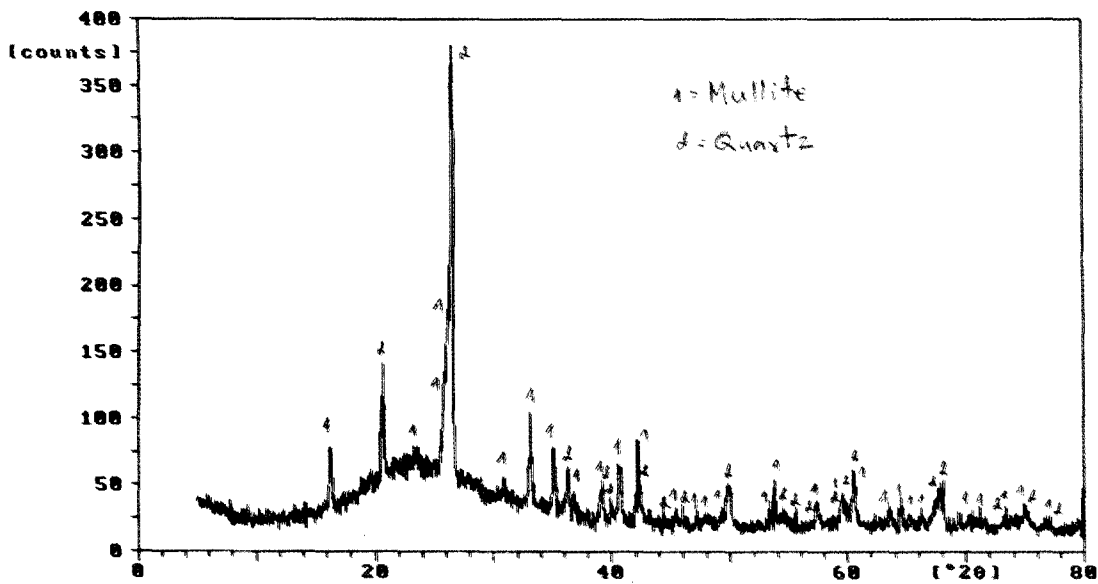
บริษัท ซิเบลโกมิเนอรัลส์ (ประเทศไทย) จำกัด

17. ส่วนประกอบทางแร่วิทยาของเนื้อดินหลังเผา:

สารประกอบหลัก: Quartz

สารประกอบรอง: Mullite

กราฟผลการวิเคราะห์:



วิเคราะห์โดย: X-ray diffractometer รุ่น X'pert APD (PW 3710): Philips;

สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

18. ค่าการวัดสี:

ค่าเฉลี่ย SCI $L = 72.86$ $a = 1.42$ $b = 12.01$

ค่าเฉลี่ย SCE $L = 72.82$ $a = 1.43$ $b = 11.95$

วิเคราะห์โดย: Spectrophotometer, KONICA MINOLTA, รุ่น CM-2600d;

ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

หมายเหตุ: SCI คือ ค่าสีที่เครื่องสามารถวัดได้ SCE คือ ค่าสีที่ตาคนสามารถมองเห็น

L ใช้กำหนดค่าความสว่าง,

$L = 0$ แสดงว่าตัวอย่างมีสีดำสมบูรณ์

$L = 100$ แสดงว่าตัวอย่างมีสีขาวสมบูรณ์

a ใช้กำหนดสีแดงและสีเขียว,

a มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีแดง

a มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีเขียว

b ใช้กำหนดสีเหลืองและสีน้ำเงิน,

b มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีเหลือง

b มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีน้ำเงิน

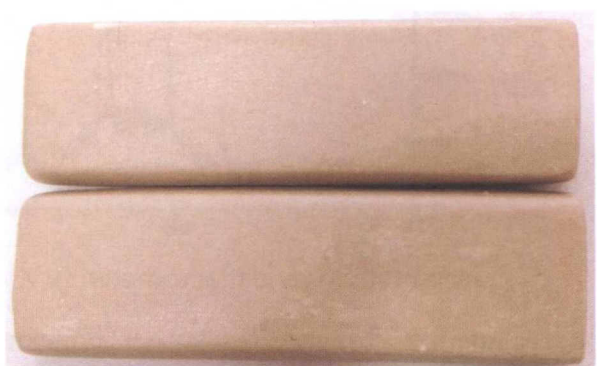
19. การนำไปใช้งาน:

เหมาะสำหรับการผลิตเซรามิกประเภทเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร ลูกกรงเซรามิก กระเบื้องปูพื้น/บุผนัง
ของชำร่วย และของประดับตกแต่งบ้านและสวน

16. สูตรเนื้อดินสโตนแวร์ฟอทเทอร์สโตน MTEC-066



สีเนื้อดินก่อนเผา



สีเนื้อดินหลังเผา

1. ชื่อสูตรดิน: MTEC-066
2. ประเภทสูตรดิน: เนื้อดินสโตนแวร์ฟอทเทอร์สโตน

3. ราคา: 2.39 บาท ต่อ กก.

4. ส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดิน:

วัตถุดิบ	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
ดินผสม STW	45	หจก. ดินขาวลำปาง
หินผุ 5 มม.	30	บจก. สุริยชัยพลาย จำกัด
โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์	15	บจก. เซอร์นิคอินเตอร์เนชั่นแนล
กากดินขาวล้าง	5	บจก. ลำปางเกาลินไมนิ่ง
เศษแก้วบดละเอียด 200 เมช	5	บจก. สยามเซรามิคซ์พลาย
สารเติมแต่ง	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
สารละลายโซเดียมซิลิเกต	0.27	บจก. อัมรินทร์เซรามิคส์คอร์ปอเรชั่น

5. ขั้นตอนกระบวนการเตรียมเนื้อดิน:

- นำวัตถุดิบทุกตัวไปอบให้แห้งในเตาอบไฟฟ้า สำหรับวัตถุดิบที่เป็นก้อนขนาดใหญ่ทำการทุบให้มีขนาดเล็กลงก่อนนำเข้าเตาอบ
- ชั่งวัตถุดิบหลังอบแห้งทุกตัวตามสัดส่วนที่ระบุในส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดินดังแสดงในตารางข้างต้น
- บดวัตถุดิบทั้งหมดรวมกันในหม้อบดความเร็วสูงโดยบดแบบเปียก ใช้ปริมาณน้ำเท่ากับ 45% และเติมสารละลายโซเดียมซิลิเกตในปริมาณ 0.27% โดยน้ำหนัก เพื่อช่วยกระจายตัวส่วนผสมและทำให้ส่วนผสมวัตถุดิบให้เข้ากันได้ดียิ่งขึ้น ใช้เวลาบดประมาณ 10 นาที
- ถ่ายน้ำดินออกจากหม้อบด และทำการทดสอบหาค่ากากค้ำตะแกรงเบอร์ 325 เมช หลังจากนั้นกรองน้ำดินอีกครั้งผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช และนำไปวัดค่าความหนาแน่น และการไหลตัวของน้ำดินก่อนนำไปใช้งาน
- นำน้ำดินที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นชิ้นงานทดสอบแบบแท่งเหลี่ยมขนาด 70x20x10 มม. โดยวิธีหล่อแบบในแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่เตรียมไว้
- ทำการแกะแบบเมื่อชิ้นงานแห้งตัว และวัดขนาดชิ้นงานก่อนนำเข้าอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังอบแห้ง และนำชิ้นงานบางส่วนไปวัดค่าความแข็งแรงหลังอบแห้ง
- นำชิ้นงานที่เหลือเข้าเผาในเตาไฟฟ้าตามอุณหภูมิและสภาวะที่กำหนด (รายละเอียดดังแสดงในข้อ 6.) เมื่อชิ้นงานออกจากเตาเผา นำมาวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังเผา จากนั้นนำไปทดสอบหาค่าความแข็งแรง และค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นงานหลังเผา

8) นอกจากการทดสอบสมบัติทางกายภาพแล้ว ยังได้นำชิ้นงานไปทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเครื่องไดลาโตมิเตอร์ วิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค XRF วิเคราะห์ส่วนประกอบเฟสที่เกิดขึ้นหลังเผาด้วยเทคนิค XRD และวัดความขาวของเนื้อดินหลังเผาด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer

6. สภาวะการเผา:

อุณหภูมิเผา	1,200°C
บรรยากาศการเผา	Oxidation
อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ	5°C/นาที
ระยะเวลาเผาแซ่ไฟ	60 นาที
อัตราการลดอุณหภูมิ	5°C/นาที
ชนิดของเตาเผา	เตาไฟฟ้า

สมบัติของสูตรดิน

7. กากค้ำตะแกรงเบอร์ 325 เมช:	3.46 %
8. ความหนาแน่นน้ำดิน:	1.71 กรัมต่อซีซี
9. การไหลตัวน้ำดิน (Ford cup):	19.80 วินาที
10. การหดตัวหลังอบแห้ง:	1.52 %
11. การหดตัวหลังเผา:	11.62 %
12. การดูดซึมน้ำหลังเผา:	0.00 %
13. ความแข็งแรงก่อนเผา:	1.87 MPa
14. ความแข็งแรงหลังเผา:	67.18 MPa

15. ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

25-400°C:	$6.6395 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
25-500°C:	$7.8394 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
25-600°C:	$8.5482 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

วิเคราะห์โดย: Dilatometer, Netzsch, รุ่น DIL 402 PC; ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

16. ส่วนประกอบทางเคมี (% โดยน้ำหนัก):

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	BaO	LOI
70.22	0.12	17.32	0.68	0.78	0.43	3.74	2.40	0.04	0.01	0.01	4.24

วิเคราะห์โดย: X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF), PANalytical, Axios-Minerals;

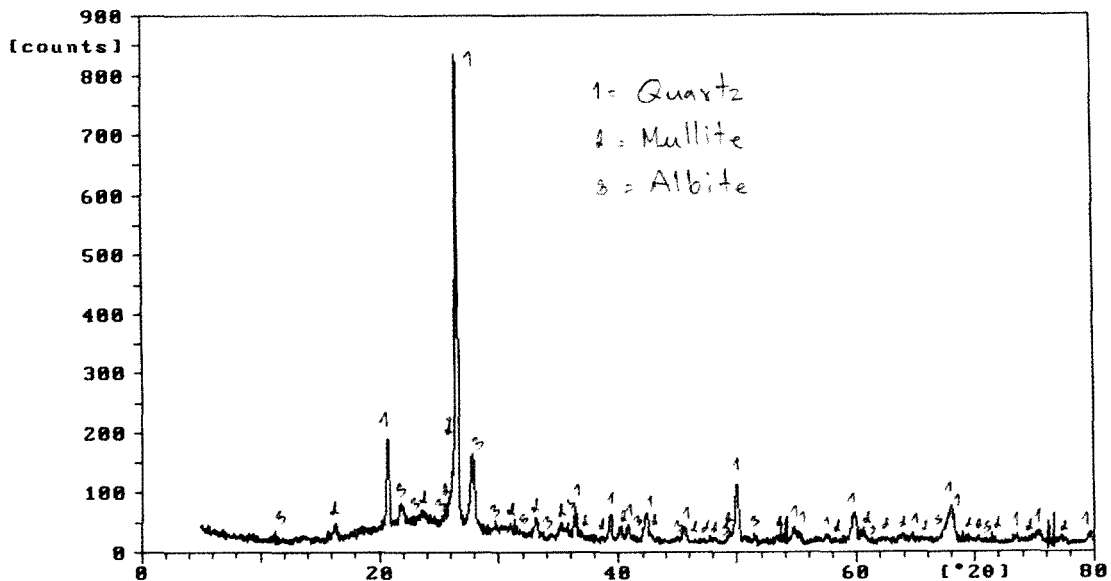
บริษัท ซิเบลโกมิเนอร์รัลส์ (ประเทศไทย) จำกัด

