Dissertation Title	The Development of Ovenware Body for Ceramics Tableware
Dissertation Credits	36
Candidate	Mr. Suraphan Rattanavadi
Dissertation Advisors	Dr. Nandh Thavarungkul
	Dr. Lada Punsukumtana
Program	Doctor of Engineering
Field of Study	Integrated Product Design and Manufacturing
Division	Materials Technology
Faculty	School of Energy, Environment and Materials
Academic Year	2013

Abstract

This work was inspired by intense competition conditions of tableware ceramics industry and low competitive capacity of SMEs in Thailand. Customer needs, marketing gaps and trends, and major competitor information of tableware ceramics were gathered, studied, analyzed, and subsequently evaluated. Ovenware ceramics body showed potential for increasing competitiveness. This research was thus aimed to develop clay body for the ovenware ceramics with the concept of employing existing technology and local raw materials. The ovenware ceramic body must comprise cordierite as a major phase to make thermal shock resistance, in accordance with JIS S 2400, over 290°C possible. Raw materials used to obtain the cordierite structure in this study were commercial grade raw materials (C), rice husk ash (R), or sludge cake from aluminum scrap and dross recycling industry (Aw). Prototypes clay body was formulated applying $MgO\text{-}2Al_2O_3\text{-}SiO_2$ phase diagram. The final formulation of C-type clay body consisted of Alumina 9.71 %, Kaolin 30.94 %, Ball clay 30.94 %, Talc 28.41 % by weight and spodumene 15 parts per hundred. The C-type clay body was slip casted after 5 hours of wet ball milling, and sintered at 1250 °C. The specimen with cordierite composites crystal structure could stand thermal shock resistance temperature higher than 290 °C. It had firing shrinkage, water absorption, and linear expansion co-efficient (COE) values of 13.42%, 0.05%, and 3.52 $x10^{-6}°C^{-1}$, respectively. A trial product, eight-inch diameter bowl, made from the C-type clay body could stand thermal shock resistance temperature higher than 290 °C.

R-type clay body showed no potential for ovenware ceramics under the same conditions of the C-type clay body. Aw-type clay body showed better properties than those of C-type clay body. The optimum proportions comprised Aw-type clay body were Alumina 21.31%, Kaolin 20.74%, Ball clay 20.74%, and Talc 37.22% by weight. Specimens were prepared applying powdered-clay compaction technique after 5 hours dry ball milling and sintered at 1325 °C. Cordierite composites crystal structure in the Aw-type clay body allowed the prototype to have thermal shock resistance temperature higher than 290 °C. The Aw-type clay body also provided firing shrinkage, water absorption, and linear expansion co-efficient (COE) values of 14.52%, 8.67%, and 3.95 $x10^{-6}°C^{-1}$, respectively. Alumina from Aw was proven beneficial for ovenware ceramics in terms of import substitution or self-sufficiency, cost saving, and environment-friendly source.

Keywords: Ovenware ceramics/Thermal shock resistance/Cordierite composites/ Industry-waste raw materials.

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาการพัฒนาเนื้อดินที่ใช้กับเตาอบสำหรับผลิตเครื่องใช้บนโต๊ะอาหารเซรามิก
หน่วยกิต	36
ผู้เขียน	นายสุรพันธุ์ รัตนาวะดี
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. นันทน์ ถาวรังกูร
	ดร. ลดา พันธ์สุขุมธนา
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชา	การออกแบบและผลิตแบบบูรณาการ
สายวิชา	เทคโนโลยีวัสดุ
คณะ	พลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
ปีการศึกษา	2556

บทคัดย่อ

จากสภาวะการแข่งขันที่รุนแรงของอุตสาหกรรมเครื่องใช้บนโต๊ะอาหารเซรามิก ประกอบกับความสามารถในการแข่งขันของ SMEs ที่มีอยู่น้อย และจากการประเมินผลจากข้อมูลความต้องการของลูกค้า, ช่องว่างทางการตลาด, แนวโน้ม และข้อมูลของคู่แข่งที่สำคัญของอุตสาหกรรม พบว่าการพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิคสำหรับเตาอบ (Ovenware) สามารถช่วยยกระดับการแข่งขันได้ งานวิจัยชิ้นนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่พัฒนา Ovenware เซรามิกที่เป็นวัสดุผสมคลอเดียร์ไรท์ ที่สมบัติต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลันได้สูงกว่า 290 ˚C ตามมาตรฐาน JIS S2004 วัตถุดิบที่ใช้ในการสังเคราะห์ได้แก่ 1) วัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก (C) 2) เถ้าแกลบ (R) และ 3) ดินตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียในอุตสาหกรรมหลอมหล่อเศษอลูมิเนียม (Aw) โดยใช้สูตร $MgO\text{-}2Al_2O_3\text{-}SiO_2$ พบว่าสูตรดิน C มีส่วนผสมของ อลูมินา 9.71% เกาลิน 30.94% ดินดำ 30.94% และทัลก์ 28.41% (โดยน้ำหนัก) และเติม สปอดูมีน เข้าไปอีก 15% โดยน้ำหนักรวม บดเปียก 5 ชั่วโมง ขึ้นรูปด้วยการหล่อแบบ และเผาผนึกที่ 1250 ˚C มีโครงสร้างของคอร์เดียไรท์ เป็นโครงสร้างหลัก ประกอบกับโครงสร้างอื่น ๆ สามารถทนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลันได้สูงกว่า 290 ˚C มีค่าการหดตัวหลังเผา 13.42% ค่าการดูดซึมน้ำ 0.05% และค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อร้อน 3.52 $x10^{-6}$˚C^{-1} เมื่อนำไปทดลองขึ้นรูปเป็นภาชนะต้นแบบ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้ว พบว่าสามารถทนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลันได้สูงกว่า 290 ˚C

และยังพบว่าสูตรดิน R มีสมบัติดังกล่าวไม่ดีไปกว่าสูตรดิน C แต่ในทางตรงกันข้ามพบว่า สูตรดิน Aw มีสมบัติที่ดีกว่าสูตรดิน C ในทุก ๆ ด้าน โดยมีส่วนผสมของอลูมิน่าจากอุตสาหกรรมหล่อหลอม

เศษตะกอนอลูมิเนียม 21.31% เกาลิน 20.74% ดินดำ 20.74% และทัลก์ 37.22% โดยน้ำหนักบดแห้ง 5 ชั่วโมง ขึ้นรูปด้วยเครื่องขึ้นรูปไฮดรอลิกและเผาผนึกที่อุณหภูมิ 1325 ˚C ได้เนื้อดินที่มีโครงสร้างเป็นวัสดุผสมคลอเดียร์ไรท์ สามารถทนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลันได้สูงกว่า 290 ˚C มีค่าการหดตัวหลังเผาที่ 14.52% ค่าการดูดซึมที่ 8.67% และค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อร้อน $3.95x10^{-6}°C^{-1}$ สามารถสรุปได้ว่าอลูมิน่าจากการนำดินตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียในอุตสาหกรรมการหล่อหลอมเศษตะกอนอลูมิเนียมมีประโยชน์กับอุตสาหกรรมเครื่องใช้บนโต๊ะอาหารเซรามิกประเภทใช้กับเตาอบในแง่ของความยั่งยืน สามารถพึ่งพาตนเองได้ ลดต้นทุน และการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: เครื่องใช้บนโต๊ะอาหารเซรามิกประเภทใช้เตาอบ/การทนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลัน/วัสดุผสมคลอเดียร์ไรท์/วัตถุดิบจากการนำขยะอุตสาหกรรมกลับมาใช้ใหม่