

การนำซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วมาใช้ประโยชน์เป็นตัวทนไฟในการทำเซรามิก



นายสาโรจน์ ปัทยพิงษ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

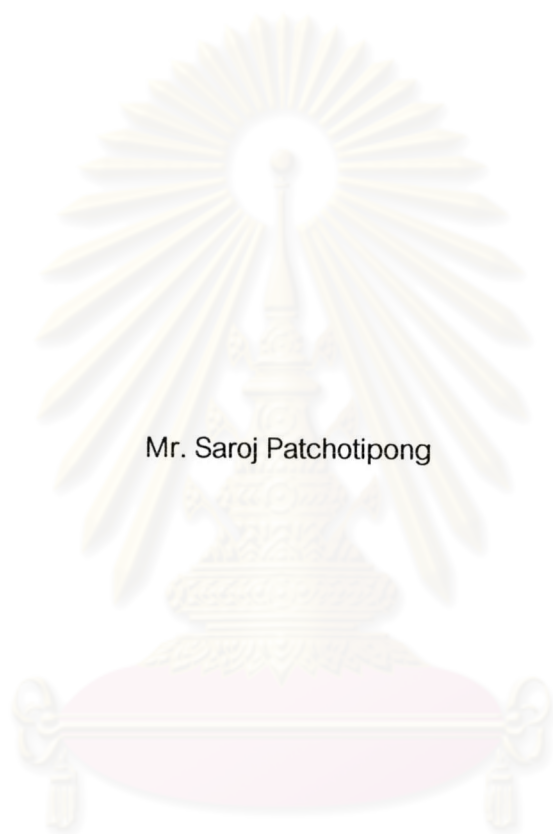
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-0933-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

REUSE OF SPENT SILICA-ALUMINA AS FILLER FOR CERAMIC PRODUCTION



Mr. Saroj Patchotipong

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Environmental Engineering

Department of Environmental Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974-17-0933-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การนำซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วมาใช้ประโยชน์เป็นตัวหนไฟในการทำ

เซรามิก

โดย

นายสาโรจน์ ปัทชาติพงษ์

สาขาวิชา

วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร. เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ



คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

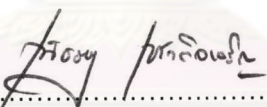
.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

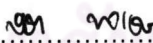
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ชีระ เกรอด)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุธา ชาวเอี้ยว)

.....กรรมการ

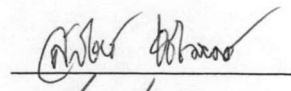
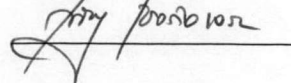
(อาจารย์ ดร. มนัสกร ราชากรกิจ)

สารโวจน์ ปชชิตพิงษ์ : การนำซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วมาใช้ประโยชน์เป็นตัวทไฟในการทำเซรามิก.
(REUSE OF SPENT SILICA-ALUMINA AS FILLER FOR CERAMIC) อาจารย์ที่ปรึกษา :
รองศาสตราจารย์ ดร. เพ็ชรพร ชาวกิจเจริญ, 149 หน้า. ISBN 974-17-0933-1.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วมาใช้ประโยชน์ในการเป็นวัตถุดิบผลิตเซรามิกโดยใช้แทนอะลูมินาบริสุทธิ์ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวทไฟร่วมกับดินดำและหินฟันม้า ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วได้มาจากโรงงานผลิตไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ การทดลองได้ทำการศึกษาถึงคุณสมบัติต่างๆของเนื้อดินและเซรามิกที่ผลิตได้จากอัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว โดยในการทดลองที่ 1 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วโดยใช้ขนาด 150 เมช ผสมในเนื้อดินซึ่งเป็นส่วนผสมของดินดำและหินฟันม้าโดยคงค่าอัตราส่วนระหว่างดินดำและหินฟันม้าที่อัตราส่วน 8 ต่อ 5 เเผาที่อุณหภูมิ 1180 องศาเซลเซียส(1453 เคลวิน) โดยแปรค่าอัตราส่วนของซิลิกา-อะลูมินาต่อส่วนผสมเป็น 30 35 40 และ 45 เปอร์เซ็นต์ การทดลองที่ 2 ศึกษาขนาดของ ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วที่เหมาะสม โดยแปรค่าขนาดของซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นขนาด 100 เมช 150 เมช และ 200 เมช การทดลองที่ 3 ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเผา โดยแปรค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาเป็น 900 1000 1100 และ 1180 องศาเซลเซียส(1173 1273 1373 และ 1453 เคลวิน) การทดลองที่ 4 ศึกษาอัตราการเพิ่มอุณหภูมิในการเผาที่เหมาะสม โดยแปรค่าอัตราการเพิ่มอุณหภูมิในการเผาเป็น 2 3 4 และ 5 องศาเซลเซียสต่อนาที ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า เซรามิกที่ผลิตได้จากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วมีคุณสมบัติที่ดีที่อัตราส่วนของซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว 40 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ขนาด 100 เมช ณ อุณหภูมิที่ใช้ในการเผา 1100 องศาเซลเซียส(1373 เคลวิน) และอัตราการเพิ่มอุณหภูมิในการเผาเป็น 3 องศาเซลเซียสต่อนาที โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังเผาเท่ากับ 11.42 เปอร์เซ็นต์ ค่าความหนาแน่นหลังเผาเท่ากับ 2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 11 เปอร์เซ็นต์ และค่ากำลังรับแรงดัดหลังเผาเท่ากับ 247.34 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร(24.25 เมกกะปาสคาล) ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการลดการชะละลาย พบว่าค่าที่ได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ผลการตรวจสอบเฟสที่เกิดขึ้นโดยเครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรกโตมิเตอร์ พบว่า ทดสอบเซรามิกมีความแข็งสูงเนื่องจากพบเฟสของคอร์รันดัม (Al_2O_3) แต่ไม่พบเฟสของมัลไลต์ ($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$) ซึ่งเป็นเฟสที่ให้ความแข็งแรงสูง นอกจากนี้ ผลการประมาณการค่าใช้จ่ายเบื้องต้น พบว่า ในการผลิตเซรามิกจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว มีค่าใช้จ่าย 94 บาทต่อกิโลกรัมของเซรามิกที่ผลิตได้