17. ส่วนประกอบทางแร่วิทยาของเนื้อดินหลังเผา:

สารประกอบหลัก: Quartz

สารประกอบรอง: Albite, Mullite

กราฟผลการวิเคราะห์:



วิเคราะห์โดย: X-ray diffractometer รุ่น X'pert APD (PW 3710): Philips;

สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

18. ค่าการวัดสี:

ค่าเฉลี่ย SCI L = 69.91 a = 3.15 b = 11.28

ค่าเฉลี่ย SCE L = 69.79 a = 3.16 b = 11.24

วิเคราะห์โดย: Spectrophotometer, KONICA MINOLTA, รุ่น CM-2600d;

ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

หมายเหตุ: SCI คือ ค่าสีที่เครื่องสามารถวัดได้

L ใช้กำหนดค่าความสว่าง,

a ใช้กำหนดสีแดงและสีเขียว,

b ใช้กำหนดสีเหลืองและสีน้ำเงิน,

SCE คือ ค่าสีที่ตาคนสามารถมองเห็น

L = 0 แสดงว่าตัวอย่างมีสีดำสมบูรณ์

L = 100 แสดงว่าตัวอย่างมีสีขาวสมบูรณ์

a มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีแดง

a มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีเขียว

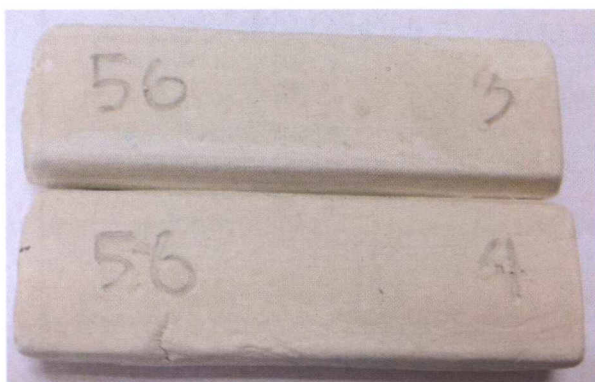
b มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีเหลือง

b มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีน้ำเงิน

19. การนำไปใช้งาน:

เหมาะสำหรับการผลิตเซรามิกประเภทเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร ลูกกรงเซรามิก กระเบื้องปูพื้น/บุผนัง
ของชำร่วย และของประดับตกแต่งบ้านและสวน

17. สูตรเนื้อดินสโตนแวร์ขาวกึ่งพอร์ซเลน MTEC-056



สีเนื้อดินก่อนเผา



สีเนื้อดินหลังเผา

1. ชื่อสูตรดิน: MTEC-056
2. ประเภทสูตรดิน: เนื้อดินสโตนแวร์ขาวกึ่งพอร์ซเลน
3. ราคา: 2.44 บาท ต่อ กก.
4. ส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดิน:

วัตถุดิบ	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
ดินขาวล้าง 200 เมช	35	หสม. สหกิจดินขาวทุ่งผาย
ดินขาวล้าง KL-250	10	บจก. กิวลม

วัตถุดิบ	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
ทรายบด (SM)	10	บจก. ก้าวลม
โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์	45	บจก. เซอร์นิคอินเตอร์เนชั่นแนล
สารเติมแต่ง	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
สารละลายโซเดียมซิลิเกต	0.27	บจก. อัมรินทร์เซรามิกส์คอร์ปอเรชั่น

5. ขั้นตอนกระบวนการเตรียมเนื้อดิน:

- นำวัตถุดิบทุกตัวไปอบให้แห้งในเตาอบไฟฟ้า สำหรับวัตถุดิบที่เป็นก้อนขนาดใหญ่ทำการทุบให้มีขนาดเล็กลงก่อนนำเข้าเตาอบ
- ชั่งวัตถุดิบหลังอบแห้งทุกตัวตามสัดส่วนที่ระบุในส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดินดังแสดงในตารางข้างต้น
- บดวัตถุดิบทั้งหมดรวมกันในหม้อบดความเร็วสูงโดยบดแบบเปียก ใช้ปริมาณน้ำเท่ากับ 43.33% และเติมสารละลายโซเดียมซิลิเกตในปริมาณ 0.27% โดยน้ำหนัก เพื่อช่วยกระจายตัวส่วนผสมและทำให้ส่วนผสมวัตถุดิบให้เข้ากันได้ดียิ่งขึ้น ใช้เวลาบดประมาณ 10 นาที
- ถายนํ้าดินออกจากหม้อบด และทำการทดสอบหาค่าการคายน้ำที่ 325 เมช หลังจากนั้นกรองนํ้าดินอีกครั้งผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช และนำไปวัดค่าความหนาแน่น และการไหลตัวของนํ้าดินก่อนนำไปใช้งาน
- นำนํ้าดินที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นชิ้นงานทดสอบแบบแท่งเหลี่ยมขนาด 70x20x10 มม. โดยวิธีหล่อแบบในแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่เตรียมไว้
- ทำการแกะแบบเมื่อชิ้นงานแห้งตัว และวัดขนาดชิ้นงานก่อนนำเข้าอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังอบแห้ง และนำชิ้นงานบางส่วนไปวัดค่าความแข็งแรงหลังอบแห้ง
- นำชิ้นงานที่เหลือเข้าเผาในเตาไฟฟ้าตามอุณหภูมิและสภาวะที่กำหนด (รายละเอียดดังแสดงในข้อ 6.) เมื่อชิ้นงานออกจากเตาเผา นำมาวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังเผา จากนั้นนำไปทดสอบหาค่าความแข็งแรง และค่าการดูดซึมนํ้าของชิ้นงานหลังเผา
- นอกจากการทดสอบสมบัติทางกายภาพแล้ว ยังได้นำชิ้นงานไปทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเครื่องไดลาโตมิเตอร์ วิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค XRF วิเคราะห์ส่วนประกอบเฟสที่เกิดขึ้นหลังเผาด้วยเทคนิค XRD และวัดความขาวของเนื้อดินหลังเผาด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer
- ทำการทดลองเตรียมเนื้อดินในปริมาณที่มากขึ้นตามกระบวนการผลิตจริงในโรงงาน และทดลองขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบ เพื่อดูความสามารถในการนำไปใช้งานได้จริง และทำการทดสอบสมบัติต่างๆ ของผลิตภัณฑ์หลังเผ่อีกครั้ง

6. สภาวะการเผา:

อุณหภูมิเผา	1,230°C
บรรยากาศการเผา	Oxidation
อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ	5°C/นาที
ระยะเวลาเผาแซ่ไฟ	60 นาที
อัตราการลดอุณหภูมิ	5°C/นาที
ชนิดของเตาเผา	เตาไฟฟ้า

สมบัติของสูตรดิน

- 7. กากค้ำตะแกรงเบอร์ 325 เมช: 5.03 %
- 8. ความหนาแน่นน้ำดิน: 1.73 กรัมต่อซีซี
- 9. การไหลตัวน้ำดิน (Ford cup): 18.79 วินาที
- 10. การหดตัวหลังอบแห้ง: 0.65 %
- 11. การหดตัวหลังเผา: 13.04 %
- 12. การดูดซึมน้ำหลังเผา: 0.23 %
- 13. ความแข็งแรงก่อนเผา: 0.94 MPa
- 14. ความแข็งแรงหลังเผา: 67.95 MPa

15. ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

25-400°C:	$6.7849 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
25-500°C:	$7.7644 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
25-600°C:	$8.5449 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

วิเคราะห์โดย: Dilatometer, Netzsch, รุ่น DIL 402 PC; ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก
ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

16. ส่วนประกอบทางเคมี (% โดยน้ำหนัก):

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	LOI
66.22	0.07	20.29	0.55	0.21	0.26	7.18	1.62	0.07	0.01	3.52

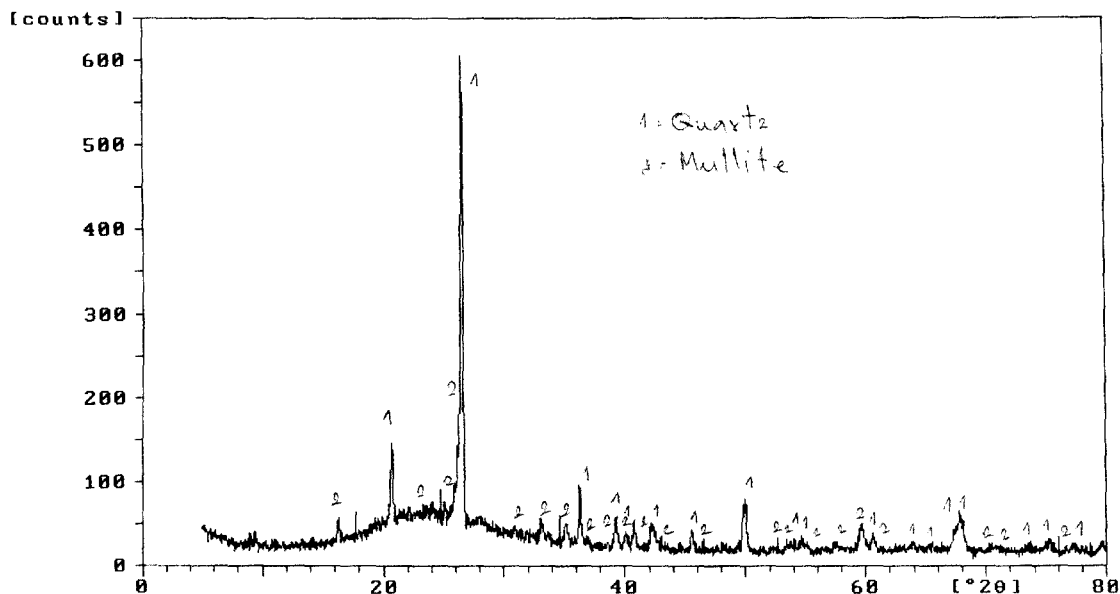
วิเคราะห์โดย: X-ray Fluorescence (XRF) Spectrometer, PANalytical, Axios-Minerals;
บริษัท ชิเบลแก๊มเนอรัลส์ (ประเทศไทย) จำกัด

17. ส่วนประกอบทางแร่วิทยาของเนื้อดินหลังเผา:

สารประกอบหลัก: Quartz

สารประกอบรอง: Mullite

กราฟผลการวิเคราะห์:



วิเคราะห์โดย: X-ray diffractometer รุ่น X'pert APD (PW 3710): Philips;

สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

18. ค่าการวัดสี:

ค่าเฉลี่ย SCI L = 76.25 a = 1.11 b = 9.18

ค่าเฉลี่ย SCE L = 76.05 a = 1.13 b = 9.13

วิเคราะห์โดย: Spectrophotometer, KONICA MINOLTA, รุ่น CM-2600d;

ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

หมายเหตุ: SCI คือ ค่าสีที่เครื่องสามารถวัดได้ SCE คือ ค่าสีที่ตาคนสามารถมองเห็น

L ใช้กำหนดค่าความสว่าง,

L = 0 แสดงว่าตัวอย่างมีสีดำสมบูรณ์

L = 100 แสดงว่าตัวอย่างมีสีขาวสมบูรณ์

a ใช้กำหนดสีแดงและสีเขียว,

a มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีแดง

a มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีเขียว

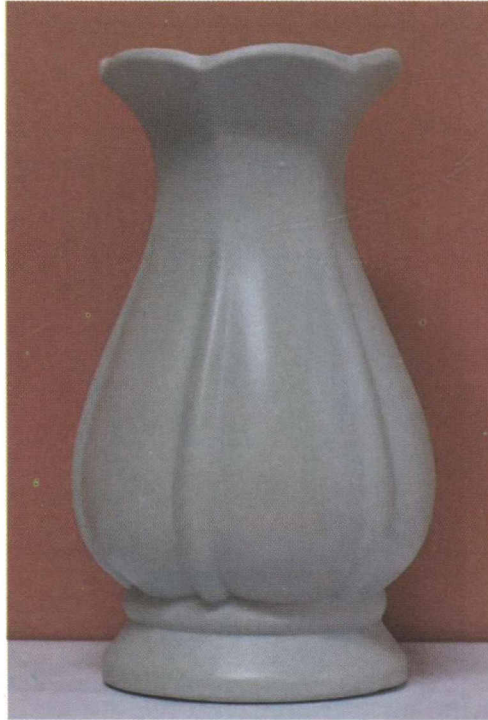
b ใช้กำหนดสีเหลืองและสีน้ำเงิน,

b มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีเหลือง

b มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีน้ำเงิน

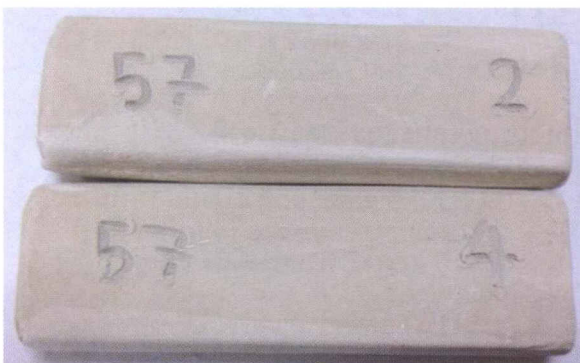
19. การนำไปใช้งาน

เหมาะสำหรับการผลิตเซรามิกประเภทเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร ลูกกรงเซรามิก กระเบื้องปูพื้น/บุผนัง ของชำร่วย และของประดับตกแต่งบ้านและสวน

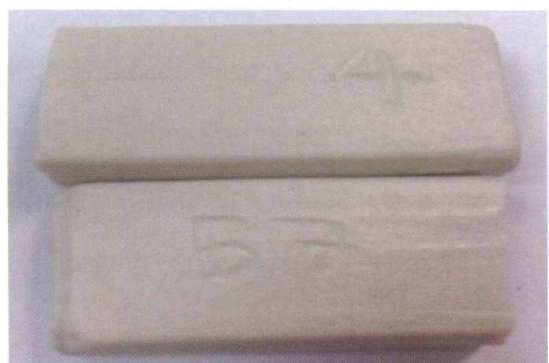


ผลิตภัณฑ์ต้นแบบหลังเผา

18. สูตรเนื้อดินสโตนแวร์ขาวกึ่งพอร์ซเลน MTEC-057



สีเนื้อดินก่อนเผา



สีเนื้อดินหลังเผา

1. ชื่อสูตรดิน: MTEC-057
2. ประเภทสูตรดิน: เนื้อดินสโตนแวร์ขาวกึ่งพอร์ซเลน

3. ราคา: 3.06 บาท ต่อ กก.

4. ส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดิน:

วัตถุดิบ	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
ดินขาวล้าง KL-325	30	บจก. กิวลม
ดินผสม CP1(S-5)	15	บจก. กิวลม
พอทเทอร์สโตน P1	10	บจก. เหมืองแร่ธีระยุทธ์
โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์	45	บจก. เซอร์นิคอินเตอร์เนชั่นแนล
สารเติมแต่ง	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
สารละลายโซเดียมซิลิเกต	0.27	บจก. อัมรินทร์เซรามิกส์คอร์ปอเรชั่น

5. ขั้นตอนกระบวนการเตรียมเนื้อดิน:

1) นำวัตถุดิบทุกตัวไปอบให้แห้งในเตาอบไฟฟ้า สำหรับวัตถุดิบที่เป็นก้อนขนาดใหญ่ทำการทุบให้มีขนาดเล็กลงก่อนนำเข้าเตาอบ

2) ชั่งวัตถุดิบหลังอบแห้งทุกตัวตามสัดส่วนที่ระบุในส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดินดังแสดงในตารางข้างต้น

3) บดวัตถุดิบทั้งหมดรวมกันในหม้อบดความเร็วสูงโดยบดแบบเปียก ใช้ปริมาณน้ำเท่ากับ 45% และเติมสารละลายโซเดียมซิลิเกตในปริมาณ 0.27% โดยน้ำหนัก เพื่อช่วยกระจายตัวส่วนผสมและทำให้ส่วนผสมวัตถุดิบให้เข้ากันได้ดียิ่งขึ้น ใช้เวลาบดประมาณ 10 นาที

4) ถ่ายน้ำดินออกจากหม้อบด และทำการทดสอบหาค่าการคายตะแกรงเบอร์ 325 เมช หลังจากนั้นกรองน้ำดินอีกครั้งผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช และนำไปวัดค่าความหนาแน่น และการไหลตัวของน้ำดินก่อนนำไปใช้งาน

5) นำน้ำดินที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นชิ้นงานทดสอบแบบแท่งเหลี่ยมขนาด 70x20x10 มม. โดยวิธีหล่อแบบในแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่เตรียมไว้

6) ทำการแกะแบบเมื่อชิ้นงานแห้งตัว และวัดขนาดชิ้นงานก่อนนำเข้าอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังอบแห้ง และนำชิ้นงานบางส่วนไปวัดค่าความแข็งแรงหลังอบแห้ง

7) นำชิ้นงานที่เหลือเข้าเผาในเตาไฟฟ้าตามอุณหภูมิและสภาวะที่กำหนด (รายละเอียดดังแสดงในข้อ 6.) เมื่อชิ้นงานออกจากเตาเผา นำมาวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังเผา จากนั้นนำไปทดสอบหาค่าความแข็งแรง และค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นงานหลังเผา

8) นอกจากการทดสอบสมบัติทางกายภาพแล้ว ยังได้นำชิ้นงานไปทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเครื่องไดลาโตมิเตอร์ วิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค XRF

วิเคราะห์ส่วนประกอบเฟสที่เกิดขึ้นหลังเผาด้วยเทคนิค XRD และวัดความขาวของเนื้อดินหลังเผาด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer

6. สภาวะการเผา:

อุณหภูมิเผา	1,230°C
บรรยากาศการเผา	Oxidation
อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ	5°C/นาที
ระยะเวลาเผาแซ่ไฟ	60 นาที
อัตราการลดอุณหภูมิ	5°C/นาที
ชนิดของเตาเผา	เตาไฟฟ้า

สมบัติของสูตรดิน

7. กากค้ำตะแกรงเบอร์ 325 เมช:	2.50 %
8. ความหนาแน่นน้ำดิน:	1.73 กรัมต่อซีซี
9. การไหลตัวน้ำดิน (Ford cup):	19.77 วินาที
10. การหดตัวหลังอบแห้ง:	0.75 %
11. การหดตัวหลังเผา:	11.40 %
12. การดูดซึมน้ำหลังเผา:	1.21 %
13. ความแข็งแรงก่อนเผา:	0.90 MPa
14. ความแข็งแรงหลังเผา:	64.02 MPa

15. ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

25-400°C:	$6.2901 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
25-500°C:	$7.3925 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
25-600°C:	$7.8369 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

วิเคราะห์โดย: Dilatometer, Netzsch, รุ่น DIL 402 PC; ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก
ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

16. ส่วนประกอบทางเคมี (% โดยน้ำหนัก):

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	LOI
65.82	0.05	20.77	0.47	0.22	0.26	6.85	1.48	0.05	0.01	4.02

วิเคราะห์โดย: X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF), PANalytical, Axios-Minerals;

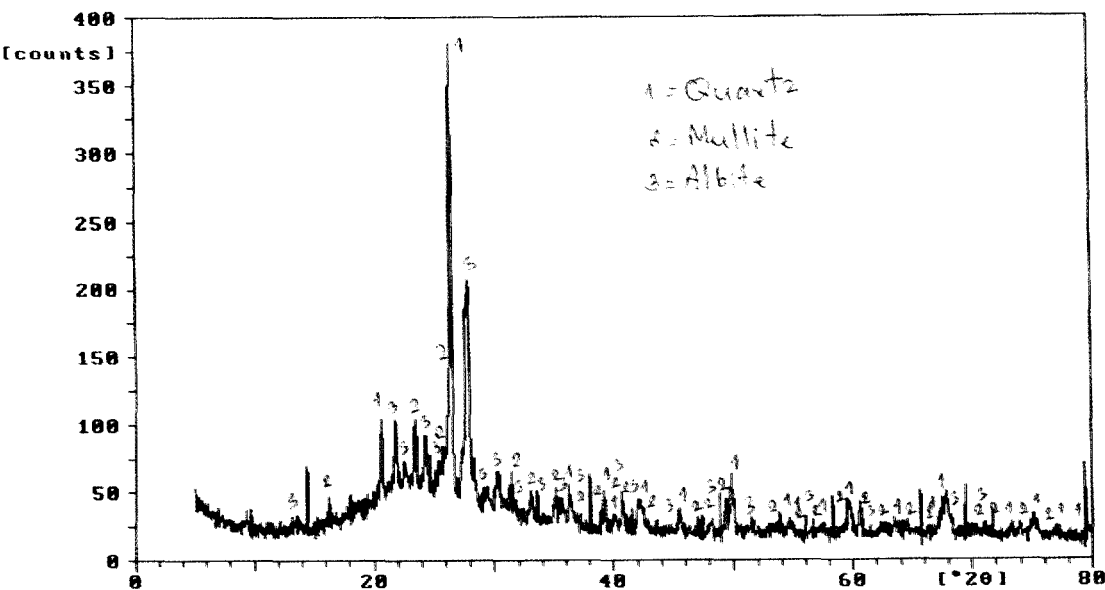
บริษัท ซิเบลโกมินเอร์รัลส์ (ประเทศไทย) จำกัด

17. ส่วนประกอบทางแร่วิทยาของเนื้อดินหลังเผา:

สารประกอบหลัก: Quartz

สารประกอบรอง: Albite, Mullite

กราฟผลการวิเคราะห์:



วิเคราะห์โดย: X-ray diffractometer รุ่น X'pert APD (PW 3710): Philips;

สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

18. ค่าการวัดสี:

ค่าเฉลี่ย SCI L = 76.81 a = 1.14 b = 9.36

ค่าเฉลี่ย SCE L = 76.43 a = 1.15 b = 9.38

วิเคราะห์โดย: Spectrophotometer, KONICA MINOLTA, รุ่น CM-2600d;

ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

หมายเหตุ: SCI คือ ค่าสีที่เครื่องสามารถวัดได้

L ใช้กำหนดค่าความสว่าง,

a ใช้กำหนดสีแดงและสีเขียว,

b ใช้กำหนดสีเหลืองและสีน้ำเงิน,

SCE คือ ค่าสีที่ตาคนสามารถมองเห็น

L = 0 แสดงว่าตัวอย่างมีสีดำสมบูรณ์

L = 100 แสดงว่าตัวอย่างมีสีขาวสมบูรณ์

a มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีแดง

a มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีเขียว

b มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีเหลือง

b มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีน้ำเงิน

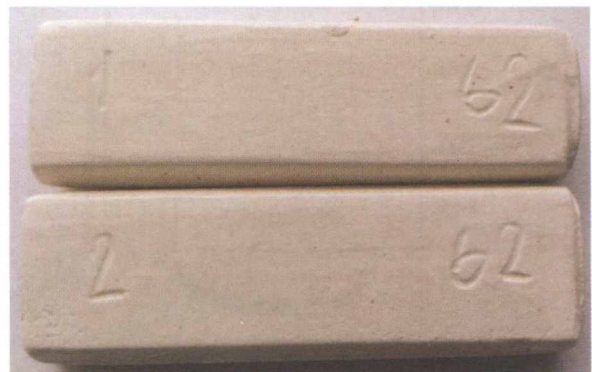
19. การนำไปใช้งาน:

เหมาะสำหรับการผลิตเซรามิกประเภทเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร ลูกกรงเซรามิก กระเบื้องปูพื้น/บุผนัง
ของชำร่วย และของประดับตกแต่งบ้านและสวน

19. สูตรเนื้อดินทนไฟ MTEC-062



สีเนื้อดินก่อนเผา



สีเนื้อดินหลังเผา

1. ชื่อสูตรดิน: MTEC-062
2. ประเภทสูตรดิน: เนื้อดินทนไฟ
3. ราคา: 10.58 บาท ต่อ กก.
4. ส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดิน:

วัตถุดิบ	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
ดินขาวดิบ	50	เหมืองศรีรัตน์
อะลูมินาแคลไซน์	30	บจก. อัมรินทร์เซรามิกส์คอร์ปอเรชั่น

วัตถุดิบ	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
ทรายบดละเอียด 300 เมช	10	บจก. เซอร์นิคอินเตอร์เนชั่นแนล
โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์	10	บจก. เซอร์นิคอินเตอร์เนชั่นแนล
สารเติมแต่ง	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
สารละลายโซเดียมซิลิเกต	0.2	บจก. อัมรินทร์เซรามิกส์คอร์ปอเรชั่น

5. ขั้นตอนกระบวนการเตรียมเนื้อดิน:

- นำวัตถุดิบทุกตัวไปอบให้แห้งในเตาอบไฟฟ้า สำหรับวัตถุดิบที่เป็นก้อนขนาดใหญ่ทำการทุบให้มีขนาดเล็กลงก่อนนำเข้าเตาอบ
- ชั่งวัตถุดิบหลังอบแห้งทุกตัวตามสัดส่วนที่ระบุในส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดินดังแสดงในตารางข้างต้น
- บดวัตถุดิบทั้งหมดรวมกันในหม้อบดความเร็วสูงโดยบดแบบเปียก ใช้ปริมาณน้ำเท่ากับ 40% และเติมสารละลายโซเดียมซิลิเกตในปริมาณ 0.2% โดยน้ำหนัก เพื่อช่วยกระจายตัวส่วนผสมและทำให้ส่วนผสมวัตถุดิบให้เข้ากันได้ดียิ่งขึ้น ใช้เวลาบดประมาณ 10 นาที
- ถ่ายน้ำดินออกจากหม้อบด และทำการทดสอบหาค่ากาค้างตะแกรงเบอร์ 325 เมช หลังจากนั้นกรองน้ำดินอีกครั้งผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช และนำไปวัดค่าความหนาแน่น และการไหลตัวของน้ำดินก่อนนำไปใช้งาน
- นำน้ำดินที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นชิ้นงานทดสอบแบบแท่งเหลี่ยมขนาด 70x20x10 มม. โดยวิธีหล่อแบบในแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่เตรียมไว้
- ทำการแกะแบบเมื่อชิ้นงานแห้งตัว และวัดขนาดชิ้นงานก่อนนำเข้าอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังอบแห้ง และนำชิ้นงานบางส่วนไปวัดค่าความแข็งแรงหลังอบแห้ง
- นำชิ้นงานที่เหลือเข้าเผาในเตาไฟฟ้าตามอุณหภูมิและสภาวะที่กำหนด (รายละเอียดดังแสดงในข้อ 6.) เมื่อชิ้นงานออกจากเตาเผา นำมาวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังเผา จากนั้นนำไปทดสอบหาค่าความแข็งแรง และค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นงานหลังเผา
- นอกจากการทดสอบสมบัติทางกายภาพแล้ว ยังได้นำชิ้นงานไปทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเครื่องไดลาโตมิเตอร์ วิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค XRF วิเคราะห์ส่วนประกอบเฟสที่เกิดขึ้นหลังเผาด้วยเทคนิค XRD และวัดความขาวของเนื้อดินหลังเผาด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer

6. สภาวะการเผา:

อุณหภูมิเผา	1,300°C
บรรยากาศการเผา	Oxidation
อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ	5°C/นาที
ระยะเวลาเผาแซ่ไฟ	60 นาที
อัตราการลดอุณหภูมิ	5°C/นาที
ชนิดของเตาเผา	เตาไฟฟ้า

สมบัติของสูตรดิน

- 7. กากค้ำตะแกรงเบอร์ 325 เมช: 5.03 %
- 8. ความหนาแน่นน้ำดิน: 1.83 กรัมต่อซีซี
- 9. การไหลตัวน้ำดิน (Ford cup): 18.79 วินาที
- 10. การหดตัวหลังอบแห้ง: 0.32 %
- 11. การหดตัวหลังเผา: 11.44 %
- 12. การดูดซึมน้ำหลังเผา: 0.05 %
- 13. ความแข็งแรงก่อนเผา: 0.78 MPa
- 14. ความแข็งแรงหลังเผา: 131.27 MPa
- 15. ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

25-400°C:	$6.3065 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
25-500°C:	$7.0832 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
25-600°C:	$8.5061 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

วิเคราะห์โดย: Dilatometer, Netzsch, รุ่น DIL 402 PC; ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก
ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

16. ส่วนประกอบทางเคมี (% โดยน้ำหนัก):

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	LOI
51.73	0.04	41.89	0.41	0.35	0.19	2.12	0.76	0.07	0.02	2.41

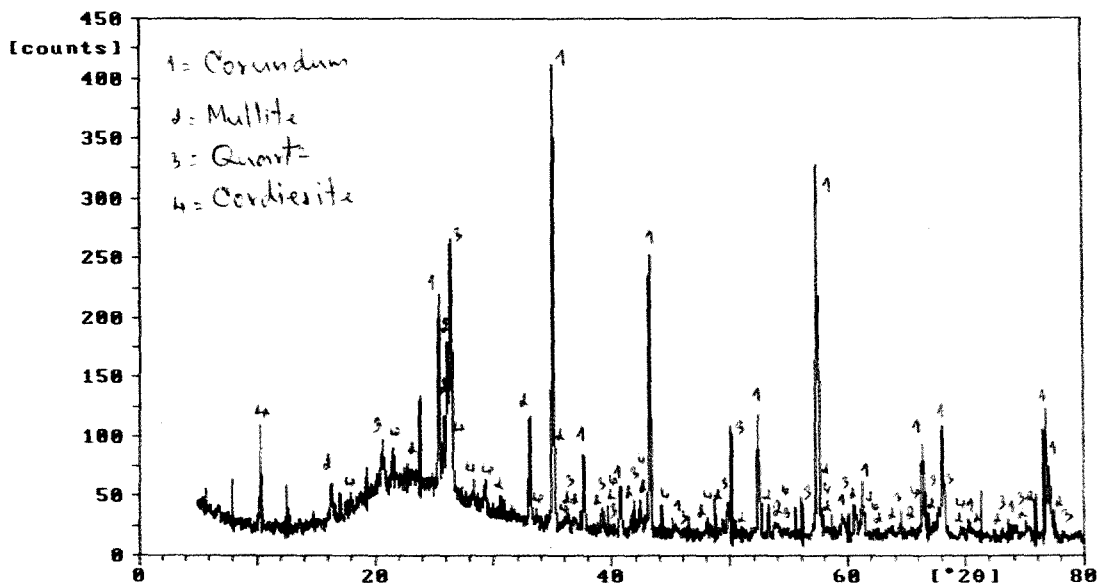
วิเคราะห์โดย: X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF), PANalytical, Axios-Minerals;
บริษัท ซีเบลโก้มีเนอร์รัลส์ (ประเทศไทย) จำกัด

17. ส่วนประกอบทางแร่วิทยาของเนื้อดินหลังเผา:

สารประกอบหลัก: Corundum

สารประกอบรอง: Quartz, Mullite, Cordierite

กราฟผลการวิเคราะห์:



วิเคราะห์โดย: X-ray diffractometer รุ่น X'pert APD (PW 3710): Philips;

สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

18. ค่าการวัดสี:

ค่าเฉลี่ย SCI L = 86.89 a = 0.13 b = 9.02

ค่าเฉลี่ย SCE L = 86.69 a = 0.14 b = 8.99

วิเคราะห์โดย: Spectrophotometer, KONICA MINOLTA, รุ่น CM-2600d;

ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

หมายเหตุ: SCI คือ ค่าสีที่เครื่องสามารถวัดได้ SCE คือ ค่าสีที่ตาคนสามารถมองเห็น

L ใช้กำหนดค่าความสว่าง,

L = 0 แสดงว่าตัวอย่างมีสีดำสมบูรณ์

L = 100 แสดงว่าตัวอย่างมีสีขาวสมบูรณ์

a ใช้กำหนดสีแดงและสีเขียว,

a มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีแดง

a มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีเขียว

b ใช้กำหนดสีเหลืองและสีน้ำเงิน,

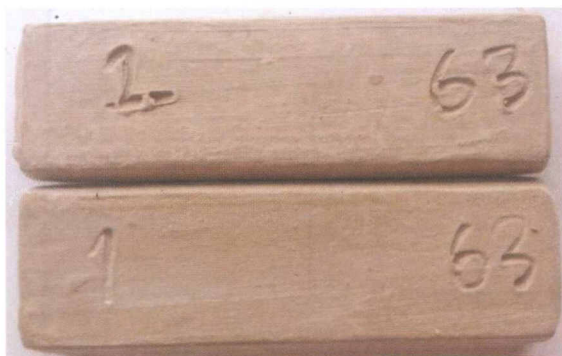
b มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีเหลือง

b มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีน้ำเงิน

19. การนำไปใช้งาน:

เหมาะสำหรับการผลิตเซรามิกประเภทเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร ภาชนะทนไฟ

20. สูตรเนื้อดินทนไฟ MTEC-063



สีเนื้อดินก่อนเผา



สีเนื้อดินหลังเผา

1. ชื่อสูตรดิน: MTEC-063
2. ประเภทสูตรดิน: เนื้อดินทนไฟ
3. ราคา: 10.36 บาท ต่อ กก.
4. ส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดิน:

วัตถุดิบ	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
ดินขาวดิบ	10	เหมืองศรีรัตน
อะลูมินาแคลไซน์	30	บจก. อัมรินทร์เซรามิกส์คอร์ปอเรชั่น
ดินแดงอ่างทอง	40	บจก. อปก.ดาวคู่
ทรายบดละเอียด 300 เมช	10	บจก. เซอร์นิคอินเตอร์เนชั่นแนล
โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์	10	บจก. เซอร์นิคอินเตอร์เนชั่นแนล
สารเติมแต่ง	สัดส่วน (%)	หมายเหตุ / ที่มา
สารละลายโซเดียมซิลิเกต	0.33	บจก. อัมรินทร์เซรามิกส์คอร์ปอเรชั่น

5. ขั้นตอนกระบวนการเตรียมเนื้อดิน:

- 1) นำวัตถุดิบทุกตัวไปอบให้แห้งในเตาอบไฟฟ้า สำหรับวัตถุดิบที่เป็นก้อนขนาดใหญ่ทำการทุบให้มีขนาดเล็กลงก่อนนำเข้าเตาอบ
- 2) ชั่งวัตถุดิบหลังอบแห้งทุกตัวตามสัดส่วนที่ระบุในส่วนผสมที่ใช้ในสูตรดินดังแสดงในตารางข้างต้น
- 3) บดวัตถุดิบทั้งหมดรวมกันในหม้อบดความเร็วสูงโดยบดแบบเปียก ใช้ปริมาณน้ำเท่ากับ 43.33% และเติมสารละลายโซเดียมซิลิเกตในปริมาณ 0.33% โดยน้ำหนัก เพื่อช่วยกระจายตัวส่วนผสมและทำให้ส่วนผสมวัตถุดิบให้เข้ากันได้ดียิ่งขึ้น ใช้เวลาบดประมาณ 10 นาที
- 4) ถายนํ้าดินออกจากหม้อบด และทำการทดสอบหาค่าการคายน้ำที่ 325 เมช หลังจากนั้นกรองนํ้าดินอีกครั้งผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช และนำไปวัดค่าความหนาแน่น และการไหลตัวของนํ้าดินก่อนนำไปใช้งาน
- 5) นำนํ้าดินที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นชิ้นงานทดสอบแบบแท่งเหลี่ยมขนาด 70x20x10 มม. โดยวิธีหล่อแบบในแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่เตรียมไว้
- 6) ทำการแกะแบบเมื่อชิ้นงานแห้งตัว และวัดขนาดชิ้นงานก่อนนำเข้าอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังอบแห้ง และนำชิ้นงานบางส่วนไปวัดค่าความแข็งแรงหลังอบแห้ง
- 7) นำชิ้นงานที่เหลือเข้าเผาในเตาไฟฟ้าตามอุณหภูมิและสภาวะที่กำหนด (รายละเอียดดังแสดงในข้อ 6.) เมื่อชิ้นงานออกจากเตาเผา นำมาวัดขนาดอีกครั้งเพื่อหาค่าการหดตัวหลังเผา จากนั้นนำไปทดสอบหาค่าความแข็งแรง และค่าการดูดซึมนํ้าของชิ้นงานหลังเผา
- 8) นอกจากการทดสอบสมบัติทางกายภาพแล้ว ยังได้นำชิ้นงานไปทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเครื่องไดลาโตมิเตอร์ วิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค XRF วิเคราะห์ส่วนประกอบเฟสที่เกิดขึ้นหลังเผาด้วยเทคนิค XRD และวัดความขาวของเนื้อดินหลังเผาด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer

6. สภาวะการเผา:

อุณหภูมิเผา	1,250°C
บรรยากาศการเผา	Oxidation
อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ	5°C/นาที
ระยะเวลาเผาแซ่ไฟ	60 นาที
อัตราการลดอุณหภูมิ	5°C/นาที
ชนิดของเตาเผา	เตาไฟฟ้า

สมบัติของสูตรดิน

- 7. กากค้ำตะแกรงเบอร์ 325 เมช: 0.04 %
- 8. ความหนาแน่นน้ำดิน: 1.73 กรัมต่อซีซี
- 9. การไหลตัวของน้ำดิน (Ford cup): 21.67 วินาที
- 10. การหดตัวของดินแห้ง: 3.83 %
- 11. การหดตัวของดินเผา: 13.60 %
- 12. การดูดซึมน้ำหลังเผา: 0.04 %
- 13. ความแข็งแรงหลังเผา: 118.94 MPa

14. ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

- 25-400°C: $7.6557 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
- 25-500°C: $8.8914 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
- 25-600°C: $9.7587 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

วิเคราะห์โดย: Dilatometer, Netzsch, รุ่น DIL 402 PC; ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก
ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

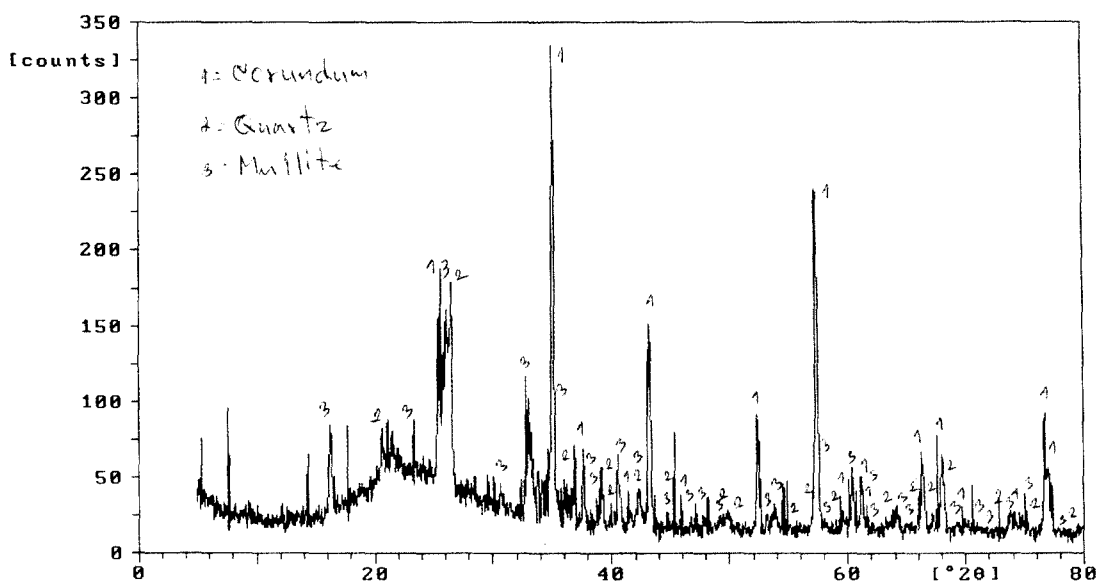
15. ส่วนประกอบทางเคมี (% โดยน้ำหนัก):

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	LOI
46.57	0.35	41.93	2.32	0.58	0.54	1.64	0.90	0.06	0.06	5.04

วิเคราะห์โดย: X-ray Fluorescence (XRF) Spectrometer, PANALytical, Axios-Minerals;
บริษัท ซิเบลโกล์มินเอร์รัลส์ (ประเทศไทย) จำกัด

16. ส่วนประกอบทางแร่วิทยาของเนื้อดินหลังเผา:

- สารประกอบหลัก: Corundum
- สารประกอบรอง: Quartz, Mullite
- กราฟผลการวิเคราะห์:



วิเคราะห์โดย: X-ray diffractometer รุ่น X'pert APD (PW 3710): Philips;

สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

17. ค่าการวัดสี:

ค่าเฉลี่ย SCI L = 52.91 a = 18.82 b = 25.52

ค่าเฉลี่ย SCE L = 52.98 a = 18.81 b = 25.38

วิเคราะห์โดย: Spectrophotometer, KONICA MINOLTA, รุ่น CM-2600d;

ห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์เซรามิก ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

หมายเหตุ: SCI คือ ค่าสีที่เครื่องสามารถวัดได้

SCE คือ ค่าสีที่ตาคนสามารถมองเห็น

L ใช้กำหนดค่าความสว่าง,

L = 0 แสดงว่าตัวอย่างมีสีดำสมบูรณ์

L = 100 แสดงว่าตัวอย่างมีสีขาวสมบูรณ์

a ใช้กำหนดสีแดงและสีเขียว,

a มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีแดง

a มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีเขียว

b ใช้กำหนดสีเหลืองและสีน้ำเงิน,

b มีค่าเป็นบวก สีจะไปในทิศทางสีเหลือง

b มีค่าเป็นลบ สีจะไปในทิศทางสีน้ำเงิน

18. การนำไปใช้งาน:

เหมาะสำหรับการผลิตเซรามิกประเภทภาชนะทนไฟ

วิธีการใช้งานระบบฐานข้อมูลวัตถุดิบและเนื้อดินสำหรับ อุตสาหกรรมเซรามิกและผู้ประกอบการเหมืองแร่

เนื่องจากอุตสาหกรรมเซรามิกจังหวัดลำปางได้รับผลกระทบที่เกิดจากต้นทุนเชื้อเพลิงและค่าแรงที่สูงขึ้น รวมถึงการก้าวไปสู่การเป็นประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (ASEAN Economic Community: AEC) ในปี พ.ศ.2558 ทำให้ผู้ประกอบการเซรามิกในจังหวัดลำปางจะต้องเร่งปรับตัวและเร่งพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขัน ทั้งในส่วนของ การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต การบริหารจัดการการผลิตเพื่อลดต้นทุนการผลิต รวมถึงการพัฒนาคุณภาพของสินค้า นอกจากนั้นแล้ว ผู้ประกอบการเหมืองแร่และผู้ประกอบการเซรามิก จังหวัดลำปาง ยังประสบกับปัญหาด้านวัตถุดิบที่เริ่มลดน้อยลง การพัฒนาแหล่งวัตถุดิบใหม่ก็เป็นไปได้ยาก รวมถึงการควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิตเนื้อดินให้ได้มาตรฐานก็มีความจำเป็นและสำคัญต่อผู้ประกอบการอย่างยิ่ง ดังนั้น การพัฒนาแหล่งข้อมูลด้านวัตถุดิบ และสูตรเนื้อดิน ของอุตสาหกรรมเซรามิก จังหวัดลำปาง ที่จัดเก็บอย่างเป็นระบบ ง่ายต่อการให้บริการสืบค้นและนำไปประยุกต์ใช้ของผู้ประกอบการ จึงเป็นหนทางหนึ่งที่จะช่วยส่งเสริมและสนับสนุนให้ผู้ประกอบการฯ ได้มีศักยภาพการผลิตที่มากขึ้นและสามารถอยู่รอดได้ในภาวะการแข่งขันปัจจุบัน นับเป็นการสร้างองค์ความรู้พื้นฐานให้แก่กลุ่มอุตสาหกรรมเซรามิกของ จังหวัดลำปางเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืนต่อไป

ระบบฐานข้อมูลวัตถุดิบและเนื้อดินนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. พัฒนาระบบการให้บริการข้อมูลด้านวัตถุดิบ และสูตรเนื้อดิน ของอุตสาหกรรมเซรามิกจังหวัดลำปาง ผ่านอินเทอร์เน็ต เพื่อให้ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเซรามิกจังหวัดลำปางสามารถสืบค้นและศึกษาข้อมูลได้โดยง่าย
2. พัฒนาระบบบริหารจัดการข้อมูลด้านวัตถุดิบ และสูตรเนื้อดิน ของอุตสาหกรรมเซรามิกจังหวัดลำปาง เพื่อให้สามารถบันทึก แก้ไข นำเข้า หรือบริหารข้อมูลได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด

ภาพรวมและรายละเอียดเบื้องต้นของระบบฐานข้อมูลวัตถุดิบและเนื้อดินนี้ ถูกออกแบบมาเพื่อใช้สำหรับค้นหาฐานข้อมูลวัตถุดิบแร่ดิน และ สูตรเนื้อดิน โดยมีข้อมูลที่เกี่ยวข้องกันดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลบริษัท/โรงงาน
2. ข้อมูลวัตถุดิบ
3. ข้อมูลสูตรดิน

โดยผู้ใช้งาน (สมาชิก/ลูกค้า) จะเข้าใช้งานได้ก็ต่อเมื่อสมัครสมาชิกเว็บไซต์ และได้รับการตรวจสอบข้อมูลจากผู้บริหารจัดการระบบ (Administrator) ก่อนถึงจะสามารถเข้าใช้งานระบบนี้ได้

การสมัครสมาชิก

- 1. เข้าสู่หน้าจอแรกของระบบฐานข้อมูล
- 2. เลือกเมนูสมัครสมาชิก
- 3. ระบบจะแสดงหน้าจอ “ข้อกำหนดการใช้บริการ” ดังภาพ

» ข้อกำหนดการใช้บริการ

ข้อมูลและเงื่อนไขการใช้บริการ

รายละเอียดข้อกำหนด

เครื่องหมายการค้าและลิขสิทธิ์

เพื่อปกป้องสิทธิของข้อมูลและทรัพย์สินทางปัญญาของระบบและข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดขอสงวนสิทธิ์ในการสมัครสมาชิก

ยอมรับข้อกำหนด

ยกเลิก

- 4. คลิกปุ่ม "ยอมรับข้อกำหนด"
- 5. ระบบจะแสดงหน้าจอการสมัครสมาชิก ดังภาพ

» ข้อกำหนดการใช้บริการ » แบบฟอร์มสมัครสมาชิก

ข้อมูลส่วนบุคคล | หน่วยงาน/สถานที่

* คำนามหน้าชื่อ :

* ชื่อ :

* นามสกุล :

* อีเมล (ชื่อเข้าระบบ) :

