



วารสารวิจัยและพัฒนา

วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

VRU Research and Development Journal

ฉบับที่ 2 พฤษภาคม - สิงหาคม 2554 / Vol.3 No.2 May - August 2010



มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

Website : <http://rd.vru.ac.th>



สารบัญ

หน้า

❖ การทดลองเนื้อเซอร์คอนสำหรับงานบดขยี้วัตถุดิบเซรามิก.....4	
ทนายรัช จิตชาญวิชัย	
❖ ผลของโพลีแซคคาไรด์ และไตรเทอร์พีนอยด์จากเห็ดหลินฮือ (Phellinus linteus)..... 17	
ต่อระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด และค่าทางโลหิตวิทยาในหนูเบาหวาน	
เบญจวรรณ เกตุวงศ์, ชุศรี คล้ายบุษ	
❖ ยุทธศาสตร์การสร้างวัฒนธรรมทุนทางปัญญาขององค์กร.....26	
โรช วิภคภูมิประเทศ, บุญทัน ดอกไธสง, บุญเรือง ศรีเทริญ, สะอาด บรรเจิดฤทธิ์	
❖ การติดตามผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม.....38	
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ 2549-2550.....ประจวบ คีบุคร และคณะ	
❖ ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอน วิชาสถิติธุรกิจ เรื่องการวัดค่ากลางและการวัดการกระจาย...46	
โดยการให้แบบฝึกทักษะ.....ครุณี หันวิสัย	
❖ การศึกษาพฤติกรรมการใช้งานอินเทอร์เน็ตแบบไร้สายของนักศึกษาคณะวิทยาการจัดการ.....52	
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์.....ณัฏฐา เข้มมคง, ดนุชา สว่างศรี	
❖ การติดตามผลผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์.....63	
ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปีการศึกษา 2550-2551.....ราตรี มีสมบัติ และคณะ	
❖ การบริหารโครงการ เอส เอ็ม แอนด์ ศึกษาเฉพาะกรณีวิสาหกิจชุมชนเข้มแข็ง.....76	
เขมิกา โมะกะกิติกุล, บุญทัน ดอกไธสง, สะอาด บรรเจิดฤทธิ์, ปิยะวรรณ เลิศพานิช	
❖ ประสิทธิภาพนโยบายภาครัฐในการจัดตั้งศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ICT).....89	
ชุมชนของประเทศไทย.....ธนวัฒน์ อัมพุนันท์, สมาน งามสนิท, สุปรียา ศิริพัฒน์กุลจกร, สะอาด บรรเจิดฤทธิ์	
❖ ประสิทธิภาพนโยบายเสริมสร้างสันติสุขจังหวัดชายแดนภาคใต้ : กรณีศึกษาโครงการผลิต.....102	
พยาบาลวิชาชีพเพิ่มเพื่อแก้ไขปัญหาในพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคใต้	
สุภัตรา ธรรมวงษ์, อิมรอน มะลูลีม, สุดใจ ทูลพาณิชย์, สะอาด บรรเจิดฤทธิ์	
❖ รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิประจำวารสารปีที่ 5 ฉบับที่ 2.....136	

ภาคผนวก

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

ใบสมัครสมาชิก

รูปแบบและรายละเอียดในการส่งบทความเผยแพร่



การทดลองเนื้อเซอรืคอนสำหรับงานบดย่อยวัสดุคิบเซรามิก
An experiment of Zircon body for Ceramic materials grinding

¹⁾ ธารรัช จิตชาณวิชัย
¹⁾ Thanarat Jitcharnvichai

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดลองเนื้อเซอรืคอน สำหรับงานบดย่อยวัสดุคิบเซรามิก จากส่วนผสมของเซอรืโคเนียมซิริเลต โดยใช้ทัลค์ แกลเซียมคาร์บอเนต และแบเรียมคาร์บอเนต เป็นสารช่วยลดอุณหภูมิที่มีปริมาณแปรเปลี่ยนไปตามอัตราส่วนผสมของเซอรืโคเนียมซิริเลต โดยสารช่วยลดอุณหภูมินี้ จะเติมในช่วงร้อยละ 2.50 – 50 เติมนินขาวระนองเป็นสารช่วยยึดเกาะ โซเดียมคาร์บอเนตซีเมนต์เซลลูโลส เป็นสารช่วยการกระจายลดอุณหภูมิ ส่วนส่วนผสมในแต่ละอัตราส่วนผสมด้วยหม้อบดความเร็วสูง ขึ้นรูปขึ้นทดสอบและผลิตก้อนด้วยวิธีการอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิก นำขึ้นทดสอบเผาที่อุณหภูมิ 1,400 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศเผาไหม้แบบสมบูรณ์ ผลการวิจัยพบว่า ส่วนผสมที่สามารถเตรียมผลิตภัณฑ์สำหรับงานบดย่อยวัสดุคิบเซรามิกได้ดี และมีสมบัติผ่านเกณฑ์มาตรฐาน คือ อัตราส่วนผสมที่ 3 ซึ่งประกอบด้วยเซอรืโคเนียมซิริเลต ร้อยละ 92.50 สารช่วยลดอุณหภูมิ ร้อยละ 7.50 เติมนินขาวระนอง ร้อยละ 5 มีความแข็ง 7.5 (ตามมาตรฐานของโมส์) มีค่าการดูดซึมน้ำเป็น 0 มีค่าความหนาแน่น 4.23 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และเมื่อนำผลิตภัณฑ์สำหรับงานบดย่อยวัสดุคิบเซรามิกไปทดสอบความทนต่อการขัดสี พบว่าผลิตภัณฑ์สำหรับงานบดย่อยวัสดุคิบเซรามิกสามารถใช้งานได้

คำสำคัญ : เซอรืคอน; หม้อบดย่อย

¹⁾ อาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม



ABSTRACT

The purpose of this research was to develop zircon body for Ceramic material grinding from zirconium silicate with talc, calcium carbonate and barium carbonate. This mixture was calcined at $1,200^{\circ}\text{C}$ and used as a doping agent to reduce sintering temperature. The amount of the doping agent varied from 2.50 % to 50 %. Ranong kaolin and sodium carboxy methyl cellulose were used as a binder and deflocculant. The mixtures are mixed in high – speed centrifugal mill which were formed into a test piece and a product by a hydraulic press machine. Then, the test piece was burned at $1,600^{\circ}\text{C}$ in the oxidation atmosphere.

The results showed the appropriate and standard mixtures that could produce the products for Ceramic materials grinding were zirconium silicate (92.5%) and a doping agent (7.5%) with 5 % of Ranong Kaolin. These mixtures exhibited the hardness of 7.5 water absorption of 0 % and density of 4.23 g/cm^3 . When the product was tested at abrasion rate, it was found that this Ceramic materials grinding could be worked well.