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2545

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

##4270590721 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEYWORD : SPENT SILICA-ALUMINA / CERAMIC / FILLER

SAROJ PATCHOTIPONG : REUSE OF SPENT SILICA-ALUMINA AS FILLER FOR
CERAMIC PRODUCTION. THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF. PETCHPORN
CHAWAKITCHAREON, Ph.D., 149 pp. ISBN 974-17-0933-1.

This research investigated the utilization of spent silica-alumina as a filler for ceramics in place of pure alumina combined with ball clay (Mae san) and feldspar. Spent silica-alumina was obtained from the hydrogen peroxide industry. The experiments were performed in order to find the optimum conditions for the alumina earthenware manufacturing process by considering the physical properties of the test specimens, such as water adsorption, fired strength, green strength, shrinkage and density. The first experiment studied the effect of chemical composition by varying the spent silica-alumina/mixture ratio at 30 35 40 and 45% (The mixture of ball clay and feldspar was fixed at a ball clay/feldspar ratios of 8:5 and a firing temperature of 1,180 °C(1453 K)). The second experiment studied the effects of the particle size of spent silica-alumina by varying the particle size of spent silica-alumina at 100, 150 and 200 mesh. The third experiment studied the effects of varying the firing temperatures at 900, 1000, 1100 and 1180°C(1173 1273 1373 and 1453 K). The fourth experiment studied the effects of varying the heating rate by increasing the rate by rates at 2, 3, 4 and 5°C/minute. The results indicated that the optimum conditions of the spent silica-alumina/mixture ratio, the particle size, the firing temperature and the heating rate for producing alumina earthenware ceramic were 40%, 100 mesh, 1100°C(1373 K) and 3°C/minute, respectively. By using these conditions, the firing shrinkage was 11.42 %, fired density was 2 g/cm³, water adsorption was 11% and fired strength was 247.34 kg/cm²(24.25 MPa). The results indicated that leaching tests were all within the ceramic product standard limits. The result of X-Ray diffraction indicated that the test specimen has high hardness due to the high hardness phase of Corundum (Al₂O₃) was detected. However, the results did not detected Mullite (3Al₂O₃.2SiO₂), high strength phase. The cost estimation of the reuse of spent silica-alumina as filler for ceramic revealed a cost of 94 baht/kilogram of produced ceramic material.

