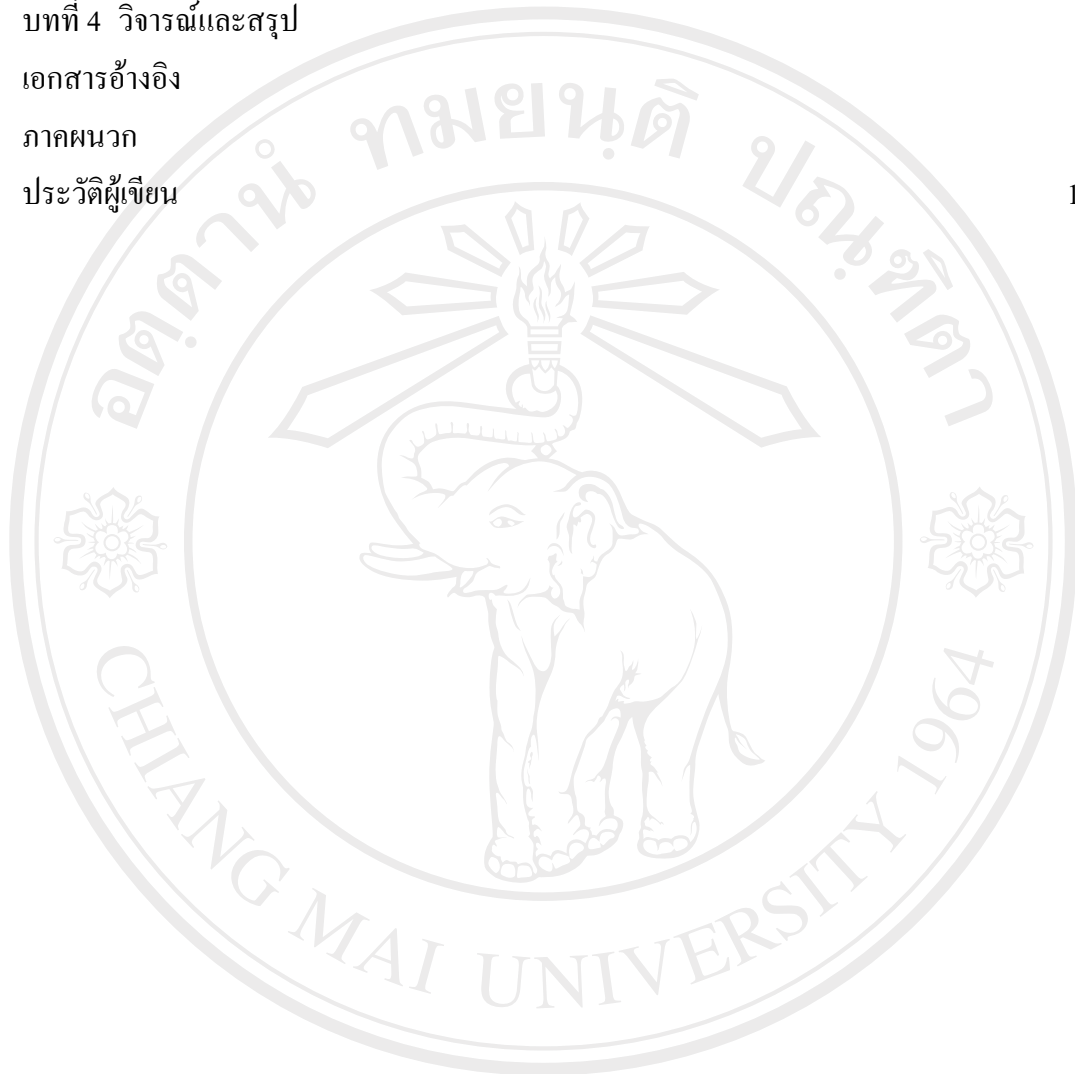


สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ญ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัสดุทนไฟในความหมายและความเข้าใจ	1
1.2 การจำแนกและชนิดของวัสดุทนไฟ	2
1.3 การทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิฉับพลัน	6
1.3.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิฉับพลัน	6
1.3.2 กลไกการเกิดความสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิฉับพลัน	12
1.4 วัสดุที่ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิฉับพลัน	16
1.4.1 คอเรียไรต์	18
1.4.2 มัลไลต์	22
1.5 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย	24
1.6 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	25
1.7 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	30
1.8 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษาเชิงทฤษฎีและ/หรือเชิงประยุกต์	30
1.9 ขอบเขตการวิจัย	31
บทที่ 2 การทดลอง	32
2.1 การเตรียมวัตถุดิบ	34
2.2 การผสมอัตราส่วนวัตถุดิบ	34
2.3 การขึ้นรูปชิ้นงานการทดสอบ	35