Keywords : Zircon; grinding ball

ความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมเซรามิกเป็นอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพและมีความสำคัญเชิงยุทธศาสตร์ต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยีของประเทศ เป็นการผลิตที่มีขั้นตอนที่ต้องควบคุม เช่น การเลือกสรรวัตถุดิบ การบดวัตถุดิบ การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ การเคลือบ การเผา และตรวจสอบคุณภาพ โดยเฉพาะขั้นตอนการบดวัตถุดิบจัดว่าเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากเพื่อให้ได้วัตถุดิบที่มีความละเอียดเหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน นอกจากนี้คุณภาพของวัตถุดิบยังขึ้นอยู่กับคุณภาพของเครื่องมือบด กล่าวคือหากใช้เครื่องมือบดบดวัตถุดิบที่มีความแข็งต่ำกว่าวัตถุดิบที่บด จะมีผลทำให้มีสิ่งเจือปนจากการเกาะเกาะหรือเกิดการสึกกร่อนของเครื่องมือบดบดเข้าผสมกับวัตถุดิบได้ ทำให้คุณภาพของวัตถุดิบนั้น ๆ เปลี่ยนไป เครื่องมือสำหรับบดบดวัตถุดิบที่มีเซรามิกเป็นส่วนประกอบมีทั้งชนิดหม้อบด ตูบด หรือกรูมึงภายในหม้อบด จัดว่ามีความสำคัญต่อการผลิตเซรามิกทุกชนิด แต่เครื่องมือชนิดนี้ยังเป็นเครื่องมือที่นำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้การผลิตเซรามิกมีต้นทุนที่สูง ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ทำอุปกรณ์มีหลายชนิด เช่น พอร์ซเลน อะลูมินา เซอร์คอน เซอร์โคเนีย และไททาเนียม โดยเฉพาะเครื่องมือบดบดจากเนื้อเซอร์คอน จัดเป็นเครื่องมือที่มีราคาแพงแต่จำเป็นต้องใช้ในห้องทดลองของโรงงานอุตสาหกรรม และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับเซรามิก รวมถึงในกระบวนการผลิตต้องการความบริสุทธิ์ของวัตถุดิบที่ปราศจากการปนเปื้อนของ



เนื้อเครื่องมือบดย่อยวัตถุดิบ โดยเนื้อเชอร์คอนหากผ่านการเผาที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เนื้อเชอร์คอน มีความแข็งแรงสูง (โกมอ รัชชวงศ์, 2531 : 174) และมีน้ำหนักมาก เนื่องจากเชอร์คอนมีค่าความดัดง้างเฉพาะสูง สามารถทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมีได้ดี (ไพจิตร อังศิริวัฒน์, 2541 : 85)

เพื่อให้อุตสาหกรรมเซรามิกกลายเป็นอุตสาหกรรมที่มั่นคง ยั่งยืน ลดการพึ่งพา และนำเข้าจากต่างประเทศควรเริ่มที่การพัฒนาวัตถุดิบ เครื่องมืออุปกรณ์ในการผลิตเซรามิกก่อน ผู้วิจัยเห็นว่าเนื้อเชอร์คอน สำหรับการบดย่อยวัตถุดิบเซรามิกเป็นสิ่งสำคัญต่อวงการเซรามิก ทั้งประเทศไทยมีวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเซรามิกอย่างเพียงพอ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาค้นคว้า เพื่อทดลองเนื้อเชอร์คอนสำหรับงานบดย่อยวัตถุดิบเซรามิก ซึ่งโยชิยาสุ มิซึโน สัมภาษณ์โดย สมนึก ศิริสุนทร และกุลจิรา สุจิโรจน์ (2539 : 73) กล่าวว่า เซรามิกโครงสร้างจะเข้าสู่ตลาดได้ง่ายกว่าเซรามิกอิเล็กทรอนิกส์ เซรามิกโครงสร้างมีทั้งชนิดที่ไม่ต้องใช้เทคโนโลยีสูงนักจนถึงชนิดที่จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูง ดังนั้นในประเทศไทยจึงควรเริ่มที่เซรามิกโครงสร้างก่อน ซึ่งเนื้อเชอร์คอนสำหรับงานบดย่อยวัตถุดิบเซรามิกจัดว่าเป็นเซรามิกโครงสร้างชนิดหนึ่ง

ดังนั้นในการวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงมุ่งหวังที่จะผลิตลูกบดเนื้อเชอร์คอน โดยใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ภายในประเทศให้เกิดประโยชน์สูงสุด และเป็นการสร้างทางเลือกใหม่ในการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นภายในประเทศ แทนการเลือกใช้ลูกบดที่นำเข้าจากต่างประเทศ และเป็นการสนับสนุนแนวคิดในด้านการผลิตเพื่อทดแทนการนำเข้าตามวาระการวิจัยแห่งชาติในวาระวิกฤตเพื่อฟื้นฟูชาติ เมื่อวันที่ 9 มีนาคม พ.ศ. 2543 เพื่อส่งเสริมให้นักวิจัยมุ่งเน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกที่มีคุณภาพดี สำหรับประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาค้นคว้าผลิตภัณฑ์ ประเภทเนื้อเชอร์คอนมากเท่าที่ควร งานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการผลิตลูกบดเนื้อเชอร์คอนได้ภายในประเทศและเป็นข้อมูลในการพัฒนา วัตถุดิบสำหรับทำลูกบดของประเทศไทยให้ก้าวหน้าขึ้นในอนาคต

โจทย์วิจัย/ ปัญหาวิจัย

เพื่อศึกษาสัดส่วนของวัตถุดิบที่เหมาะสมต่อการผลิตเนื้อเชอร์คอนที่มีสมบัติทางกายภาพที่สามารถนำมาผลิตเครื่องมือบดย่อยวัตถุดิบเซรามิกที่มีคุณภาพและเหมาะสมกับการใช้งานบดวัตถุดิบที่มีความแข็งแรงสูง โดยเฉพาะ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของเนื้อเชอร์คอนสำหรับงานบดย่อยวัตถุดิบเซรามิก โดยผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1,400 องศาเซลเซียส
2. เพื่อทดสอบสมบัติทางกายภาพของเนื้อเชอร์คอนที่สำคัญต่อการใช้งานจริง



3. เพื่อศึกษาวิธีการผลิตและทดลองผลิตเนื้อเซรามิกสำหรับงานบดย่อยวัตถุดิบเซรามิกที่มีค่าความแข็งระหว่าง 7 – 8 (ตามเกณฑ์มาตรฐานของโมส)