* รหัสผ่าน :

* รหัสบัตรประชาชน :

* วันที่เกิด :

เบอร์มือถือ :

รูป Profile : No File ... Choose

สมัครสมาชิก

ยกเลิก

- 6. ทำการระบุข้อมูลรายละเอียดสมาชิก ตามกำหนด
- 7. คลิกปุ่ม "สมัครสมาชิก"
- 8. หลังจากนั้น ผู้บริหารจัดการระบบจะทำการตรวจสอบข้อมูล และอนุมัติสิทธิการใช้งาน ผ่านทาง email ที่ได้แจ้งไว้ในการสมัครสมาชิก

การเข้าสู่ระบบ

1. เข้าสู่หน้าจอแรกของระบบฐานข้อมูล
2. เลือกเมนูเข้าสู่ระบบ
3. ระบบจะแสดงหน้าจอ “การเข้าสู่ระบบ” ดังภาพ

4. ป้อน “ชื่อเข้าสู่ระบบ” ในที่นี้คือ email
5. ป้อน “รหัสผ่าน”
6. คลิกปุ่ม “เข้าสู่ระบบ”
7. ระบบแสดงหน้าจอหลักของสมาชิก
8. ในกรณีที่สมาชิกลืมรหัสผ่าน เลือกแท็บ “ลืมรหัสผ่าน” ในหน้าจอเข้าสู่ระบบ
9. ระบบจะแสดงหน้าจอ ดังภาพ

10. ป้อน email ที่ใช้สมัครสมาชิกไว้
11. คลิกปุ่ม “ขอรหัสผ่านทางอีเมล”

การสืบค้นข้อมูลวัตถุดิบ

- 1. คลิกเลือกเมนู "สืบค้นฐานข้อมูล"
- 2. เลือกเมนูย่อย "ข้อมูลวัตถุดิบ"
- 3. ระบบจะแสดงหน้าจอการสืบค้น ดังภาพ

» ข้อมูลวัตถุดิบ

ข้อมูลพื้นฐาน

องค์ประกอบทางเคมี

ค่าอื่นๆ

ประเภทวัตถุดิบ/เนื้อดิน :
-- เลือก --

จังหวัด :
-- --

อำเภอ :
-- --

การนำไปใช้ประโยชน์ :
-- เลือก --

ค้นหา

ยกเลิก

ข้อมูลพื้นฐาน

องค์ประกอบทางเคมี

ค่าอื่นๆ

SiO₂ :
-- --

Al₂O₃ :
-- --

Fe₂O₃ :
-- --

TiO₂ :
-- --

CaO :
-- --

MgO :
-- --

K₂O :
-- --

Na₂O :
-- --

LOI :
-- --

ค้นหา

ยกเลิก

ข้อมูลพื้นฐาน

องค์ประกอบทางเคมี

ค่าอื่นๆ

% การหดตัว :
-- --

% การดูดซึมน้ำ :
-- --

ค้นหา

ยกเลิก

4. สมาชิกสามารถกำหนดเงื่อนไขของการสืบค้นตามที่ต้องการ โดยระบุเงื่อนไขของข้อมูลได้ดังต่อไปนี้

1) ข้อมูลพื้นฐาน

- “ประเภทวัตถุตี” เป็นการสืบค้นจากประเภทของวัตถุตีที่ต้องการ เช่น ดินขาว ดินเหนียว สีดำ ดินเหนียวสีเทา ดินเหนียวสีแดง ดินเหนียวสีเหลือง ดินทนไฟ ดินอื่นๆ ตัวช่วยหลอม หรือ ตัวเติม เป็นต้น
- “จังหวัด/อำเภอ” เป็นการสืบค้นตามแหล่งที่มาของวัตถุตีที่ต้องการ
- “การนำไปใช้ประโยชน์” เป็นการสืบค้นตามการนำไปใช้ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์สำเร็จ เช่น เครื่องปั้นดินเผา สุขภัณฑ์ เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร กระเบื้อง ของชำร่วย ลูกกรงเซรามิก อิฐ/วัสดุก่อสร้าง หรือ ลูกถ้วยไฟฟ้า เป็นต้น

2) ส่วนประกอบทางเคมี

- เป็นการสืบค้นขั้นสูง โดยระบุค่าสัดส่วนของส่วนประกอบทางเคมีที่ต้องการ ตามส่วนประกอบทางเคมีดังต่อไปนี้ SiO_2 Al_2O_3 Fe_2O_3 TiO_2 CaO MgO K_2O Na_2O หรือ LOI

3) ค่าอื่นๆ

- “% การหดตัว” เป็นการสืบค้นจาก % การหดตัวของวัตถุตี สามารถระบุเงื่อนไข มากกว่า น้อยกว่า หรือ เท่ากับ ได้
- “% การดูดซึมน้ำ” เป็นการสืบค้นจาก % การดูดซึมน้ำของวัตถุตี สามารถระบุเงื่อนไข มากกว่า น้อยกว่า หรือ เท่ากับ ได้

5. เมื่อได้ระบุเงื่อนไขการสืบค้นที่ต้องการแล้ว คลิกปุ่ม "ค้นหา"

6. ระบบจะแสดงผลลัพธ์การค้นหา ดังภาพ

ผลลัพธ์การค้นหา							
รหัส	ชื่อ	ประเภท	อุณหภูมิ	การดูดซึมน้ำ	รูปสินค้า	ราคา (บาท/ตัน)	การนำไปใช้ประโยชน์
RM000001	ทดสอบ 1	ประเภท 1	90	2.5		99.50	ประโยชน์ 1
RM000002	ทดสอบ 2	ประเภท 2	90	2.5		99.50	ประโยชน์ 2
RM000003	ทดสอบ 3	ประเภท 3	90	2.5		99.50	ประโยชน์ 3
RM000004	ทดสอบ 4	ประเภท 4	90	2.5		99.50	ประโยชน์ 4
RM000005	ทดสอบ 5	ประเภท 5	90	2.5		99.50	ประโยชน์ 5

« 1 2 3 »

7. สมาชิกเลือกรายการวัตถุตีที่ต้องการแสดงรายละเอียด

8. ระบบแสดงหน้าจอรายละเอียดวัตถุดิบ ดังภาพ

ฐานข้อมูลวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก

รหัส: R140001

ชื่อวัตถุดิบ: หินดิน 1

ประเภท: ประเภท 1

ราคา: 2,000 บาท/ตัน

การใช้งานในโครงการ:

- เครื่องปั้นดินเผา
- ผนังห้องน้ำ/อ่างอาบน้ำ
- อลูมิเนียม/อลูมิเนียมเคลือบ
- อลูมิเนียม

วันที่สร้าง: 01/05/2014
วันที่ปรับปรุง: 03/05/2014

ข้อมูลทั่วไป

บริษัท/โรงงาน: บริษัท หินดิน จำกัด

ที่อยู่:

- 91/297 ถนนสาย 1 ตำบลหินดิน 1 อำเภอหินดิน
- อำเภอหินดิน จังหวัดลำปาง 52130

เลขที่: 18,283474, 99,500999

โทรศัพท์: 054219000

โทรสาร: 054219001

อีเมล: test@mail.com

เว็บไซต์: www.test.com

Facebook: f

ข้อมูลวัตถุดิบ



ข้อมูลวัตถุดิบ



คุณสมบัติทางกายภาพ

ความหนาแน่นของ 325 เมช: 1.50 %

อุณหภูมิ: 1200 °C

การหดตัว:

- การหดตัวระหว่างการอบแห้ง (Wet-to-Dried Shrinkage) 5.80 %
- การหดตัวระหว่างการอบแห้ง Dried-to-Fired Shrinkage 11.80 %
- การหดตัวระหว่างการเผาแบบ Wet-to-Fired Shrinkage 11.80 %

การดูดซึมน้ำ: 11.50 %

ความแข็งแรง:

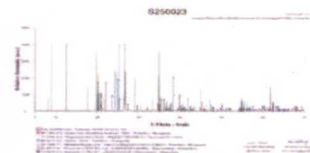
- ความแข็งแรงระหว่างการอบแห้ง: 1.67 MPa
- ความแข็งแรงระหว่างการเผา: 11.67 MPa

องค์ประกอบทางเคมี

องค์ประกอบหลัก:

- องค์ประกอบหลัก: kaolinite
- องค์ประกอบหลัก: Quartz, Feldspar

กราฟผลการวิเคราะห์:



เครื่องมือวิเคราะห์: เครื่องมือทดสอบ

โดย: นายหินดิน ธรณิน

องค์ประกอบทางเคมี

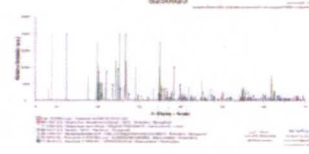
- SiO₂: 33.9
- Al₂O₃: 29.5
- Fe₂O₃: 0.56
- TiO₂: 7.98
- CaO: 40.15
- MgO: 88.76
- K₂O: 93.28
- Na₂O: 0.78
- MnO: 0.05
- ZnO: 20.68
- P₂O₅: 52.75
- SO₂: 0.83
- B₂O₃: 77.88
- H₂O: 0.80

องค์ประกอบทางเคมี

- SrO: 33.9
- Y₂O₃: 29.5
- ZrO₂: 0.56
- BaO: 7.98
- CeO₂: 40.15
- Nd₂O₃: 88.76
- HfO₂: 93.28
- CuO: 0.78
- PbO: 0.05
- V₂O₅: 20.68
- Cr₂O₃: 52.75
- SnO₂: 0.83
- LOI: 77.88

การเปลี่ยนแปลงสมบัติของวัตถุดิบ (TGA/DTA)

กราฟผลการวิเคราะห์:



