

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้กากอนินทรีย์เป็นวัตถุดิบในการผลิตแก้วโมเสกเทมเปอร์
ผู้เขียน	นายอนุพงศ์ บัวผิน
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. วรพงษ์ เทียมสอน

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการเตรียมแก้วโมเสกจากกากของเสียอนินทรีย์ 3 ชนิด ได้แก่ กากซิลิกาจากการสกัดแร่สังกะสีร้อยละ 50-70 โดยน้ำหนัก ตะกรันเหล็กร้อยละ 10-30 โดยน้ำหนัก และเศษแก้วใสโซดาไฟร้อยละ 10-30 โดยน้ำหนัก และพัฒนาความแข็งแรงของแก้วโมเสกด้วยกระบวนการเทมเปอร์ โดยทำการหลอมที่อุณหภูมิ 1400 องศาเซลเซียสด้วยอัตราเผา 10 องศาเซลเซียสต่อนาทีในเตาไฟฟ้า เเผาแช่ไฟเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นเทน้ำแก้วเหลวลงในน้ำได้เป็นฟริต แล้วนำฟริตที่ได้ไปหลอมซ้ำที่สภาวะเดิม ทำการขึ้นรูปด้วยวิธีเทน้ำแก้วเหลวลงในแบบพิมพ์โลหะไร้สนิมขนาด $5 \times 5 \times 0.5$ เซนติเมตร และอบแก้วที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสในเตาไฟฟ้า เป็นเวลา 20 นาทีแล้ว แล้วปล่อยให้เย็นตัวในเตา ในการติดตามผลขององค์ประกอบต่อพฤติกรรมของแก้วโมเสกได้ทำการศึกษาโครงสร้างของแก้วโมเสกด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันด้วยการดูดกลืนรังสีอินฟราเรด และรามานสเปกโตรสโคปี จากนั้นทำการทดสอบสมบัติเชิงกล แสง ความร้อนและเคมี ได้แก่ ความหนาแน่นรวม ความมันวาว ความต้านทานการขีดสี ความแข็งแรงตบกระทบ ความแข็งจุลภาคของผิวแก้ว สี การส่องผ่านของแสง อุณหภูมิเสถียร อุณหภูมิแปรเปลี่ยนสภาพแก้ว อุณหภูมิอ่อนตัว สัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องด้วยความร้อน ความหนืดที่ช่วงอุณหภูมิ 680-720 องศาเซลเซียส การชะโลหะมีพิษ ความทนต่อการกัดและด่าง ผลการทดลองพบว่า แก้วโมเสกที่อัตราส่วนกากซิลิกาจากการสกัดแร่สังกะสีร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก ตะกรันเหล็กร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก และเศษแก้วใสโซดาไฟร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก (ส่วนผสมแก้วที่เลือก) หลอมตัวและไหลตัวดี มีความเป็นมาตรฐานด้วยการปรากฏฟลักกว้างเพียงหนึ่งฟลักของแถบการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ การวิเคราะห์โครงสร้างพบว่า แก้วโมเสกมีโครงสร้างหลักประกอบด้วยหน่วยซิลิกอนเตตระไฮไดร [SiO₄], สายโซ่ยึดตัวแบบไม่สมมาตร (Si-O-Si) พันธะโคเวเลนต์ของออกซิเจนเชื่อมต่อ (Si-O⁻) และพันธะไอออนิกของออกซิเจนที่ไม่ได้เชื่อมต่อ (Si-O⁻) แบบสั้นยึดตัว แก้วโมเสกมีความหนาแน่นรวม 2.76 กรัมต่อ

ลูกบาศก์เซนติเมตร ความมันวาว 96 GU ความต้านทานการขัดสีน้อยกว่าร้อยละ 0.027 โดยน้ำหนัก ความแข็งจุลภาคของผิวแก้ว 749.70 HV สีนํ้าตาลเข้ม การส่องผ่านของแสง 2.5 ต่อเซนติเมตร อุณหภูมิเสถียร 590 องศาเซลเซียส อุณหภูมิแปรเปลี่ยนสภาพแก้ว 704 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอ่อนตัว 747 องศาเซลเซียส สัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องด้วยความร้อน 7.72×10^{-6} ต่อองศาเซลเซียส ความหนืดที่อุณหภูมิ 680 องศาเซลเซียสเป็น $10^{13.50}$ ปาสคาล-วินาที มีความทนต่อการชะและสารละลายกรด-ด่าง โดยโครงสร้างแก้วมีระดับของการเป็นสายโซ่ยาวและพันธะโควาเลนต์เพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของกลุ่มออกไซด์ที่ทำให้โครงสร้างแก้ว (ซิลิกา และอะลูมินา) จากการเพิ่มปริมาณของตะกั่วหนัก ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ความแข็งจุลภาคที่ผิวแก้ว ความต้านทานการขัดสี ความแข็งด้วยแรงตกกระทบ ความหนืด อุณหภูมิเสถียร อุณหภูมิแปรเปลี่ยนสภาพแก้ว อุณหภูมิอ่อนตัว ความทนต่อการกัดและด่างของแก้วโมเสกเพิ่มขึ้น แต่ส่งผลให้ความหนาแน่นรวม ความมันวาว สัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องด้วยความร้อนลดลง