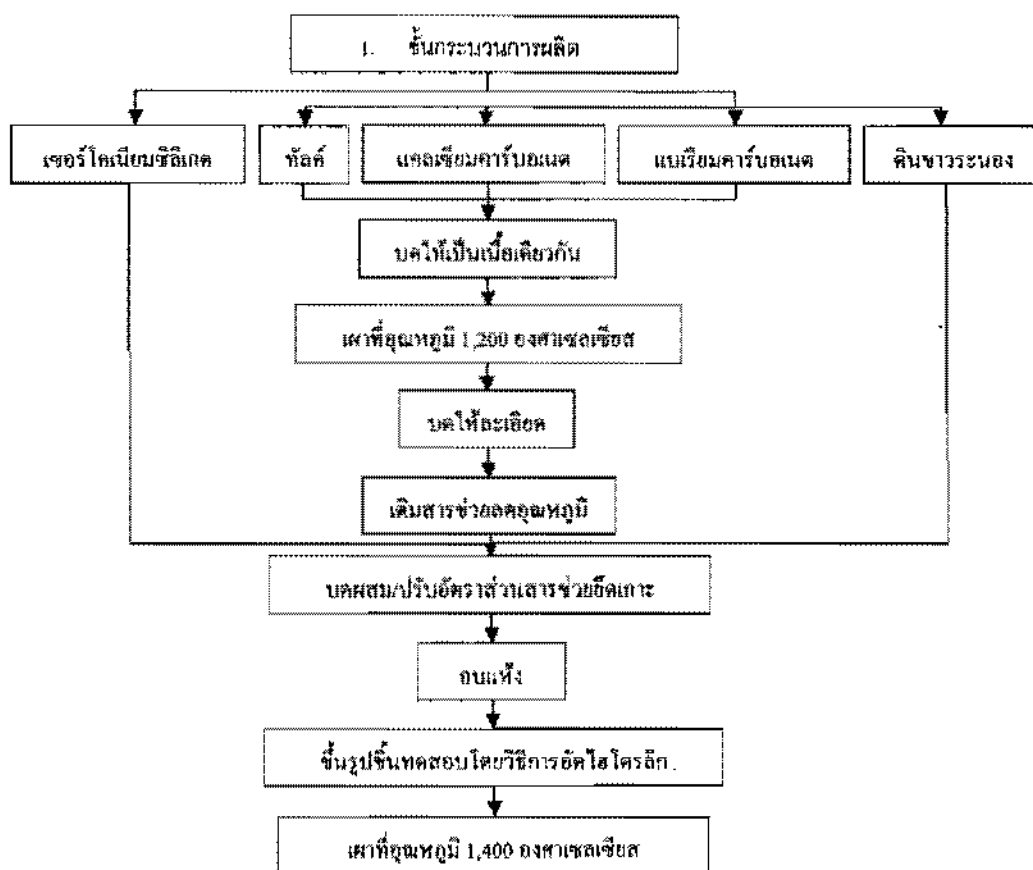
วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นศึกษาสมบัติของวัตถุดิบ

ได้แก่ วิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีด้วยเครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ (X-ray fluorescence spectrometer) ยี่ห้อ ฟิลิปส์ รุ่น PW-2402 ซึ่งเป็นเทคนิคที่อาศัยหลักการของรังสีเอกซ์มีพลังงานสูงไปกระทบชิ้นงานทำให้ชิ้นงานเกิดการปล่อยโปรตอนออกมาจากราตุ โดยธาตุต่างชนิดกันจะมีความยาวคลื่นและพลังงานต่างกัน ปริมาณของโปรตอนที่ปล่อยออกมาขึ้นอยู่กับปริมาณของธาตุนั้นในสารนั้นๆ ข้อมูลที่ได้สามารถนำมาวิเคราะห์หาปริมาณของธาตุ และธาตุองค์ประกอบในสารตัวอย่าง หากการกระจายขนาดอนุภาคของวัตถุดิบด้วยเครื่องหาค่าความละเอียด (Mastersizer S, Malvern Instruments Limited) โดยเทคนิคการกระเจิงของแสง และศึกษาลักษณะและการกระจายขนาดของอนุภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope) เครื่องสามารถสร้างภาพได้โดยการตรวจวัดอิเล็กตรอนที่สะท้อนจากพื้นผิวหน้าของตัวอย่างที่ทำการสำรวจ ภาพที่ได้จากเครื่องเป็นภาพลักษณะ 3 มิติ โดยการทดสอบทั้ง 3 ลักษณะ ได้ส่งตัวอย่างไปทดสอบที่ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

ขั้นกระบวนการผลิต

โดยทำการผลิตดังภาพที่ 1 คือ เตรียมสารช่วยลดอุณหภูมิในเนื้อเซรามิก ได้จากทาลค์ แคลเซียมคาร์บอเนตและแบเรียมคาร์บอเนต อัตราส่วน 1 : 1 : 1 โมล บดผสมเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส บดให้ละเอียดจะได้สารประกอบ $BaO \cdot CaO \cdot 3MgO \cdot 4SiO_2$ นำสารช่วยลดอุณหภูมิมixedกับเซรามิกเหนียวชนิด (ตารางที่ 1) ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยการผสมวัตถุดิบสองชนิดเข้าหากันบนแกนเส้นตรง (Line Blend) จำนวน 20 อัตราส่วน ผสมให้เข้ากันจากนั้นเพิ่มเติมดินขาวระนอง ร้อยละ 5 บดผสมกับน้ำกลั่น และสารช่วยยึดเกาะ ร้อยละ 0.2 จากนั้นนำไปอบแห้งทำการขึ้นรูปขึ้นทดสอบเป็นทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร ยาว 1.5 เซนติเมตร ด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกแรงอัด 3,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว จากนั้นเผาขึ้นทดสอบที่อุณหภูมิ 1,400 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศเผาไหม้แบบสมบูรณ์ นำขึ้นทดสอบที่ได้ไปตรวจสอบสมบัติของเนื้อเซรามิก



ภาพที่ 1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการผลิตขึ้นทดสอบเนื้อเซอร์คอน

ตารางที่ 1 ร้อยละอัตราส่วนผสมของเนื้อเซอร์คอน

อัตรา ส่วนผสม	เซอร์โคเนียม ซัลเฟต	สารช่วยลด อุณหภูมิ	อัตรา ส่วนผสม	เซอร์โคเนียม ซัลเฟต	สารช่วยลด อุณหภูมิ
1	97.5	2.5	11	72.5	27.5
2	95.0	5.0	12	70.0	30.0
3	92.5	7.5	13	67.5	32.5
4	90.0	10.0	14	65.0	35.0
5	87.5	12.5	15	62.5	37.5
6	85.5	15.0	16	60.0	40.0
7	82.5	17.5	17	57.5	42.5
8	80.0	20.0	18	55.0	45.0
9	77.5	22.5	19	52.5	47.5
10	75.0	25.0	20	50.0	50.0

ขั้นตอนสมบัติของหินทดสอบ

โดยตรวจสอบสมบัติของเนื้อเซอร็อคอน ได้แก่ การหดตัวเชิงปริมาตรตามวิธีการของ (ประจักษ์ สารสิทธิ์, 2543 : 43) ความแข็งโดยเปรียบเทียบกับสมมูลความแข็งของโมส์ การดูดซึมน้ำตามวิธีการของ (Rhodes, 1972 : 200) และความหนาแน่นตามวิธีการของ (Singer, 1974 : 342) คัดเลือกอัตราส่วนผสมที่ผ่านเกณฑ์การทดลองที่ดีที่สุด ไปศึกษาดูโครงสร้างจุลภาค และผลิตภัณฑ์สำหรับงานบดขยี้วัตถุดิบเซรามิกที่กำหนดไว้ คือ ลูกบดเนื้อเซอร็อคอน