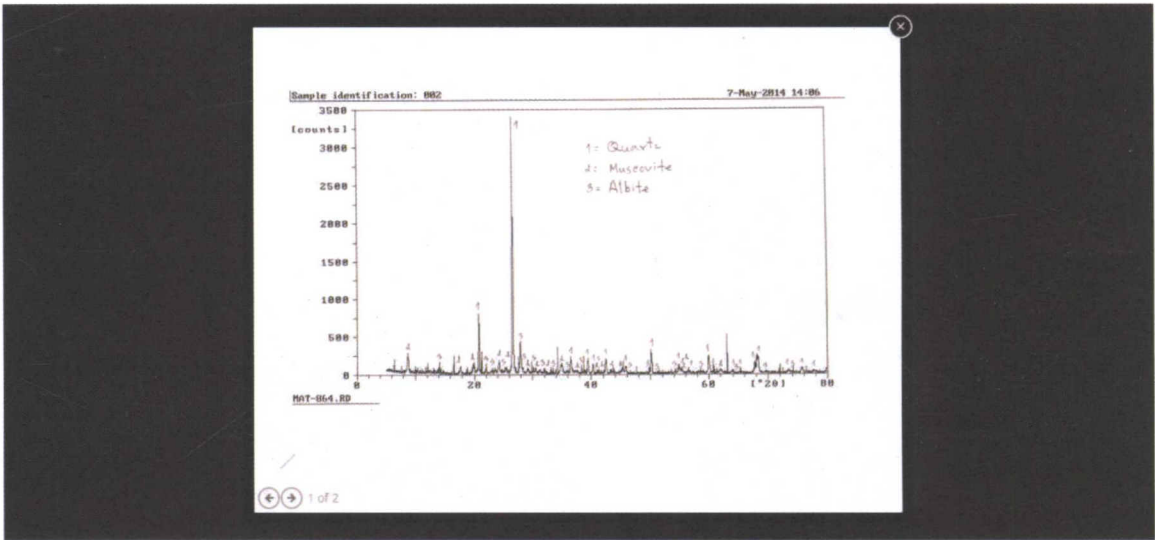
เครื่องมือวิเคราะห์: เครื่องมือทดสอบ

โดย: นายหินดิน ธรณิน

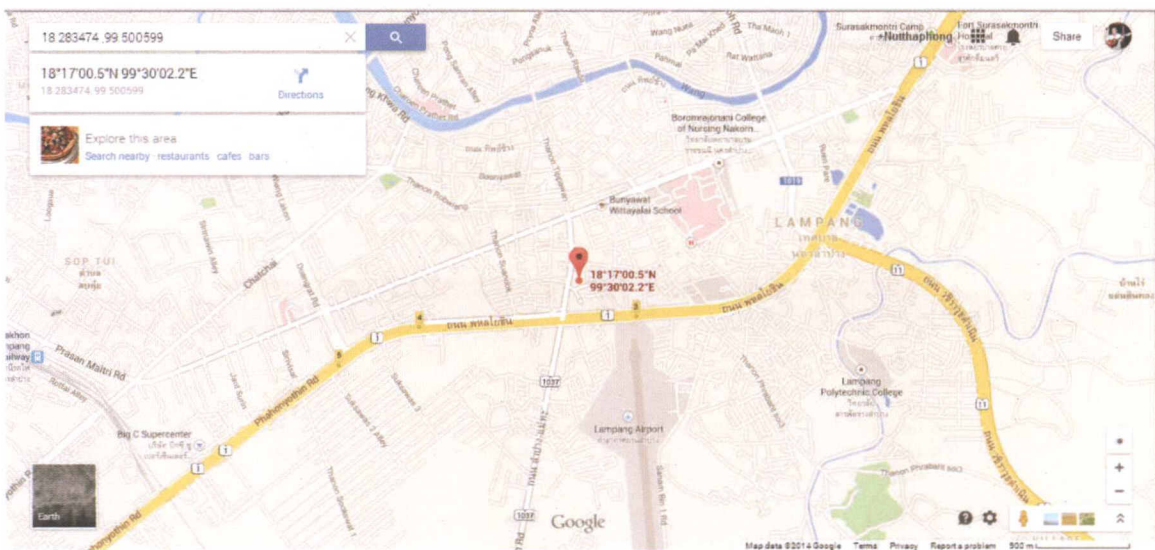
หมายเหตุ:

หมายเหตุการทดสอบ: ธรณิน

9. กรณีที่ต้องการให้แสดงรูปภาพขนาดใหญ่ คลิกเลือกที่รูปภาพ
10. ระบบแสดงรูปภาพ ดังภาพ



11. กรณีที่ต้องการแสดงแผนที่ตั้งของแหล่งข้อมูล คลิกเลือกที่แผนที่
12. ระบบแสดงแผนที่ ดังภาพ



การสืบค้นข้อมูลสูตรดิน

- 1. คลิกเลือกเมนู "สืบค้นฐานข้อมูล"
- 2. เลือกเมนูย่อย "ข้อมูลสูตรดิน"
- 3. ระบบจะแสดงหน้าจอการสืบค้น ดังภาพ

» ข้อมูลสูตรดิน

ข้อมูลพื้นฐาน

องค์ประกอบทางเคมี

ค่าอื่นๆ

ประเภทสูตรดิน :

เลือก

ประเภทวัตถุในสูตรดิน :

อุณหภูมิการเผา :

บรรยากาศการเผา :

Oxidation

Reduction

การนำไปใช้ประโยชน์ :

เลือก

ค้นหา

ยกเลิก

ข้อมูลพื้นฐาน

องค์ประกอบทางเคมี

ค่าอื่นๆ

SiO₂ :

Al₂O₃ :

Fe₂O₃ :

TiO₂ :

CaO :

MgO :

K₂O :

Na₂O :

LOI :

ค้นหา

ยกเลิก

ข้อมูลพื้นฐาน

องค์ประกอบทางเคมี

ค่าอื่นๆ

% การหดตัว :

% การดูดซึมน้ำ :

สันประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อน

25-500°C :

ค้นหา

ยกเลิก

4. สมาชิกสามารถกำหนดเงื่อนไขของการสืบค้นตามที่ต้องการ โดยระบุเงื่อนไขของข้อมูลได้ดังต่อไปนี้

1) ข้อมูลพื้นฐาน

- “ประเภทสูตรดิน” เป็นการสืบค้นจากประเภทของสูตรดิน เช่น เอิร์ธเทิร์นแวร์ สโตนแวร์ พอร์ซเลน หรือ โบนไชน่า เป็นต้น
- “ประเภทวัตถุดิบในสูตรดิน” เป็นการสืบค้นจากประเภทของวัตถุดิบที่ใช้ในสูตรดิน
- “อุณหภูมิการเผา” เป็นการสืบค้นจากอุณหภูมิการเผาของสูตรดิน สามารถระบุเงื่อนไขมากกว่า น้อยกว่า หรือ เท่ากับ ได้
- “บรรยากาศการเผา” เป็นการสืบค้นจากบรรยากาศการเผา Oxidation หรือ Reduction
- “การนำไปใช้ประโยชน์” เป็นการสืบค้นตามการนำไปใช้ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์สำเร็จ เช่น เครื่องปั้นดินเผา สุขภัณฑ์ เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร กระเบื้อง ของชำร่วย ลูกกรงเซรามิก อิฐ/วัสดุก่อสร้าง และลูกถ้วยไฟฟ้า เป็นต้น

2) ส่วนประกอบทางเคมี

- เป็นการสืบค้นขั้นสูง โดยระบุค่าสัดส่วนของส่วนประกอบทางเคมีที่ต้องการ ตามส่วนประกอบทางเคมีดังต่อไปนี้ SiO_2 Al_2O_3 Fe_2O_3 TiO_2 CaO MgO K_2O Na_2O และ LOI

3) ค่าอื่นๆ

- “% การหดตัว” เป็นการสืบค้นจาก % การหดตัวของสูตรดิน สามารถระบุเงื่อนไขมากกว่า น้อยกว่า หรือ เท่ากับ ได้
- “% การดูดซึมน้ำ” เป็นการสืบค้นจาก % การดูดซึมน้ำของสูตรดิน สามารถระบุเงื่อนไขมากกว่า น้อยกว่า หรือ เท่ากับ ได้
- “สัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อน 25-500°C” เป็นการสืบค้นสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนของสูตรดิน สามารถระบุเงื่อนไขมากกว่า น้อยกว่า หรือ เท่ากับ ได้

5. เมื่อได้ระบุเงื่อนไขการสืบค้นที่ต้องการแล้ว คลิกปุ่ม "ค้นหา"

6. ระบบจะแสดงผลลัพธ์การค้นหา ดังภาพ

ผลลัพธ์การค้นหา							
รหัส	ชื่อ	ประเภท	อุณหภูมิ	การดูดซึมน้ำ	รูปผลงาน	ราคา (บาท/กก.)	การนำไปใช้ประโยชน์
BD000001	ทดสอบ 1	ประเภท 1	90	2.5		99.50	ประโยชน์ 1
BD000002	ทดสอบ 2	ประเภท 2	90	2.5		99.50	ประโยชน์ 2
BD000003	ทดสอบ 3	ประเภท 3	90	2.5		99.50	ประโยชน์ 3
BD000004	ทดสอบ 4	ประเภท 4	90	2.5		99.50	ประโยชน์ 4
BD000005	ทดสอบ 5	ประเภท 5	90	2.5		99.50	ประโยชน์ 5

7. สมาชิกเลือกรายการสูตรดินที่ต้องการแสดงรายละเอียด

8. ระบบแสดงหน้าจอรายละเอียดสูตรดิน ดังภาพ

 ฐานข้อมูลสูตรดินสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก

วันที่รับ: 04/06/2014
วันที่รับทราบ: 04/06/2014

ရည်ရွယ်ချက်

รหัส: BGG00001
 ชื่อผลิตภัณฑ์: Stoneware A
 ประเภท: สโตนแวร์
 ความย: 30 มม/กม.
 การนำไปใช้ประโยชน์:
 * เตาเผาปั้นรูป/เตาเผา
 * เตาเผาถ้วย/เตาเผาจาน

အသံအသွယ်

ข้อมูลพื้นฐาน :

- * 91/297 ถนนพหลโยธิน แขวงจันทบุรี เขตจันทบุรี
- * อ.จันทบุรี จ.ตราด 52130

เบอร์โทร : 08-283474-99-500999 📞

โทรศัพท์ : 054219000

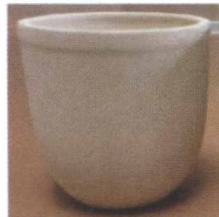
โทรสาร : 054219001

E-mail : test@gmail.com

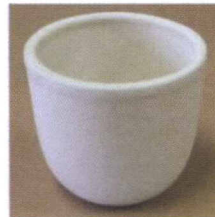
เว็บไซต์ : www.test.com

Facebook : 

Discussion



Introduction



spending

ໂອກາດການ	ສິນສ່ວນ (%)	ສາມາດ (ຄວາມ)
ສິນສ່ວນ	40	
ສິນສ່ວນ	30	
ທຸກສ່ວນ	30	

2000000000

ชนิดของดิน	สัดส่วน (%)	ค่าเฉลี่ย (mm)
ดินเหนียว	0.15	
ดินทราย	0.37	
ดินร่วน	0.55	

[illegible]

ปริมาณความชื้น 325 วัตต์ 1.50 นิ้ว
 ความหนาแน่น 1.25 g/cc
 ความดัน 1.25 centipoise
 Thixotropy: เวลา 10 นาที 1.25 centipoise
 ความดัน (Ford Cup) 12.25 นิ้ว
 ความดัน (Shrinkage)
 • ความดันความชื้น (Wet-to-Dried Shrinkage) 5.80 นิ้ว
 • ความดันความชื้น (Dried-to-Fired Shrinkage) 11.60 นิ้ว
 • ความดันความชื้น (Wet-to-Fired Shrinkage) 11.60 นิ้ว
 ความดัน 11.50 นิ้ว
 ความดัน:
 • ความดันความชื้น: 1.67 MPa
 • ความดันความชื้น: 11.67 MPa

[illegible]

อุณหภูมิในภาชนะ: 1,200 °C
บรรยากาศการเผาไหม้: Oxidation
การเพิ่มอุณหภูมิ: 10 °C/นาที
ระยะเวลาขึ้นไฟ: 30 นาที
การลดอุณหภูมิ: 10 °C/นาที
ชนิดของสเปกตรัม: แบบ 1 มิติ

Downloaded from

- * SiO_2 : 33.9
- * Al_2O_3 : 29.5
- * Fe_2O_3 : 0.54
- * TiO_2 : 7.88
- * CaO : 42.15
- * MgO : 88.76
- * K_2O : 93.28
- * Na_2O : 0.78
- * MnO : 0.05
- * ZnO : 20.68
- * P_2O_5 : 52.75
- * SO_2 : 0.63
- * B_2O_3 : 77.83
- * Rb_2O : 0.5

www.pearsoned.com.au

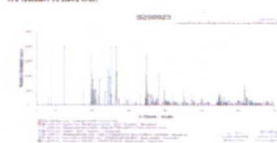
- * SrO : 33.9
- * Y_2O_3 : 29.5
- * ZrO_2 : 0.56
- * BaO : 7.96
- * CeO_2 : 40.15
- * Nd_2O_3 : 88.76
- * HfO_2 : 93.28
- * CuO : 0.76
- * PbO : 0.05
- * V_2O_5 : 20.68
- * Cr_2O_3 : 52.75
- * SnO_2 : 0.83
- * LiO : 77.88

2000 年 1 月 1 日

องค์ประกอบทางเคมี:

- องค์ประกอบหลัก: Kaolinite
- องค์ประกอบรอง: Quartz, Feldspar

การเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง:



1. *Author's address:* Department of Mathematics, University of California, San Diego, La Jolla, CA 92037, USA.
 2. *E-mail address:* math@ucsd.edu

1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 26

[Return to top of page](#)

© 2012 by The Author(s). All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or by any information storage or retrieval system, without permission in writing from the publisher.