Department Environmental Engineering
Field of study Environmental Engineering
Academic year 2002

Student's signature
Advisor's signature

Saraj Patchotipong
Chawakit Chareon P.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ. ดร. เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ เป็นอย่างสูง ที่เมตตาและให้โอกาสแก่ผู้วิจัยในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ อีกทั้งยังกรุณาและแนะนำให้คำปรึกษาในงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทถ่ายทอดวิชาความรู้ทางวิชาการ

ขอขอบพระคุณบิดามารดา และน้องๆทุกคนในครอบครัวที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณภาควิชาชีพวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คุณสมคิด หัวหน้าห้องปฏิบัติการเซรามิกส์ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้องปฏิบัติการของเสียอันตราย ภาควิชาชีพวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้การช่วยเหลือควบคุมดูแลในการทำวิจัย คุณอนุรักษ์ หัวหน้าฝ่ายการผลิตบริษัทเพอรอกซิไทยจำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์วัสดุซิลิกา-อลูมินาที่ใช้แล้ว คุณวัชรานุช บริษัท เคลย์แอนด์มินเนอรัล จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ดินดำแม่แซนและเฟลด์สปาร์วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทบวงมหาวิทยาลัย และมูลนิธิชินโสภณพนิชที่มอบทุนสนับสนุนบางส่วนของงานวิจัยในครั้งนี้และขอขอบคุณภาควิชาชีพวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่มอบทุนเสนอผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษา เพื่อนำเสนอในการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

ท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ทุกท่านในภาควิชาชีพวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความรัก คำปรึกษา และความช่วยเหลือขณะที่ศึกษาและทำงานวิจัยเป็นอย่างดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญรูป.....	ถ
คำนิยาม.....	น
บทที่ 1 บทนำ.....	1
บทที่ 2 วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย.....	2
บทที่ 3 ทบทวนเอกสาร.....	3
3.1 ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว.....	3
3.1.1 สารแอนทราควิโนน.....	5
3.1.2 ความเป็นพิษของสารแอนทราควิโนน.....	6
3.2 เซรามิก.....	6
3.2.1 วัตถุประสงค์ในการผลิตเซรามิก.....	6
3.2.1.1 ดิน.....	7
3.2.1.1.1 ดินขาว.....	7
3.2.1.1.2 ดินเหนียว.....	9
3.2.1.1.2 ดินดำ.....	10
3.2.1.2 ตัวหลอมละลายในเนื้อดิน.....	12
3.2.1.3 ตัวทนไฟ.....	14
3.2.1.3.1 ซิลิกา.....	14
3.2.1.3.2 อะลูมินา.....	15
3.2.2 เนื้อดินอะลูมินาเอิร์ทเทินแวร์.....	16
3.2.3 กระบวนการผลิต.....	17

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.2.4 การขึ้นรูปโดยวิธีอัดเนื้อดินผ่านกระบอกสูบและหัวแบบ ซึ่งอยู่ตอนปลายของกระบอกสูบกระบวนการผลิต.....	18
3.2.5 ตัวแปรเบื้องต้นที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เซรามิก.....	18
3.2.6 ค่าโมดูลัสการแตกหักหรือค่ากำลังรับแรงดัด.....	18
3.3 การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย.....	20
บทที่ 4 แผนการทดลอง และการดำเนินการวิจัย.....	24
4.1 การเตรียมวัสดุสำหรับการวิจัย.....	24
4.2 การดำเนินการวิจัย.....	26
- การทดลองที่ 1 ศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วในการ ใช้แทนที่อะลูมินาซึ่งเป็นตัวทนไฟในเนื้อผลิตภัณฑ์เซรามิกประเภท อะลูมินาเอิร์ทเทินแวร์.....	26
- การทดลองที่ 2 ศึกษาหาขนาดที่เหมาะสมของซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วในการ ใช้แทนที่อะลูมินาซึ่งเป็นตัวทนไฟในเนื้อผลิตภัณฑ์เซรามิกประเภทอะลูมินา - เอิร์ทเทินแวร์.....	27
- การทดลองที่ 3 ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการใช้ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว แทนที่อะลูมินาซึ่งเป็นตัวทนไฟในเนื้อผลิตภัณฑ์เซรามิกประเภทอะลูมินา - เอิร์ทเทินแวร์.....	27
- การทดลองที่ 4 ศึกษาอัตราการเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาที่เหมาะสมใน การใช้ซิลิกา- อะลูมินาที่ใช้แล้วแทนที่อะลูมินาซึ่งเป็นตัวทนไฟในเนื้อ ผลิตภัณฑ์เซรามิกประเภทอะลูมินาเอิร์ทเทินแวร์.....	27
- การทดลองที่ 5 ตรวจสอบหาปริมาณสารตะกั่วและแคดเมียมตามมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกี่ยวกับเซรามิกที่ใช้กับอาหาร.....	28
- การทดลองที่ 6 ตรวจสอบแร่ซิลิเกตที่เกิดขึ้น ($3 Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2$).....	28
- การทดลองที่ 7 ประเมินค่าใช้จ่ายเบื้องต้นในการบำบัด.....	28