ขั้นตอนการใช้ลูกบดเนื้อเซอร็อคอน

โดยนำลูกบดเนื้อเซอร็อคอนที่ผลิตขึ้นไปทดสอบหาความทนต่อการขัดสีตามวิธีการของ (สุรศักดิ์ โกสยพันธ์, 2536 : 48) และนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ผล และสรุปผลการวิจัย

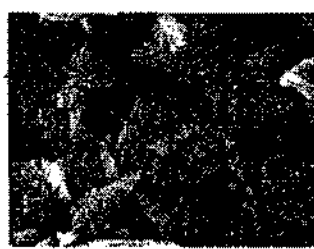
ผลการวิจัย

ขั้นศึกษาสมบัติของวัตถุดิบ

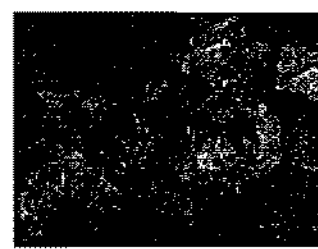
สมบัติของวัตถุดิบมีส่วนประกอบทางเคมี คือ เซอร์โคเนียมซิลิเกตมีส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญ คือ เซอร์โคเนียมออกไซด์ ร้อยละ 60.49 ซิลิกา ร้อยละ 32.42 หัตถ์มีส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญ คือ ซิลิกา ร้อยละ 29.36 แมกนีเซียมออกไซด์ ร้อยละ 36.10 แคลเซียมคาร์บอเนตมีส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญ คือ แคลเซียมออกไซด์ ร้อยละ 73.23 แมกนีเซียมคาร์บอเนตมีส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญ คือ แมกนีเซียมออกไซด์ ร้อยละ 98.06 และดินขาวระนองมีส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญ คือ ซิลิกา ร้อยละ 47.35 อะลูมินา ร้อยละ 38.61 และโพแทสเซียมออกไซด์ ร้อยละ 1.26 นอกจากนี้ยังพบว่า การกระจายขนาดของวัตถุดิบ ได้แก่ เซอร์โคเนียมซิลิเกต หัตถ์ แคลเซียมคาร์บอเนต แมกนีเซียมคาร์บอเนต และดินขาวระนอง มีการกระจายขนาดโดยเฉลี่ย 2.02 , 15.13 , 24.18 , 6.59 และ 13.68 ไมโครเมตร ตามลำดับ และเมื่อนำวัตถุดิบไปตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของวัตถุดิบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แสดงดังภาพที่ 2



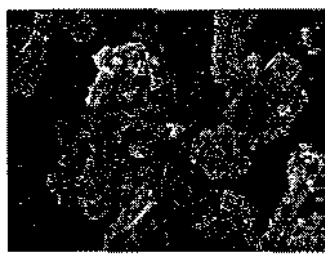
(a)



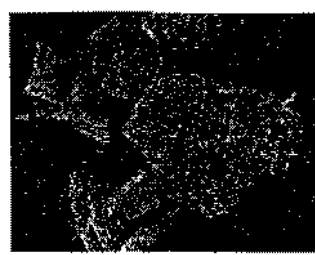
(b)



(c)



(d)



(e)

ภาพที่ 2 โครงสร้างจุลภาคของเซอร์โคเนียนซิลิเกต (a) ทัลค์ (b) แคลเซียมคาร์บอเนต (c) แบเรียมคาร์บอเนต (d) และ ดินขาวระนอง (e) ที่กำลังขยาย 3,500 เท่า

จากภาพที่ 2 พบว่า เซอร์โคเนียนซิลิเกตมีหลายขนาดกระจายปะปนกันโดยขนาดส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 0.1 – 2.2 ไมโครเมตร และมีการกระจายขนาดของอนุภาคดี (ภาพที่ 2(a)) ทัลค์มีหลายขนาดกระจายปะปนกันโดยขนาดของอนุภาคเล็กสุดเล็กกว่า 0.4 ไมโครเมตร ขนาดสูงสุด 14.1 ไมโครเมตร (ภาพที่ 2(b)) แคลเซียมคาร์บอเนตมีหลายขนาดกระจายปะปนกันโดยขนาดของอนุภาคเล็กสุด 0.5 ไมโครเมตร ขนาดสูงสุด 11.3 ไมโครเมตร (ภาพที่ 2(c)) แบเรียมคาร์บอเนตมีหลายขนาดกระจายปะปนกันโดยส่วนใหญ่มีขนาดอนุภาคตามยาวเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.6 – 13.6 ไมโครเมตร (ภาพที่ 2(d)) และดินขาวระนองมีหลายขนาดกระจายปะปนกันโดยมีขนาดสูงสุด 21.4 ไมโครเมตร (ภาพที่ 2(e))

ขั้นกระบวนการผลิต

เมื่อเซิร์คอน ทุกอัตราส่วนผสมสามารถขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดด้วยไฮโดรลิก เมื่อนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,400 องศาเซลเซียส พบว่า อัตราส่วนผสมที่ผ่านการทดสอบ คือ สามารถทนอุณหภูมิได้โดยไม่เปลี่ยนรูปทรง ทั้งหมด 9 อัตราส่วนผสมได้แก่อัตราส่วนที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 ซึ่งใน 9 อัตราส่วนผสมนี้สามารถนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพในขั้นทดสอบสมบัติของขั้นทดสอบได้

ขั้นทดสอบสมบัติของขั้นทดสอบ

นำอัตราส่วนผสม 9 อัตราส่วนผสม ไปทดสอบสมบัติทางกายภาพ และศึกษาโครงสร้างจุลภาค ได้ผลการทดสอบตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สมบัติของชั้นทดสอบเนื้อเซอร์คอน

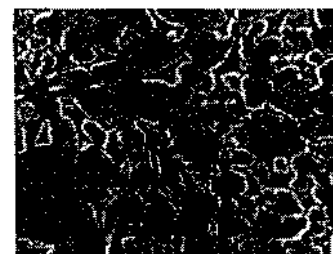
อัตราส่วนผสม	สมบัติของชั้นทดสอบ			
	การหดตัวเชิงปริมาตร (ร้อยละ)	ความแข็ง (ตามมาตรฐานของโมส)	การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	ความหนาแน่น (กรัม/ซม. ³)
1	11.36	7.5	0.10	4.34
2	13.63	7.5	0.04	4.29
3	14.54	7.5	0	4.23
4	15.90	7.5	0	4.19
5	18.18	7.5	0	4.09
6	19.09	7	0	3.99
7	20.45	7	0	3.84
8	22.72	6.5	0	3.78
9	24.09	6.5	0	3.76