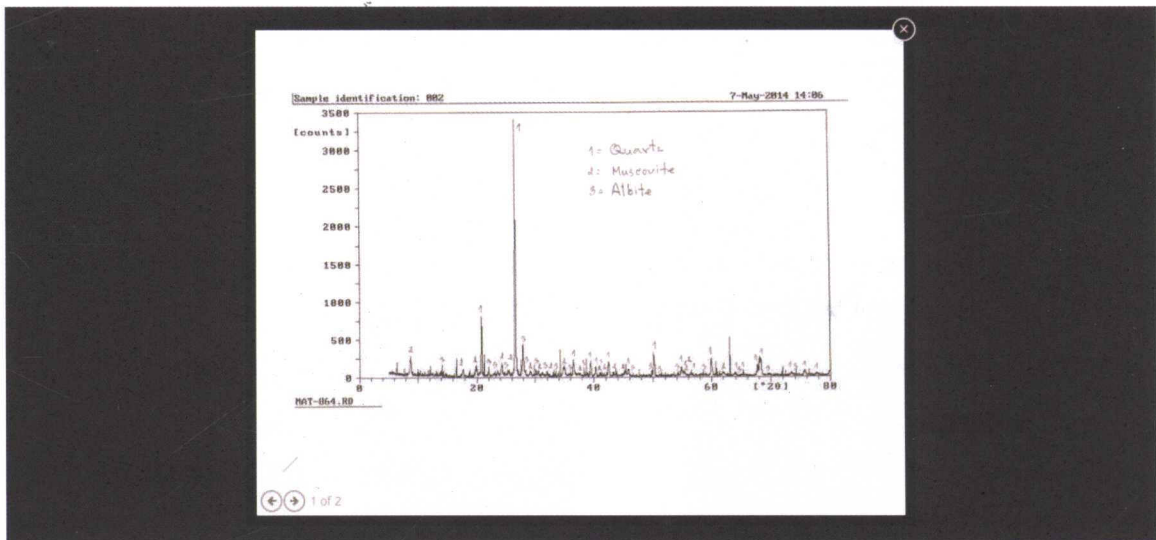
• 25-500°C: $2.12 \times 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$

การเปลี่ยนแปลงโมดูลัส:

អង្គការសហប្រតិបត្តិការអន្តរជាតិ អង្គការសហប្រជាជាតិ អង្គការសហប្រជាជាតិ

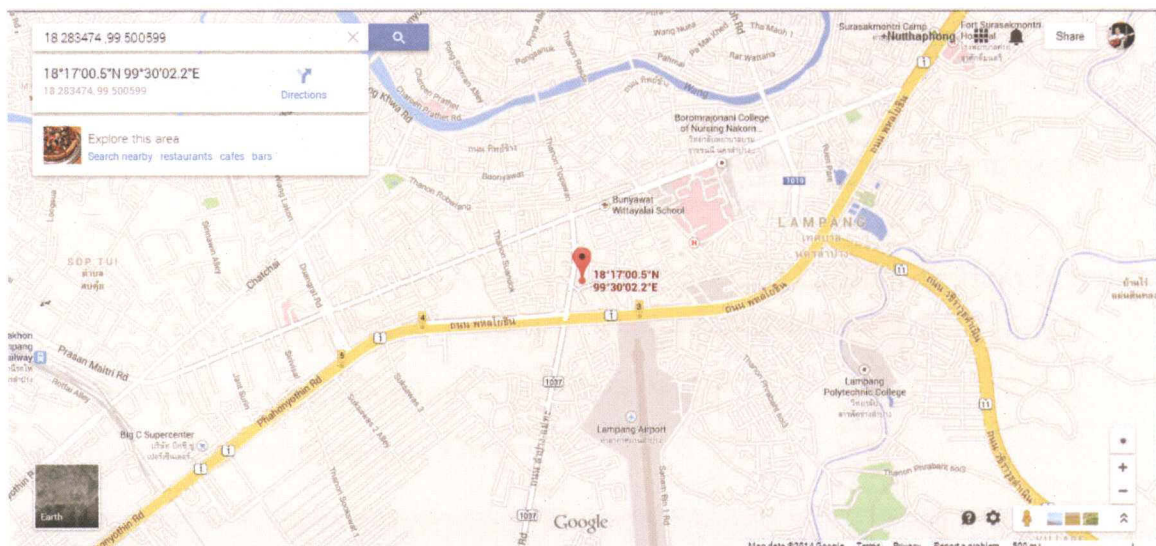
9. กรณีที่ต้องการให้แสดงรูปภาพขนาดใหญ่ คลิกเลือกที่รูปภาพ

10. ระบบแสดงรูปภาพ ดังภาพ



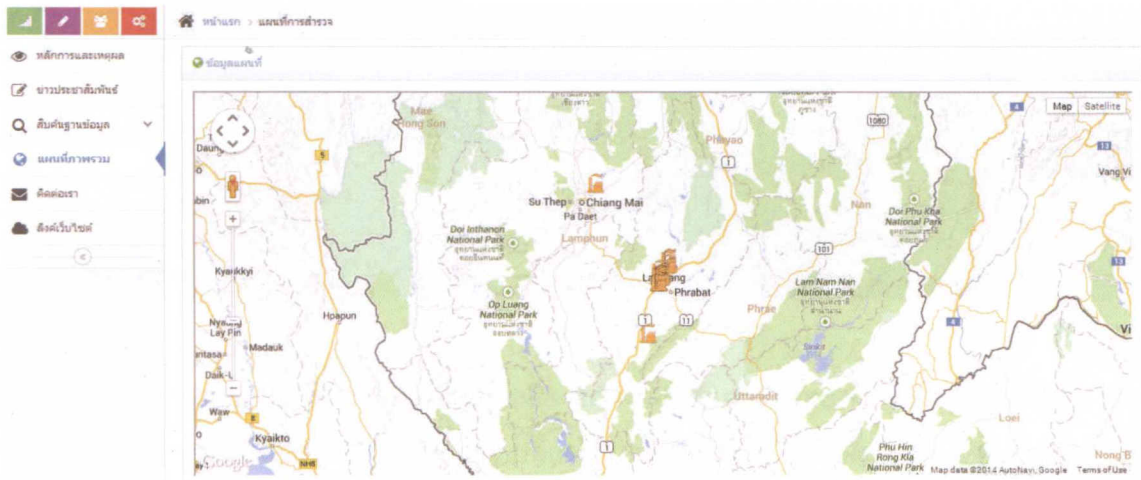
11. กรณีที่ต้องการแสดงแผนที่ตั้งของแหล่งข้อมูล คลิกเลือกที่แผนที่

12. ระบบแสดงแผนที่ ดังภาพ



การแสดงผลแผนที่ภาพรวม

1. คลิกเลือกเมนู "แผนที่ภาพรวม"
2. ระบบแสดงหน้าจอ ดังภาพ



3. การใช้แผนที่

- การขยายแผนที่ ใช้ Scroll Mouse เลื่อนขึ้น หรือใช้สัญลักษณ์ + ด้านซ้ายมือ
- การย่อแผนที่ ใช้ Scroll Mouse เลื่อนลง หรือใช้สัญลักษณ์ - ด้านซ้ายมือ
- กรณีต้องการใช้ภาพ Street View (กรณีที่แผนที่ที่มีข้อมูล) เลือกไอคอน  กดค้างไว้แล้วลากลงบนเส้นถนนที่มีสีฟ้า ดังภาพ (จากนั้นจะแสดงภาพ Street View)





4. กรณีที่ต้องการแสดงรายละเอียดบริษัท/โรงงาน คลิกเลือกที่ไอคอนโรงงานบนแผนที่
5. ระบบแสดงหน้าจอ ดังภาพ โดยระบุถึงข้อมูลวัตถุดิบ สูตรดิน และสูตรเคลือบที่มีในระบบ

ข้อมูลบริษัท/โรงงาน



โรงงานทดสอบเซรามิค ลำปาง

สถานที่ 91/297 ซอยเทศบาล 1 ถนนเทศบาล 1 ตำบลเทศบาล

อำเภอทดสอบ จังหวัดลำปาง 52130

โทรศัพท์ 054219000

โทรสาร 054219001

อีเมล test@mail.com

เว็บไซต์ www.test.com

Facebook 

วัตถุดิบ/เนื้อดิน

รหัส	ชื่อ	ประเภท
RM000001	ทดสอบ 1	ประเภท 1
RM000002	ทดสอบ 2	ประเภท 2
RM000003	ทดสอบ 3	ประเภท 3
RM000004	ทดสอบ 4	ประเภท 4
RM000005	ทดสอบ 5	ประเภท 5

สูตรดิน

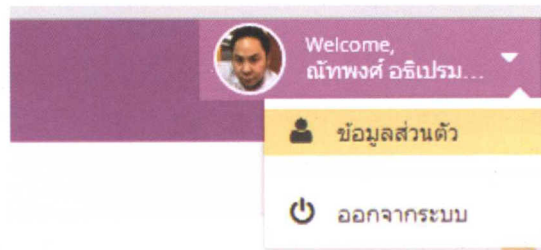
รหัส	ชื่อ	ประเภท
BD000001	ทดสอบ 1	ประเภท 1
BD000002	ทดสอบ 2	ประเภท 2
BD000003	ทดสอบ 3	ประเภท 3
BD000004	ทดสอบ 4	ประเภท 4
BD000005	ทดสอบ 5	ประเภท 5

สูตรเคลือบ

รหัส	ชื่อ	ประเภท
GL000001	ทดสอบ 1	ประเภท 1
GL000002	ทดสอบ 2	ประเภท 2
GL000003	ทดสอบ 3	ประเภท 3
GL000004	ทดสอบ 4	ประเภท 4
GL000005	ทดสอบ 5	ประเภท 5

การแก้ไขข้อมูลส่วนตัว

1. เลือกเมนู "ข้อมูลส่วนตัว" ดังภาพ



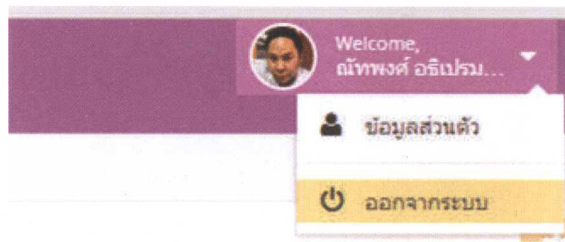
2. ระบบแสดงหน้าจอ ดังภาพ

A screenshot of a personal information form. The form is titled "ข้อมูลส่วนตัว" (Personal Information) and "หน่วยงาน/สถานที่" (Organization/Location). It contains several fields with labels and values: "ตำแหน่งงาน" (Job Position) with value "นาย" (Mr.), "ชื่อ" (Name) with value "ฅโฑพงค์" (Chotphonk), "นามสกุล" (Surname) with value "อธิเปรมอนันต์" (Athipromonant), "อีเมล (ชื่อเข้าระบบ)" (Email (Login Name)) with value "test@gmail.com", "รหัสผ่าน" (Password) with value "*****", "รหัสบัตรประชาชน" (ID Card Number) with value "1234567890123", "วันที่เกิด" (Date of Birth) with value "25/01/1974" and a calendar icon, "เบอร์มือถือ" (Mobile Number) with value "0837853786", and "รูป Profile" (Profile Picture) with value "user.jpg" and a "Change" button. At the bottom, there are two buttons: "บันทึก" (Save) and "ยกเลิก" (Cancel).

3. แก้ไขข้อมูลส่วนตัวที่ต้องการ
4. คลิกปุ่ม "บันทึก"

การออกจากระบบ

1. เลือกเมนู "ออกจากระบบ" ดังภาพ



2. สมาชิกจะออกจากระบบงานฯ แล้วกลับสู่หน้าจอแรกของระบบ



จัดทำโดย

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