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล.....	29
5.1 การศึกษาผลของอัตราส่วนของซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว.....	29
5.1.1 สมบัติทางกายภาพของวัตถุดิบ.....	30
5.1.2 สมบัติทางเคมีของวัตถุดิบ.....	30
5.1.3 ศึกษาผลของอัตราส่วนของซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วต่อคุณสมบัติ ของเซรามิกที่ผลิตได้.....	30
5.1.3.1 ค่าความเหนียว.....	30
5.1.3.2 ค่าการหดตัวหลังอบแห้ง.....	31
5.1.3.3 ค่าความหนาแน่นหลังอบแห้ง.....	31
5.1.3.4 ค่าความแข็งแรงหลังอบแห้ง.....	31
5.1.3.5 ค่าการหดตัวหลังเผา.....	34
5.1.3.6 ค่าความหนาแน่นหลังเผา.....	34
5.1.3.7 ค่าความแข็งแรงหลังเผา.....	34
5.1.3.8 ค่าการดูดซึมน้ำ.....	34
5.2 การศึกษาผลของขนาดอนุภาคของซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว.....	37
5.2.1 ค่าความเหนียว.....	37
5.2.2 ค่าการหดตัวหลังอบแห้ง.....	37
5.2.3 ค่าความหนาแน่นหลังอบแห้ง.....	37
5.2.4 ค่าความแข็งแรงหลังอบแห้ง.....	40
5.2.5 ค่าการหดตัวหลังเผา.....	40
5.2.6 ค่าความหนาแน่นหลังเผา.....	40
5.2.7 ค่าความแข็งแรงหลังเผา.....	43
5.2.8 ค่าการดูดซึมน้ำ.....	43
5.3 การศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา.....	43
5.3.1 ค่าการหดตัวหลังเผา.....	44
5.3.2 ค่าความหนาแน่นหลังเผา.....	44
5.3.3 ค่าความแข็งแรงหลังเผา.....	47

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
5.3.4 ค่าการดูดซึมน้ำ.....	47
5.4 การศึกษาผลของอัตราเร็วที่ใช้ในการเผา.....	47
5.3.1 ค่าการหดตัวหลังเผา.....	48
5.3.2 ค่าความหนาแน่นหลังเผา.....	48
5.3.3 ค่าความแข็งแรงหลังเผา.....	48
5.3.4 ค่าการดูดซึมน้ำ.....	48
5.5 การศึกษาประสิทธิภาพในการลดการชะละลาย.....	51
5.6 การตรวจสอบแร่มลโลหะที่เกิดขึ้น.....	51
5.7 การประมาณค่าใช้จ่ายเบื้องต้น.....	55
5.8 ภาพรวมของเซรามิกที่ผลิตจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว.....	57
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง.....	59
บทที่ 7 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยเพิ่ม.....	61
รายการอ้างอิง.....	62
บรรณานุกรม.....	65
ภาคผนวก.....	67
ภาคผนวก ก. ข้อมูลผลการทดลองเนื้อดิน แห่งทดสอบเซรามิกก่อนเผา และหลังเผา.....	68
ภาคผนวก ข. รูปวัตถุดิบ อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	133
ภาคผนวก ค. ข้อมูลการวิเคราะห์ Particle Size Analysis.....	143
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	149