จากตารางที่ 2 อัตราส่วนผสมที่สามารถนำไปผลิตเป็นลูกบิดเนื้อเซอร์คอน ได้แก่ อัตราส่วนผสมที่ 3, 4 และ 5 ซึ่งเป็นอัตราส่วนผสมที่มีความแข็งที่สุด และไม่มีการดูดซึมน้ำโดยอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดต่อการผลิตเป็นลูกบิดเนื้อเซอร์คอน ได้แก่อัตราส่วนผสมที่ 3 เนื่องจากมีค่าการหดตัวเชิงปริมาตรต่ำ และค่าความหนาแน่นสูง

โดยผลการตรวจโครงสร้างจุลภาคของชั้นทดสอบโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ในอัตราส่วนผสมที่ 1 ที่ไม่ผ่านเกณฑ์การทดสอบเปรียบเทียบกับอัตราส่วนผสมที่ 3 ซึ่งเป็นอัตราส่วนผสมที่มีความเหมาะสมที่สุดในการนำมาผลิตลูกบิดเนื้อเซอร์คอน แสดงดังภาพที่ 3



(a)



(b)

ภาพที่ 3 โครงสร้างจุลภาคของชั้นทดสอบเนื้อเซอร์คอน อัตราส่วนผสมที่ 1 (a)

เปรียบเทียบกับอัตราส่วนผสมที่ 3 (b) ที่กำลังขยาย 5,000 เท่า



จากภาพที่ 3 พบว่าอัตราส่วนผสมที่ 1 ชั้นทดสอบที่มีการเชื่อมต่อของขอบเกรนไม่ได้มีช่องว่างระหว่างขอบเกรนมาก (ภาพที่ 3(a)) และอัตราส่วนผสมที่ 3 ชั้นทดสอบมีการเชื่อมต่อของขอบเกรนค่อนข้างดีเม็ดเกรนมีขนาดสม่ำเสมอ และมีการกระจายของเกรนที่ดี (ภาพที่ 3(b))

ชั้นทดสอบใช้ผลิตภัณฑ์จากเนื้อเซอร์คอน

ผลการทดสอบความทนต่อการขัดสีปรากฏว่า ผลิตภัณฑ์สำหรับงานบดขยี้วัสดุฟันเซรามิกจากเนื้อเซอร์คอนที่ผลิตเป็นลูกบดสำหรับบดวัสดุฟัน มีความทนต่อการขัดสี ร้อยละ 0.05 แสดงว่าลูกบดเนื้อเซอร์คอนที่ผลิตขึ้นนั้น สามารถทนต่อการขัดสีได้ดีเพราะเนื้อของผลิตภัณฑ์มีการสึกกร่อนน้อย จึงสามารถนำลูกบดเนื้อเซอร์คอนไปใช้งานด้านเซรามิก ได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยลูกบดเนื้อเซอร์คอนที่ผลิตขึ้น แสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ตัวอย่างลูกบดเนื้อเซอร์คอนที่ผลิตขึ้น

อภิปรายผล

ขั้นศึกษาสมบัติของวัสดุฟัน ได้ผลตามตารางที่ 3
ตารางที่ 3 แสดงส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญของวัสดุฟัน

วัสดุฟัน (ร้อยละ)	ส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญของวัสดุฟัน						
	ZrO ₂	SiO ₂	MgO	CaO	BaO	K ₂ O	Al ₂ O ₃
เซอโรโคเนียมซิติโคต	60.49	32.42	N/D	<0.01	N/D	N/D	0.02
ทัลค์	N/D	29.36	36.10	0.36	N/D	N/D	<0.01
แคลเซียมคาร์บอเนต	N/D	0.38	0.42	73.23	N/D	N/D	0.16
แบเรียมคาร์บอเนต	N/D	<0.01	N/D	<0.01	98.06	N/D	N/D
ดินขาวระนอง	<0.01	47.35	<0.01	<0.01	N/D	1.26	38.61

หมายเหตุ N/D = Not detectable



จากตารางที่ 3 สามารถอภิปรายผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญของวัตถุดิบควบคู่ไปกับการกระจายขนาดของวัตถุดิบและการตรวจดูโครงสร้างจุลภาคของวัตถุดิบได้ดังนี้

1. เซอร์โคเนียมซิลิเกต พบว่า มีส่วนประกอบสำคัญ คือ เซอร์โคเนียมออกไซด์ ร้อยละ 60.49 และซิลิกา ร้อยละ 32.42 สอดคล้องกับ (โพจิตร อังศิริวัฒน์, 2541 : 84) กล่าวว่า โดยทั่วไปเซอร์โคเนียมซิลิเกตจะพบเซอร์โคเนียมออกไซด์ ร้อยละ 55 – 65 และซิลิกา ร้อยละ 30 ซึ่งซิลิกาที่วิเคราะห์ได้ยังมีผลใกล้เคียงกับผลวิเคราะห์ทางเคมีของ บริษัท ไทย จำกัด (ม.ป.ป.) ที่แสดงว่า เซอร์โคเนียมซิลิเกตมีซิลิกาอยู่ร้อยละ 32.50 และมีขนาดเฉลี่ย 2.02 ไมโครเมตร ซึ่งจัดเป็นวัตถุดิบที่มีความละเอียดสูง มีความละเอียดมากกว่าตะแกรงขนาด 400 เมช จึงจัดเป็นวัตถุดิบที่มีความละเอียดมากในงานเซรามิก และมีการกระจายขนาดที่ดี

2. ทัลค์ พบว่า มีส่วนประกอบสำคัญ คือ ซิลิกา ร้อยละ 29.36 และ แมกนีเซียมออกไซด์ ร้อยละ 36.10 มีการกระจายขนาดที่ดีมีขนาดเฉลี่ย 15.13 ไมโครเมตร ซึ่งมีความละเอียดมากกว่าตะแกรงขนาด 400 เมช สอดคล้องกับข้อมูลของ บริษัท พุนทรัพย์มาร์เก็ตติ้ง จำกัด (ม.ป.ป.) ที่แจ้งว่า ทัลค์มีความละเอียดมากพอที่จะสามารถผ่านตะแกรงขนาด 325 เมชได้ถึง 99 เปอร์เซ็นต์ แต่มีค่าการสูญเสียระหว่างการวิเคราะห์น้อยกว่าร้อยละ 33.15 ซึ่งเป็นค่าที่สูงมาก อาจเนื่องมาจากการจัดเก็บเพราะทัลค์มีสมบัติในการดูดความชื้นได้ดี

3. แคลเซียมคาร์บอเนต พบว่า มีส่วนประกอบสำคัญ คือ แคลเซียมออกไซด์ ร้อยละ 73.23 มีขนาดเฉลี่ย 24.18 ไมโครเมตร ซึ่งใกล้เคียงกับข้อมูลของ บริษัท พุนทรัพย์มาร์เก็ตติ้ง จำกัด (ม.ป.ป.) ที่แจ้งว่า แคลเซียมคาร์บอเนตต้องมีขนาดเฉลี่ยไม่สูงกว่า 25 ไมโครเมตร