จากนั้นทำการเพิ่มความแข็งให้กับแก้วโมเสกด้วยกระบวนการเทมเปอร์ โดยมีปัจจัยควบคุมได้แก่ อุณหภูมิ ระยะเวลาแช่ไฟ และอัตราการเย็นตัว ผลการทดลองพบว่า แก้วโมเสกส่วนผสมที่เลือกมาที่ควบคุมความหนาที่ 5 มิลลิเมตร เมื่อผ่านกระบวนการเทมเปอร์ที่อุณหภูมิ 720 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 250 วินาที และอัตราการเย็นตัวที่ร้อยละ 46 ทำให้แก้วโมเสกเทมเปอร์มีค่าความแข็งจุลภาคที่ผิวแก้วเพิ่มขึ้นเป็น 1049.61 HV รวมถึงความต้านทานการขัดสี และความแข็งด้วยแรงตกกระทบเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดความสมดุลระหว่างแรงอัดที่ผิวทั้งสองด้าน และแรงดึงที่แก้วกลางของแก้วโมเสก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Thesis Title	Utilization of Inorganic Waste as Raw Materials in Tempered Mosaic Glass Production
Author	Mr. Anupong Buapin
Degree	Master of Science (Industrial Chemistry)
Advisor	Dr. Worapong Thiemsorn

ABSTRACT

This research aimed to prepare a mosaic glass (MG) using three inorganic wastes i.e. silicate residue (SR; 50-70 wt%), iron slag (IS; 10-30 wt%) and soda-lime cullet (SLC; 10-40 wt%) and to develop the strength of mosaic glass by tempering process. The batches were melted at 1400°C with 10°C/min for 1 h. The molten MGs were poured into water to be frit form and then were re-melted at the same condition. The MGs melts were formed by casting in a 5 x 5 x 0.5 cm stainless steel mould. The MGs were annealed at 550°C for 20 min and then were normal cooled. In order to reveal the effects of compositions on the behavior of MGs, the structures were determined with x-ray diffractometer, fourier transform infrared and raman spectrometers. The mechanical, optical, thermal and chemical properties were also investigated such as bulk density (ρ), glossy (GU), abrasiveness, impact strength, microhardness (HV), color, optical transmission (A/d), strain (T_{st})-transition (T_g)-softening (T_s) temperatures, coefficient of thermal expansion (CTE), viscosity at 680-720°C, leaching of toxic metals, and acidic/basic resistances. The results showed the selected MGs was prepared using (in wt%) SR 60, IS 30 and SLS 10 representing good melt and flow abilities. It is completely melted representing the only one XRD broad peak. The main structures are $[\text{SiO}_4]$ units, Si-O-Si asymmetric stretching, Si-O^o and Si-O⁻ stretching vibration bonds. The properties of MGs are bulk density (2.76 g/cm³), glossy (96 GU), abrasiveness (<0.027%), microhardness (749.70 HV), dark brown color, A/d (2.5 cm⁻¹), T_{st} (590°C), T_g (704°C), T_s (747°C), CTE (7.725x10⁻⁶/°C), viscosity at 680 °C (10^{13.50} Pa.s), resistances for leaching, acidic and basic solutions. The degree of polymerization and covalent bonds increased with the increasing of glass-

network formers (SiO_2 and Al_2O_3) from IS. Addition the increase of IS contents are very important on the properties, favouring the increases of microhardness, abrasiveness impact strength, viscosity, $T_{\text{st}}-T_{\text{g}}-T_{\text{s}}$, acidic and basic resistance, but the decreases of bulk density, glossy, CTE ($7.725 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$).

The selected MG was conducted to tempering process with controlling parameters i.e. temperature, retention time and quenching rate. It was found that the selected MG for 5 mm thickness was tempered at 720°C for 250 sec and quenching rate of 46%, resulting to the increase of microhardness up to 1049.61 HV. Moreover, the abrasiveness and impact strength was also increased. These phenomena occurred during tempering process due to the compressive force on two surfaces and tension force at the middle of MG which are moved to equilibrium state.