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบของซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว.....	4
ตารางที่ 3.2 แสดงการกระจายขนาดของซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว.....	4
ตารางที่ 3.3 แสดงสมบัติต่างๆ ของดินขาว.....	8
ตารางที่ 3.4 แสดงสูตรเคมีของดินดำ.....	10
ตารางที่ 3.5 ข้อดีและข้อเสียของดินดำ.....	11
ตารางที่ 3.6 แสดงสมบัติทางกายภาพของเฟลด์สปาร์.....	12
ตารางที่ 3.7 แสดงชนิดของเฟลด์สปาร์จำแนกตามสารประกอบ.....	13
ตารางที่ 3.8 แสดงสมบัติทางกายภาพของซิลิกา.....	14
ตารางที่ 3.9 แสดงสมบัติทางกายภาพของอะลูมินา.....	15
ตารางที่ 3.10 แสดงคุณสมบัติของเนื้อดินอะลูมินาเอิร์ทเทินแวร์.....	17
ตารางที่ 4.1 แสดงเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	24
ตารางที่ 4.2 แสดงสัดส่วนโดยน้ำหนัก (%) ของวัตถุดิบที่ใช้ผสม.....	26
ตารางที่ 5.1 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของวัตถุดิบ โดยใช้เครื่องเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์- สเปกโตรมิเตอร์.....	30
ตารางที่ 5.2 แสดงผลการทดสอบน้ำชะละลาย.....	51
ตารางที่ 5.3 X-ray diffraction pattern ของแท่งทดสอบหลังเผาที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียส อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียสต่อนาที.....	52
ตารางที่ 5.4 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุของแท่งทดสอบก่อนและหลังเผาโดย เครื่องเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรมิเตอร์ (XRF).....	56
ตารางที่ 5.5 แสดงรายละเอียดค่าใช้จ่ายเบื้องต้นในการผลิตเซรามิกโดยใช้ซิลิกา- อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นตัวหนไฟแทนอะลูมินาบริสุทธิ์ต่อ 1 กิโลกรัม.....	56
ตารางที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของเซรามิกที่ผลิตจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว กับอะลูมินาบริสุทธิ์.....	58
ตารางที่ ผ1 แสดงค่าความเหนียวของส่วนผสมที่ใช้ในการทดลอง.....	69
ตารางที่ ผ2 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังอบแห้งของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วน ซิลิกา-อะลูมินา 30%.....	70
ตารางที่ ผ3 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังอบแห้งของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วน ซิลิกา-อะลูมินา 35%.....	71

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ ๘4 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังอบแห้งของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วน ซิลิกา-อะลูมินา 40%	72
ตารางที่ ๘5 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังอบแห้งของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วน ซิลิกา-อะลูมินา 45%	73
ตารางที่ ๘6 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังอบแห้งของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วน ซิลิกา-อะลูมินา 40%(100 เมช)	74
ตารางที่ ๘7 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังอบแห้งของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วน ซิลิกา-อะลูมินา 40%(150 เมช)	75
ตารางที่ ๘8 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังอบแห้งของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วน ซิลิกา-อะลูมินา 40%(200 เมช)	76
ตารางที่ ๘9 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังเผาของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วน ซิลิกา-อะลูมินา 30%	77
ตารางที่ ๘10 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังเผาของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วน ซิลิกา-อะลูมินา 35%	78
ตารางที่ ๘11 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังเผาของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วน ซิลิกา-อะลูมินา 40%	79
ตารางที่ ๘12 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังเผาของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วน ซิลิกา-อะลูมินา 45%	80
ตารางที่ ๘13 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังเผาของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วน ซิลิกา-อะลูมินา 40%(100 เมช)	81
ตารางที่ ๘14 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังเผาของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วน ซิลิกา-อะลูมินา 40%(150 เมช)	82
ตารางที่ ๘15 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังเผาของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วน ซิลิกา-อะลูมินา 40%(200 เมช)	83
ตารางที่ ๘16 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส ของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินา 40%(100 เมช)	84

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ ๘17 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังเผาที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส ของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินา 40%(100 เมช)	85
ตารางที่ ๘18 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังเผาที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียส ของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินา 40%(100 เมช)	86
ตารางที่ ๘19 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังเผาที่อุณหภูมิ 1180 องศาเซลเซียส ของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินา 40%(100 เมช)	87
ตารางที่ ๘20 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังเผาที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียส อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียสต่อนาทีของแท่งทดสอบที่มี อัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินา 40%(100 เมช)	88
ตารางที่ ๘21 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังเผาที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียส อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียสต่อนาทีของแท่งทดสอบที่มี อัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินา 40%(100 เมช)	89
ตารางที่ ๘22 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังเผาที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียส อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสต่อนาทีของแท่งทดสอบที่มี อัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินา 40%(100 เมช)	90
ตารางที่ ๘23 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังเผาที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียส อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสต่อนาทีของแท่งทดสอบที่มี อัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินา 40%(100 เมช)	91
ตารางที่ ๘24 แสดงค่าความหนาแน่นหลังอบแห้งของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วน ซิลิกา-อะลูมินา 30%	92
ตารางที่ ๘25 แสดงค่าความหนาแน่นหลังอบแห้งของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วน ซิลิกา-อะลูมินา 35%	92
ตารางที่ ๘26 แสดงค่าความหนาแน่นหลังอบแห้งของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วน ซิลิกา-อะลูมินา 40%	92
ตารางที่ ๘27 แสดงค่าความหนาแน่นหลังอบแห้งของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วน ซิลิกา-อะลูมินา 45%	93

