249787
ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
249787

รหัสโครงการ SUT7-708-54-12-56

รายงานการวิจัย

ชุดโครงการวิจัย
การพัฒนาแหล่งเกลือหินสำหรับกักเก็บของเสียจากภาคอุตสาหกรรม
(Industrial Wastes Storage in Rock Salt)

โครงการวิจัยย่อย
การขึ้นรูปกระเบื้องเซรามิกชนิดทนกรด เพื่อปกป้องโครงสร้างทางวิศวกรรมในชั้นเกลือหิน
(Fabrication of Acid Resistant Ceramic Tile to Protect Engineering Structures in Salt)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

b00255194

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
249787

รหัสโครงการ SUT7-708-54-12-56

รายงานการวิจัย

ชุดโครงการวิจัย
การพัฒนาแหล่งเกลือหินสำหรับกักเก็บของเสียจากภาคอุตสาหกรรม
(Industrial Wastes Storage in Rock Salt)

โครงการวิจัยย่อย
การขึ้นรูปกระเบื้องเซรามิกชนิดทนกรด เพื่อปกป้องโครงสร้างทางวิศวกรรมในชั้นเกลือหิน
(Fabrication of Acid Resistant Ceramic Tile to Protect Engineering Structures in Salt)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

รหัสโครงการ SUT7-708-54-12-56

รายงานการวิจัย

ชุดโครงการวิจัย
การพัฒนาแหล่งเกลือหินสำหรับกักเก็บของเสียจากภาคอุตสาหกรรม
(Industrial Wastes Storage in Rock Salt)

โครงการวิจัยย่อย
การทดสอบประสิทธิภาพการอุดของส่วนผสมเกล็ดเกลือ กับเบนโทไนต์ในรอยแตกของเกลือหิน
(Sealing Performance of Cement-Bentonite Mixtures in Salt Fractures)

คณะผู้วิจัย

ผู้อำนวยการชุดโครงการวิจัย
รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร
สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หัวหน้าโครงการวิจัยย่อย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุขเกษม กังวานตระกูล
สาขาวิชาวิศวกรรมเซรามิก
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2554
ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

มิถุนายน 2554

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงด้วยดีโดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2554 ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยวิจัย และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ความช่วยเหลือตลอดจนอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือต่างๆจนผู้วิจัยสามารถดำเนินการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

(ผศ.ดร.สุขเกษม กังวานตระกูล)

ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

249787

งานวิจัยนี้ได้เน้นการปรับปรุงสมบัติทางด้านเคมีของกระเบื้องเซรามิกโดยใช้วัสดุเคลือบที่มีส่วนผสมของ CaO, ZrO_2 และSiO_2 หรือเรียกว่า เคลือบ CZS เนื่องจากมีความทนต่อการกัดกร่อนทางเคมีสูง และมีความแข็งแรงเชิงกลสูง ในการทดลองจะใช้ส่วนผสมของสารเคลือบกระเบื้องที่ประกอบด้วย SiO_2 ปริมาณร้อยละ 53 โดยน้ำหนัก CaO ปริมาณร้อยละ 31-35 โดยน้ำหนัก และ ZrO_2 ปริมาณร้อยละ 12-16 โดยน้ำหนัก เป็นวัตถุดิบตั้งต้น แล้วทำการหลอมส่วนผสมทั้งหมดที่อุณหภูมิ 1500°C โดยใช้เบ้าหลอม Platinum Crucible จากนั้นทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็วด้วยการเทน้ำแก้วลงในน้ำ (Quenching) เพื่อให้ได้ฟริต (Frits) และบดให้ได้อนุภาคที่ละเอียดสำหรับนำไปเคลือบบนผิวของกระเบื้อง แล้วนำผงฟริตที่ได้ไปวิเคราะห์หาวัฏภาคด้วยเครื่อง XRD ตรวจสอบการเกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิต่างๆ ด้วยเครื่อง DTA และตรวจสอบโครงสร้างของผิวเคลือบด้วยกล้องจุลทรรศอิเล็คตรอนแบบส่องกราด (SEM)