2.4	การตากแห้งชิ้นทดสอบ	35
2.5	การเผาชิ้นทดสอบ	35
2.6	การวัดความหนาแน่นชิ้นทดสอบ	36
2.7	การทดสอบหาความพรุนตัวและค่าการซึมผ่านของชิ้นทดสอบหลังเผา	36
2.8	การหาสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องด้วยความร้อน	37
2.9	การทดสอบค่าความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลัน โดยวิธี ASTM:C 1171-91 ของชิ้นทดสอบคอร์เดียไรต์-มัลไลต์ 70:30	38
2.10	การศึกษาเพิ่มเติมเพื่อประกอบการวินิจฉัยผลของสารคอร์เดียไรต์-มัลไลต์ ในอัตราส่วนที่เหมาะสม 70:30 ที่อุณหภูมิต่างๆ กัน ที่มีความสามารถทนต่อการ เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิฉับพลัน ด้วย XRD และ SEM	38
บทที่ 3	ผลการทดลอง	40
3.1	ผลการเตรียมวัตถุดิบ	40
3.2	ผลการผสมอัตราส่วนวัตถุดิบ	40
3.3	ผลการขึ้นรูปชิ้นงานการทดสอบ	40
3.4	ผลการตากแห้งชิ้นทดสอบ	41
3.5	ผลการเผาชิ้นทดสอบ	41
3.6	ผลการวัดความหนาแน่นชิ้นทดสอบหลังเผา	42
3.7	ผลการทดสอบหาความพรุนตัวและค่าการซึมผ่านของชิ้นทดสอบหลังเผา	43
3.8	ผลการหาสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องด้วยความร้อน	46
3.9	ผลการทดสอบค่าความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลัน โดยวิธี ASTM: C 1171-91 ของชิ้นทดสอบคอร์เดียไรต์-มัลไลต์ 70:30 และผ่านการเผา ณ อุณหภูมิ 1400 °C	51
3.10	ผลการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อประกอบการวินิจฉัยผลของสาร คอร์เดียไรต์-มัลไลต์ในอัตราส่วนที่เหมาะสม 70:30 ที่อุณหภูมิ 1400 °C ที่มี ความสามารถทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิฉับพลัน ด้วย XRD และ SEM	53

บทที่ 4 วิจัยและสรุป	68
เอกสารอ้างอิง	73
ภาคผนวก	76
ประวัติผู้เขียน	115



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า	
1.1	วัสดุทนไฟที่แบ่งตามคุณสมบัติทางเคมีเป็นกลุ่ม กรด กลาง และด่าง	2
1.2	การแบ่งวัสดุทนไฟตามคุณสมบัติทางกายภาพ	3
1.3	ตัวแปรต่างๆ เกี่ยวกับความทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิฉับพลัน	15
1.4	สมบัติทางกายภาพและการทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิฉับพลันของวัสดุบางชนิด	17
1.5	ลักษณะเฉพาะและสมบัติของคอร์เดียไรต์	20
1.6	ผลของการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดต่างๆ ทำให้มวลโลตต์เกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่างๆ	23
2.1	อัตราส่วนผสมวัตถุดิบคอร์เดียไรต์และมวลโลตต์	34
3.1	ค่าความหนาแน่นของชิ้นทดสอบคอร์เดียไรต์ต่อมวลโลตต์ในอัตราส่วนต่างๆ และเผาที่อุณหภูมิต่างๆ กัน	42
3.2	ค่าเปอร์เซ็นต์ความพรุนตัวปรากฏของชิ้นทดสอบคอร์เดียไรต์ต่อมวลโลตต์ในอัตราส่วนต่างๆ และเผาที่อุณหภูมิต่างๆ กัน	44
3.3	ค่าการซึมน้ำของชิ้นทดสอบคอร์เดียไรต์ต่อมวลโลตต์ในอัตราส่วนต่างๆ และเผาที่อุณหภูมิต่างๆ กัน	45
3.4	ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องด้วยความร้อนของชิ้นทดสอบระหว่างคอร์เดียไรต์ต่อมวลโลตต์ในอัตราส่วนต่างๆ	47
3.5	เปรียบเทียบสมบัติต่างๆ ของชิ้นทดสอบกับวัสดุทนไฟของบริษัท ภัทรา รีแฟรกทอรี จำกัด	67