4. แบเรียมคาร์บอเนต พบว่า มีแบเรียมออกไซด์ ร้อยละ 98.06 ซึ่งใกล้เคียงกับผลวิเคราะห์ทางเคมีของ บริษัท พุนทรัพย์มาร์เก็ตติ้ง จำกัด (ม.ป.ป.) ที่แสดงว่า มีแบเรียมออกไซด์ ร้อยละ 99.20 และมีขนาดเฉลี่ย 6.59 ไมโครเมตร และมีการกระจายขนาดที่ดี

5. ดินขาวระนอง พบว่า มีส่วนประกอบสำคัญ คือ ซิลิกา ร้อยละ 47.35 และอะลูมินา ร้อยละ 38.61 ซึ่งใกล้เคียงกับผลวิเคราะห์ทางเคมีของ บริษัท เอ็ม อา ดี จำกัด (ม.ป.ป.) ที่แสดงว่า ดินขาวระนองมี ซิลิกา ร้อยละ 46.80 และอะลูมินา ร้อยละ 37.50 และมีขนาดเฉลี่ยตรงตามข้อมูลของบริษัท คือ 13.68 ไมโครเมตร ขนาดของอนุภาคส่วนใหญ่จะจับตัวรวมกัน

ขั้นตอนกระบวนการผลิต

การบดผสมวัตถุดิบแบบบดผสมเปียก จำเป็นต้องใช้สารช่วยกระจายลอยตัวเพื่อให้เซอร์โคเนียมซิลิเกตกระจายลอยตัวอยู่ได้ และช่วยให้ผสมกับวัตถุดิบชนิดอื่นได้ดี (ปริดา พิมพ์ขาวขำ, 2539 : 155) กล่าวว่า โซเดียมคาร์บอเนตซีเมตทิลเซลลูโลส เป็นสารช่วยเซอร์โคเนียมออกไซด์ให้ลอยตัว ผู้วิจัยจึงเลือกใช้โซเดียมคาร์บอเนตซีเมตทิลเซลลูโลสช่วยในการกระจายลอยตัวซึ่งการทดลองก็ให้ผลดีมาก และยังสามารถช่วยเป็นสารยึดเกาะในการขึ้นรูปอีกด้วย โดยชาร์เตอร์ (Chartier *et al.* 1995 : 1787) กล่าวว่า สารช่วยกระจาย



ลอยตัวในน้ำสลิป ปริมาณที่ใช้ควรอยู่ในช่วงร้อยละ 0.05 – 0.20 สอดคล้องกับการวิจัยนี้ซึ่งใช้สารช่วยกระจายลอยตัว ร้อยละ 0.20 ในการบดวัตถุดิบแบบเปียก

ขั้นตอนทดสอบสมบัติของชิ้นทดสอบ

โดยทั้งหมด 20 อัตราส่วนผสม มีอัตราส่วนผสมที่คงรูปอยู่ได้โดยไม่เปลี่ยนรูปร่างหลังผ่านการเผาทั้งหมด 9 อัตราส่วนผสม คืออัตราส่วนผสมที่ 1 ถึง 9 เมื่อนำไปทดสอบสมบัติ พบว่า ค่าการหดตัวเชิงปริมาตรมากที่สุด คือ ร้อยละ 24.09 น้อยที่สุด คือ ร้อยละ 11.36 ค่าความแข็งมากที่สุด คือ 7.5 (ตามมาตรฐานของโมส) น้อยที่สุด คือ 6.5 (ตามมาตรฐานของโมส) ค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุด คือ ร้อยละ 0.10 น้อยที่สุด คือ ไม่มีการดูดซึมน้ำ ค่าความหนาแน่นมากที่สุด คือ 4.34 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และน้อยที่สุด คือ 3.76 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

จากข้อมูลข้างต้นสามารถอภิปรายผลได้ว่า ค่าการหดตัวเชิงปริมาตรมากพอสมควรเกิดขึ้นได้ เพราะในการขึ้นรูปใช้วิธีการอัดแบบด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปไฮโดรลิกแรงอัด 3,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยมีความชื้นในการขึ้นรูปน้อยมากเนื่องจากเป็นวัตถุดิบผงทำให้ไม่มีน้ำในกระบวนการขึ้นรูป ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการหดตัวอีกทั้งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตมีความละเอียดสูง จึงทำให้เกิดการเรียงตัวของอนุภาควัตถุดิบได้ดีและมีรูพรุนขนาดเล็ก ในขณะที่เวลาที่ถูกกักในรูพรุนเปิดจะสลายออกไปจึงทำให้เกิดการหดตัว เมื่อผลิตภัณฑ์มีรูพรุนน้อยก็จะทำให้เกิดความหนาแน่นสูงด้วยซึ่ง (กุลจิรา สุจิโรจน์ และคณะ, 2545 : 41) กล่าวว่า ถ้าเวลาที่ถูกกักอยู่ในรูพรุนปิดจะเป็นตัวจำกัดการหดตัวของรูพรุน ถ้าถ้าเวลานั้นไม่สามารถสลายตัวออกจากรูพรุนได้ การขยายตัวของเกรนก็จะถูกยับยั้งได้ถ้ามีการเติมสารเติมที่ที่เหมาะสม จากข้อความนี้แสดงว่า หากผลิตภัณฑ์ที่นำไปเผามีรูพรุนแบบปิด และก๊าซในรูพรุนไม่สลายออกไปจะทำให้เกิดการหดตัวน้อย และมีขนาดของเกรนที่เหมาะสม โดยลักษณะนี้สามารถมองภาพได้จากการถ่ายรูปด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เพื่อศึกษาโครงสร้างจุลภาคของชิ้นทดสอบ ซึ่งชิ้นทดสอบที่ถ่ายรูปไว้มีรูพรุนขนาดเล็ก และมีเกรนที่ไม่ใหญ่มากเนื่องจากการเลือกใช้สารช่วยลดอุณหภูมิที่เหมาะสม ส่วนค่าความแข็งที่สูงได้ตามมาตรฐานที่กำหนดนั้นสอดคล้องกับ (โกมล รัชย์วงศ์, 2531 : 174) กล่าวว่า เนื้อเซอร์คอน หากผ่านการเผาที่อุณหภูมิสูงจะทำให้มีค่าความแข็งแรงสูง และเมื่ออุณหภูมิของตัวแปรจะ พบว่า ค่าความแข็งสูง ค่าความหนาแน่นก็สูงด้วย ดังนั้นค่าความหนาแน่นของเนื้อเซอร์คอนที่ได้จากการวิจัยมีค่าที่ค่อนข้างสูงนั้นทำให้สอดคล้องกับ รีด (Reed, 1989 : 261) ที่กล่าวว่า ลูกบดเนื้อเซอร์คอนมีค่าความหนาแน่นอย่างน้อย 3.7 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ผลการวิจัยครั้งนี้จึงสามารถทดสอบอัตราส่วนผสมของเนื้อเซอร์คอนที่สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานกำหนด และสามารถนำไปผลิตเป็นลูกบดเนื้อเซอร์คอนได้ โดยอัตราส่วนผสมเนื้อเซอร์คอนที่เหมาะสมต่อการผลิตลูกบดคืออัตราส่วนผสมที่ 3 ซึ่งแสดงสมบัติของชิ้นทดสอบเนื้อเซอร์คอนตามตารางที่ 4