ผลการทดลองพบว่าเมื่อเติม CaO ลงในเนื้อเคลือบที่มีองค์ประกอบของ SiO_2 เป็นหลักจะสามารถทนต่อการกัดกร่อนจากกรดได้ แต่อย่างไรก็ตามหากมีการเติม ZrO_2 ในปริมาณที่ไม่เกินร้อยละ 14 โดยน้ำหนัก จะสามารถทำให้ต้านทานการกร่อนจากกรดเพิ่ม เนื่องจาก CaO, ZrO_2 และSiO_2 จะทำให้เกิดสารประกอบใหม่ในเคลือบ ได้แก่ Wollastonite ($CaSiO_3$) และCalcium zirconium silicate (Ca_2ZrSi_{12}, $Ca_3ZrSi_2O_9$, $CaZrSi_2O_9$ และ$Ca_{1.2}Si_{4.3}Zr_{0.2}O_8$) ในระบบ CaO-$ZrO_2$-$SiO_2$ system แต่ถ้ามีปริมาณ CaO มากเกินไป จะทำให้เคลือบจะเดือดเป็นฟองได้ง่ายทำให้เกิดรูพรุน เมื่อทำการทดสอบความต้านทานต่อการกัดกร่อนจากกรด พบว่าส่วนผสมของเคลือบที่มี ZrO_2 ในปริมาณ 13 ร้อยละโดยน้ำหนัก จะมีความต้านทานต่อการกัดกร่อนจากกรดได้ดีที่สุด เนื่องจากปริมาณของเฟส Wollastonite เกิดขึ้นจำนวนมาก และมีค่าน้ำหนักที่หายไปหลังทดสอบการทนกรดน้อยที่สุด คือมีค่าเพียง 0.20 ร้อยละโดยน้ำหนัก ซึ่งเหมาะสมสำหรับทำกระเบื้องเซรามิกชนิดทนกรดเพื่อปกป้องโครงสร้างทางวิศวกรรมในชั้นเกลือหิน

Abstract

249787

In this research has been focused on the improvement of chemical properties of the ceramic tile by using the mixture of CaO, ZrO_2 and SiO_2 as CZS glaze material due to their possess high corrosion resistance and high strength. The glaze compositions were contained 53 wt% SiO_2 wt%, 31-35 wt% of CaO and 12-16% of ZrO_2. Then the mixtures were melted at 1500°C by using platinum crucible and quenched in the water to obtain frit and ground as glaze powder materials. The various compositions of frit powder were analyzed phase composition by XRD, chemical reaction by DTA and the surface morphology of the as-received tile was observed by using a scanning electron microscope (SEM).

The results showed that the addition of CaO in the SiO_2 composition it could be enhance the corrosion resistant. However, with the addition of 12-14 wt% ZrO_2 in to the CaO-SiO_2 glaze mixture, the corrosion resistant was increased in comparison with ordinary CaO-SiO_2 glaze. This is because CaO, ZrO_2 and SiO_2 compound could be generate the new phase such as Wollastonite ($CaSiO_3$) and Calcium zirconium silicate (Ca_2ZrSi_{12}, $Ca_3ZrSi_2O_9$, $CaZrSi_2O_9$ and $Ca_{1.2}Si_{4.3}Zr_{0.2}O_8$) in the system CaO-$ZrO_2$-$SiO_2$ system. Nevertheless, the excess amount of CaO was produced many pore in the glaze matrix. As the result from the corrosion test, with highest corrosion resistant and lowest weight loss of 0.20% was obtained from the mixture with 13wt% ZrO_2 consists the large amount of Wollastonite phase which is suitable for acid-resistant ceramic tiles to protect engineering structures in rock salt.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ข
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ปริทัศน์วรรณกรรมละงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	7
บทที่ 4 ผลการทดลอง และวิเคราะห์ผลการทดลอง	14
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	29
เอกสารอ้างอิง	30

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงส่วนผสมเคลือบทนกรด 3

ตารางที่ 2.2 แสดงผลการทดสอบการทนกรด 4

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมของสารตั้งต้นสำหรับเคลือบผิวกระเบื้องเซรามิก 8

ตารางที่ 3.2 แสดงส่วนผสมของน้ำเคลือบสำหรับนำไปเคลือบผิวกระเบื้อง 9

ตารางที่ 4.1 แสดงอุณหภูมิการเกิดปฏิกิริยาจากการวิเคราะห์ด้วย
Differential thermal analysis (DTA) 17