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
1.1 รูปแบบรูพรุนในเนื้อเซรามิก	9
1.2 การเปลี่ยนแปลงระหว่างอุณหภูมิและการกระจายความเค้นภายหลังจาก วัตถุได้รับความร้อนและความเย็น	12
1.3 Phase Diagram ของ $\text{MgO-2Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ แสดงพื้นที่ เกิดคอร์เดียไรต์	19
2.1 แผนการทดลองเพื่อศึกษาวัสดุผสมคอร์เดียไรต์-มัลไลต์สำหรับใช้เป็น วัสดุทนทานการเปลี่ยนแปลงความร้อนฉับพลัน	33
2.2 กราฟการเผาผนึกของชิ้นทดสอบ	35
3.1 ชิ้นทดสอบที่มีคอร์เดียไรต์และมัลไลต์ผสมอัตราส่วนต่างๆ เมื่อผ่านการเผา ณ อุณหภูมิ 1250-1400 °C	41
3.2 ค่าความหนาแน่น (Bulk Density) ของชิ้นทดสอบในอัตราส่วนต่างๆ กันที่ผ่านการเผา ณ อุณหภูมิต่างๆกัน	43
3.3 ค่าความพรุนตัวปรากฏ (Apparent Porosity) ของชิ้นทดสอบในอัตราส่วนต่างๆ กันที่ผ่านการเผา ณ อุณหภูมิต่างๆกัน	44
3.4 ค่าการดูดซึมน้ำ (Water Absorption) ของชิ้นทดสอบในอัตราส่วนต่างๆ กันที่ผ่านการเผา ณ อุณหภูมิต่างๆกัน	46
3.1 ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของอัตราส่วนผสมต่างๆ เมื่อนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1250 °C	48
3.6 ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของอัตราส่วนผสมต่างๆ เมื่อนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1300 °C	48
3.7 ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของอัตราส่วนผสมต่างๆ เมื่อนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1350 °C	49
3.8 ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของอัตราส่วนผสมต่างๆ เมื่อนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1400 °C	49

3.9	ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องด้วยความร้อนของอัตราส่วนผสมคอร์เดียไรต์ต่อมัลไลต์ 70:30 Wt% เมื่อนำไปเผาที่อุณหภูมิต่างๆ	50
3.10	ขั้นตอนทดสอบคอร์เดียไรต์-มัลไลต์ อัตราส่วน 70:30 ที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1400 °C ก่อนนำไปทดสอบค่าการทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลัน	51
3.11	ขั้นตอนทดสอบคอร์เดียไรต์-มัลไลต์อัตราส่วน 70:30 ที่นำออกจากเตาเผาที่อุณหภูมิ 1200 °C	52
3.12	ขั้นตอนทดสอบคอร์เดียไรต์-มัลไลต์อัตราส่วน 70:30 ที่ผ่านการทดสอบค่าการทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลัน รอบที่ 2	52
3.13	ขั้นตอนทดสอบคอร์เดียไรต์-มัลไลต์อัตราส่วน 70:30 ที่ผ่านการทดสอบค่าการทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลัน รอบที่ 9	53
3.14	กราฟเอกซเรย์ก่อนการเผาของอัตราส่วนผสมระหว่างคอร์เดียไรต์ต่อมัลไลต์ 70:30	54
3.15	กราฟเอกซเรย์หลังการเผาของอัตราส่วนผสมระหว่างคอร์เดียไรต์ต่อมัลไลต์ 70:30	55
3.16	ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ของขั้นตอนเพื่อดูโครงสร้างจุลภาคของขั้นตอน	59

อักษรย่อและสัญลักษณ์

$^{\circ}\text{C}$	องศาเซลเซียส
$^{\circ}\text{C}^{-1}$	ต่อองศาเซลเซียส
R	ค่าความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความร้อนฉับพลัน
α	ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องด้วยความร้อน
σ	ค่าความแข็งแรงเชิงกล
E	โมดูลัสของความยืดหยุ่น
K	การนำความร้อน (Thermal Conductivity)
ν	อัตราส่วนพัวซอง (Poisson's Ratio)
ΔT	ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ
$\Delta L/L_0$	ความยาวที่เปลี่ยนไปต่อหน่วยความยาวเดิม
$\rho_{\text{น้ำ}}$	ความหนาแน่นของน้ำ ณ อุณหภูมิที่ทำการทดลอง
dL/rel (%)	เปอร์เซ็นต์การขยายตัวของชิ้นงานเมื่อได้รับความร้อนเทียบกับชิ้นงานอื่น
mm	มิลลิเมตร
kg	กิโลกรัม
cm	เซนติเมตร
kg/cm^2	กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
ASTM	The American Society for Testing and Materials
C:M	Cordierite : Mullite