ตารางที่ 4 สมบัติของหินทดสอบเนื้อเซอรคอนัตร้าส่วนผสมที่ 3

การหดตัวเชิงปริมาตร (ร้อยละ)	ความแข็งแรง (ตามมาตรฐานของโมส์)	การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	ความหนาแน่น (กรัม/ซม. ³)
14.54	7.5	0	4.23

จากตารางที่ 4 พบว่า อัตราส่วนผสมที่ 3 มีค่าการหดตัวเชิงปริมาตรร้อยละ 14.54 ความแข็งแรง 7.5 ตามมาตรฐานของโมส์ มีการดูดซึมน้ำ และมีความหนาแน่น 4.23 กรัม/ซม.³

โดยอัตราส่วนผสมเนื้อเซอรคอนที่เลือกใช้ผลิตลูกบดเนื้อเซอรคอน ได้แก่ อัตราส่วนผสมที่ 3 ประกอบไปด้วยวัตถุดิบ คือ เซอร์โคเนียมซิลิเกต ร้อยละ 92.5 สารช่วยลดอุณหภูมิ ร้อยละ 7.5 เพิ่มดินดินขาวระนอง ร้อยละ 5 มีจุดศูนย์กลางในการเผาที่อุณหภูมิ 1,400 องศาเซลเซียส

ขั้นตอนการใช้งานลูกบดจากเนื้อเซอรคอน

นำผลิตภัณฑ์จากเนื้อเซอรคอนที่ผลิตขึ้นเป็นลูกบดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร ยาว 1.5 เซนติเมตร ด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิกแรงอัด 3,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ไปทดสอบการขัดสีปรากฏว่า ลูกบดเนื้อเซอรคอนมีความทนต่อการขัดสีที่ดี คือ มีความทนต่อการขัดสี ร้อยละ 0.05 โดยลูกบดตัววัตถุดิบมีการสึกกร่อนน้อยเพียง 0.04 กรัม

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1.1 การนำผลการวิจัยนี้ไปใช้ จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการทดลองอัตราส่วนผสมใหม่อีกครั้ง เนื่องจากวัตถุดิบแต่ละแหล่งมีสมบัติ และส่วนประกอบของแร่ธาตุต่าง ๆ แตกต่างกัน ผลที่ได้อาจ ไม่เหมือนกัน

1.2 การนำวัตถุดิบมาใช้ในการวิจัยแต่ละครั้ง ควรมีการควบคุมความชื้นของวัตถุดิบให้อยู่ในระดับที่สามารถรับได้ในการวิจัย

1.3 แบบพิมพ์ที่นำมาใช้ในการขึ้นรูปต้องมีความแข็งแรงสูง และมีผิวของแบบพิมพ์ที่เรียบมาก

1.4 การขึ้นรูปของผลิตภัณฑ์มีหลายวิธี ควรเลือกให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ที่จะผลิตขึ้น

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาวิจัยวัตถุดิบจากแหล่งอื่น ๆ ที่มีภายในประเทศมาทดลองเพื่อช่วยลดต้นทุนในการผลิต

2.2 ควรศึกษาวิจัยวัตถุดิบชนิดอื่นที่นำมาผลิตสารช่วยลดอุณหภูมิที่จะนำมาใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับบดย่อยวัสดุเซรามิกจากเนื้อเซอรคอน



2.3 ควรศึกษาสารช่วยยัดเกาะ สารช่วยกระจายลอยตัว และสารหล่อลื่นที่ช่วยในการขึ้นรูป
หลาย ๆ ชนิดเพื่อให้เหมาะสมกับการขึ้นรูปชนิดต่าง ๆ

บรรณานุกรม

- กุลจิรา สุจิโรจน์ และคณะ. (2545). การผลิตเซรามิกโดยการอัดแบบ. กรุงเทพฯ : ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวง วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี.
- โกมล รักษ์วงศ์. (2531). วัตถุดิบที่ใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผาและเนื้อดินปั้น. กรุงเทพฯ : ภาควิชาช่างปั้นดินเผา คณะวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ วิทยาลัยครูพระนคร.
- คณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ, สำนักงาน. (2543). วาระการวิจัยแห่งชาติในวาระวิกฤตเพื่อฟื้นฟูชาติ. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี.
- ประจักษ์ สาทิทธิ. (2542). เนื้อดินปั้น 2. นครศรีธรรมราช : คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏนครศรีธรรมราช.
- ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. (2539). เซรามิกส์. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พูนทรัพย์มาร์เกิดตั้ง จำกัด, บริษัท. (ม.ป.ป.). ผลวิเคราะห์ทางเคมี. กรุงเทพฯ.
- ไพจิตร อังศิริวัฒน์. (2541). เนื้อดินเซรามิก. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- บงไทย จำกัด(มหาชน), บริษัท. (ม.ป.ป.). ผลวิเคราะห์ทางเคมี. กรุงเทพฯ.
- สมนึก ศิริสุนทร และกุลจิรา สุจิโรจน์. (2539). "เซรามิกแนวใหม่ : บทเรียนและความสำเร็จ". วารสารเพื่อการพัฒนาเทคโนโลยีและวัสดุ. (ปีที่ 4 หน้า 70 - 73).
- สุรศักดิ์ โกสียพันธ์. (2436). การผลิตแผ่นรองรับอุณหภูมิสำหรับใช้งานไมโครอิเล็กทรอนิกส์. กรุงเทพมหานคร : วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เอ็ม ชาร์ ดี จำกัด, บริษัท. (ม.ป.ป.). ผลวิเคราะห์ทางเคมี. กรุงเทพฯ.
- Reed, James S. (1989). *Introduction to The Principles of Ceramic Processing*. New York.
- Rhodes, Deniel. (1972). *Clay and Glazer for The Potter*. London : Pitmane Publishing Company
- Thierry Chartier, Marc Ferrato and Jean F. Baumard. (1995). "Supercritical Debinding of Injection Molted Ceramic". *Journal of American Ceramics Society*. 47 (78) : 1789.
- Singer, Felix and Sonja S. (1974). *Industrial Ceramics*. London : Chaman and Hall Ltd.



รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิประจำวารสาร
ปีที่ 5 ฉบับที่ 2

- | | |
|-------------------------------------|-----------------|
| 1. ศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ | เจริญวงศ์ศักดิ์ |
| 2. ศาสตราจารย์ ดร.จำนง | อดิวัฒนสิทธิ์ |
| 3. รองศาสตราจารย์ ดร.สำราญ | มีแจ้ง |
| 4. รองศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ | เชาวลิต |
| 5. รองศาสตราจารย์ ดร.สุทธินันท์ | พรหมสุวรรณ |
| 6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชิษณุทัศน์ | บันลือโชคชัย |
| 7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คูหาทัย | พงษ์เก่า คะชีมา |
| 8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริธน์ว | เจียมศิริเลิศ |
| 9. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ โอภาส | ปัญญา |
| 10. ดร.ผดุงชัย | ภูพัฒน์ |
| 11. ดร.ราชันย์ | บุญธิมา |
| 12. ดร.วาสนา | วิวัฒน์โยสินทร์ |
| 13. ดร.ณิรนุช | กวรเชิดชู |

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิประจำวารสาร

- | | |
|---|--|
| <p>1. ศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์</p> <p>2. ศาสตราจารย์ ดร.จงรัก ผลิตประเสริฐ</p> <p>3. ศาสตราจารย์ ดร.ชำนาญ อติวัฒนศิริ</p> <p>4. ศาสตราจารย์ ดร.ศิริกมล ปัทมศิริวัฒน์</p> <p>5. ศาสตราจารย์ประดิษฐ์ พงษ์ทองคำ</p> <p>6. ศาสตราจารย์ ดร.เดียน คำดี</p> <p>7. ศาสตราจารย์ ดร.ธรรมศักดิ์ สมมาตรย์</p> <p>8. ศาสตราจารย์ ดร.พิชิต พิทักษ์เทพสมบัติ</p> <p>9. ศาสตราจารย์ ดร.นิยะดา เหล่าสุนทร</p> <p>10. ศาสตราจารย์ ดร.วิลาศ วุวงศ์</p> <p>11. ศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ ธรรมพญา</p> <p>12. ศาสตราจารย์ ดร.สายัณห์ ทัดศรี</p> <p>13. ศาสตราจารย์ ดร.สมหวัง พิธิยานุวัฒน์</p> <p>14. ศาสตราจารย์ ดร.สุวิไล เปรมศรีรัตน์</p> <p>15. ศาสตราจารย์ ดร.สุรินทร์ ปิยะโชติณกุล</p> <p>16. ศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ วิสาธนากร</p> <p>17. ศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี</p> <p>18. ศาสตราจารย์ ดร.อรุณพล นุ่มหอม</p> <p>19. ศาสตราจารย์ ดร.อรอนงค์ นัยวิกุล</p> <p>20. ศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ เจริญชัย</p> <p>21. ศาสตราจารย์ ดร.อุทุมพร จามรมาน</p> <p>22. ศาสตราจารย์ ดร.อัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ</p> <p>23. Prof. Sudip K Rakshit</p> <p>24. รองศาสตราจารย์กนิษฐ อื้อเชื้อชาวญิก</p> <p>25. รองศาสตราจารย์ ดร.คมเพชร ฉัตรสุกกุล</p> <p>26. รองศาสตราจารย์ฉันทนา เอี่ยมสุกุล</p> <p>27. รองศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรภา พรหมมา</p> <p>28. รองศาสตราจารย์ ดร.พิรเดช ทองอำไพ</p> <p>29. รองศาสตราจารย์ ดร.พรศรี ชัยรัตนายุทธ์</p> <p>30. รองศาสตราจารย์นิสา ชัยกุล</p> | <p>31. รองศาสตราจารย์ ดร.ปราโมช รังสรรค์วิจิตร</p> <p>32. รองศาสตราจารย์ ดร.ประจักษ์ ศกุนตะลักษณ์</p> <p>33. รองศาสตราจารย์ ดร.ประเวทย์ ดุ้ยเต็มวงศ์</p> <p>34. รองศาสตราจารย์ ดร.ราณี อธิชัยกุล</p> <p>35. รองศาสตราจารย์ ดร.วุฒิชัย นาครักษา</p> <p>36. รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย ประพุทธินิติสาร</p> <p>37. รองศาสตราจารย์ ดร.สำราญ มีนัง</p> <p>38. รองศาสตราจารย์ ดร.สมนึก วงศ์ทอง</p> <p>39. รองศาสตราจารย์ ดร.สุทินันท์ พรหมสุวรรณ</p> <p>40. รองศาสตราจารย์ ดร.สุธีระ ประเสริฐสร</p> <p>41. รองศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ ชาวาลิต</p> <p>42. รองศาสตราจารย์จรินทร์ เทศวานิช</p> <p>43. รองศาสตราจารย์สุณีย์ ศิลพิพัฒน์</p> <p>44. รองศาสตราจารย์สุวิทย์ รัตนันท์</p> <p>45. รองศาสตราจารย์สุรพันธ์ อัมม่น</p> <p>46. รองศาสตราจารย์เสาวภา พรสิริพงษ์</p> <p>47. รองศาสตราจารย์ ดร.อนุวัฒน์ ศิริวัฒน์</p> <p>48. Assoc. Prof. Mousa M. Nazhad</p> <p>49. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขจิกรัส ภิรมย์ธรรมศิริ</p> <p>50. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราวุธ แหมมแสง</p> <p>51. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นฤมล นันทรักษ์</p> <p>52. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทวีศักดิ์ มณีโชติ</p> <p>53. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระชัย ธนนันต์</p> <p>54. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปราโมทย์ ธรรมรัตน์</p> <p>55. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พยุ่ง มีตั้ง</p> <p>56. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รังฤดี สุนทรมณี</p> <p>57. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุริสลักษณ์ ไกรสุวรรณ</p> <p>58. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริสิน ชุมรม</p> <p>59. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยวุฒิศักดิ์ บันลือโชคชัย</p> <p>60. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ นิตยสุวัฒน์</p> |
|---|--|

(มีต่อด้านหลัง)

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิประจำวารสาร

- | | |
|--|---------------------------------|
| 61. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญพิศ บุษารธรรม | 73. ดร.ผดุงชัย ภูพัฒน์ |
| 62. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เคชาวุธ จารุตามระ | 74. ดร.รุ่งนภา ก่อประสิทธิ์สกุล |
| 63. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โอภาส ปัญญา | 75. ดร.ชำนาญ ปิยวนิชพงษ์ |
| 64. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาวรณ์ โอภาสพัฒนกิจ | 76. ดร.ราชันย์ บุญธิมา |
| 65. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์ระวี ไรจน์รุ่งสัคย์ | 77. ดร.วาสนา วิรัตน์โยสินทร์ |
| 66. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คุณหทัย พงษ์เก่ากะชีมา | 78. ดร.ณัฐวัฒน์ ชูหารรัตน์ |
| 67. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริธินันท์ เขื่อนศิริเลิศ | 79. ดร.อโนทัย ชลชาติภิญโญ |
| 68. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นค.ดร.สัณชัย พัฒนสิทธิ์ | 80. ดร.หุชนันท์ มงคลพิทักษ์สุข |
| 69. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เกษม พุกกะวัน | 81. ดร.ณิรนาถ ควเรชิตชู |
| 70. ดร.ดิเรก วรรณเชียร | 82. ดร.ชนิตา จิตตฤทธะ |
| 70. ดร.ทวีศิลป์ กุลนาคดล | 83. Mr. John R. Nielson |
| 71. ดร.ธราธร ทิระจตุติ | 84. Mr. Daniel E. Guiney |
| 72. ดร.ปฎิพันธ์ ทวนทอง | |