ตารางที่ 4.2 น้ำหนักที่หายไปก่อนทำการทดสอบ และหลังทำการทดสอบ 27

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงเคลือบที่มีองค์ประกอบของ CaO, ZrO_2และ SiO_2 ในระบบ
CaO–ZrO_2–SiO_2 ซึ่งปริมาณของสาร จะมีผลต่อการเกิดสารประกอบเคลือบชนิดต่าง ๆ 2
รูปที่ 2.2 แสดงการรวมตัวของวัฏภาคต่างๆ ที่เกิดขึ้นบริเวณขอบเกรนในระบบ CaO–ZrO_2–SiO_2 3
รูปที่ 2.3 ความหนาแน่นของเคลือบในระบบ CaO–ZrO_2–SiO_2 4
รูปที่ 2.4 ปริมาณรูพรุนของเคลือบในระบบ CaO–ZrO_2–SiO_2 4
รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงการเตรียมชิ้นงานกระเบื้องสำหรับเคลือบผิว 7
รูปที่ 3.2 ชิ้นงานกระเบื้องดิบที่ผ่านการอัดขึ้นรูปแล้ว 8
รูปที่ 3.3 แผนผังแสดงขั้นตอนและวิธีการเตรียมสารสำหรับเคลือบกระเบื้อง 9
รูปที่ 3.4 แผนผังแสดงขั้นตอน และวิธีการเตรียมกระเบื้องเคลือบ 10
รูปที่ 3.5 ชิ้นงานที่ผ่านการเผาดิบและชิ้นงานกระเบื้องสูตร Z13 และ Z14
หลังทำการเผาเคลือบแล้ว 11
รูปที่ 3.6 การทดสอบความต้านทานการกัดกร่อนของเคลือบ 12
รูปที่ 3.7 แผนภาพแสดงช่วงอุณหภูมิในการเผากระเบื้องเคลือบ
รูปที่ 4.1 การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Differential thermal analysis (DTA) สูตรที่ Z12 14
รูปที่ 4.2 การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Differential thermal analysis (DTA) สูตรที่ Z13 15
รูปที่ 4.3 การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Differential thermal analysis (DTA) สูตรที่ Z14 15
รูปที่ 4.4 การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Differential thermal analysis (DTA) สูตรที่ Z15 16
รูปที่ 4.5 การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Differential thermal analysis (DTA) สูตรที่ Z16 17

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์เคลือบด้วยเครื่อง X-Ray Diffraction (XRD) ของสูตร Z16 = a , สูตร Z15 = b , สูตร Z14 = c ,สูตร Z13 = d , สูตร Z12 = e สูตร Z12(ยังไม่ได้เผา) = f, Body = g 18

รูปที่ 4.7 ภาพของชิ้นงานกระเบื้องสูตรต่างๆที่ผ่านการเผาเคลือบแล้ว 19

รูปที่ 4.8 การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) 20

รูปที่ 4.9 Scanning electron microscope (SEM) ก่อนทดสอบความต้านทานการกัดกร่อนของเคลือบสูตร Z13 ที่ไม่ได้ทำการตกผลึก (recrystallization) ที่อุณหภูมิ 1050°C 21

รูปที่ 4.10 Scanning electron microscope (SEM)หลังทดสอบความต้านทานการกัดกร่อนของเคลือบสูตร Z13 ที่ไม่ได้ทำการตกผลึก(recrystallization) ที่อุณหภูมิ 1050°C 21

รูปที่ 4.11 Scanning electron microscope (SEM)ก่อนทดสอบความต้านทานการกัดกร่อนของเคลือบสูตร Z14 ที่ไม่ได้ทำการตกผลึก (recrystallization) ที่อุณหภูมิ 1050°C 22

รูปที่ 4.12 Scanning electron microscope (SEM) หลังทดสอบความต้านทานการกัดกร่อนของเคลือบสูตร Z14 ที่ไม่ได้ทำการตกผลึก (recrystallization) ที่อุณหภูมิ 1050°C 23

รูปที่ 4.13 Scanning Electron Microscope (SEM) โดยการทำการทดสอบความต้านทานการกัดกร่อนของสูตร Z12 ที่ทำการตกผลึก (recrystallization) ที่อุณหภูมิ 1050°C เป็นเวลา 30 นาที 23

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.14 SEM ของผิวเคลือบกระเบื้องที่ทำการเคลือบด้วยเคลือบสูตร Z13 (a) และ Z14 (b) ที่ทำการตกผลึกที่อุณหภูมิ 1050°C เป็นเวลา 30 นาที ก่อนทำการทดสอบความต้านทานการกัดกร่อน 24

รูปที่ 4.15 Scanning Electron Microscope (SEM) ในการทำการทดสอบความต้านทานการกัดกร่อนของสูตร Z13 ที่ทำการตกผลึก (recrystallization) ที่อุณหภูมิ 1050°C เป็นเวลา 30 นาที 25

รูปที่ 4.16 Scanning Electron Microscope (SEM) ในการทำการทดสอบความต้านทานการกัดกร่อนของสูตร Z14 ที่ทำการตกผลึก (recrystallization) ที่อุณหภูมิ 1050°C เป็นเวลา 30 นาที 26

รูปที่ 4.17 แสดงผลทดสอบความต้านทานการกัดกร่อนจากกรดของเคลือบสูตรต่างๆ 27