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ ๘28 แสดงค่าความหนาแน่นหลังอบแห้งของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วน ซิลิกา-อะลูมินา 40%(100 เมช)	93
ตารางที่ ๘29 แสดงค่าความหนาแน่นหลังอบแห้งของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วน ซิลิกา-อะลูมินา 40%(150 เมช)	93
ตารางที่ ๘30 แสดงค่าความหนาแน่นหลังอบแห้งของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วน ซิลิกา-อะลูมินา 40%(200 เมช)	94
ตารางที่ ๘31 แสดงค่าความหนาแน่นหลังเผาของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วน ซิลิกา-อะลูมินา 30%	95
ตารางที่ ๘32 แสดงค่าความหนาแน่นหลังเผาของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วน ซิลิกา-อะลูมินา 35%	95
ตารางที่ ๘33 แสดงค่าความหนาแน่นหลังเผาของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วน ซิลิกา-อะลูมินา 40%	96
ตารางที่ ๘34 แสดงค่าความหนาแน่นหลังเผาของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วน ซิลิกา-อะลูมินา 45%	96
ตารางที่ ๘35 แสดงค่าความหนาแน่นหลังเผาของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วน ซิลิกา-อะลูมินา 40%(100 เมช)	97
ตารางที่ ๘36 แสดงค่าความหนาแน่นหลังเผาของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วน ซิลิกา-อะลูมินา 40%(150 เมช)	97
ตารางที่ ๘37 แสดงค่าความหนาแน่นหลังเผาของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วน ซิลิกา-อะลูมินา 40%(200 เมช)	98
ตารางที่ ๘38 แสดงค่าความหนาแน่นหลังเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียสของแท่งทดสอบ ที่มีอัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินา 40%(100 เมช)	98
ตารางที่ ๘39 แสดงค่าความหนาแน่นหลังเผาที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียสของแท่งทดสอบ ที่มีอัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินา 40%(100 เมช)	99
ตารางที่ ๘40 แสดงค่าความหนาแน่นหลังเผาที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียสของแท่งทดสอบ ที่มีอัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินา 40%(100 เมช)	99

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ ๘41 แสดงค่าความหนาแน่นหลังเผาที่อุณหภูมิ 1180 องศาเซลเซียสของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินา 40%(100 เมช).....	100
ตารางที่ ๘42 แสดงค่าความหนาแน่นหลังเผาที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียสที่อัตราการเพิ่ม 2 องศาเซลเซียสต่อนาทีของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินา 40%(100 เมช)	100
ตารางที่ ๘43 แสดงค่าความหนาแน่นหลังเผาที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียสที่อัตราการเพิ่ม 3 องศาเซลเซียสต่อนาทีของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินา 40%(100 เมช)	101
ตารางที่ ๘44 แสดงค่าความหนาแน่นหลังเผาที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียสที่อัตราการเพิ่ม 4 องศาเซลเซียสต่อนาทีของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินา 40%(100 เมช).....	101
ตารางที่ ๘45 แสดงค่าความหนาแน่นหลังเผาที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียสที่อัตราการเพิ่ม 5 องศาเซลเซียสต่อนาทีของแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินา 40%(100 เมช)	102
ตารางที่ ๘46 แสดงค่าความแข็งแรงของแท่งทดสอบหลังอบแห้งที่มีอัตราส่วนของซิลิกา-อะลูมินา 30 เปอร์เซนต์	103
ตารางที่ ๘47 แสดงค่าความแข็งแรงของแท่งทดสอบหลังอบแห้งที่มีอัตราส่วนของซิลิกา-อะลูมินา 35 เปอร์เซนต์.....	104
ตารางที่ ๘48 แสดงค่าความแข็งแรงของแท่งทดสอบหลังอบแห้งที่มีอัตราส่วนของซิลิกา-อะลูมินา 40 เปอร์เซนต์.....	105
ตารางที่ ๘49 แสดงค่าความแข็งแรงของแท่งทดสอบหลังอบแห้งที่มีอัตราส่วนของซิลิกา-อะลูมินา 45 เปอร์เซนต์.....	106
ตารางที่ ๘50 แสดงค่าความแข็งแรงของแท่งทดสอบหลังอบแห้งที่มีอัตราส่วนของซิลิกา-อะลูมินา 40 เปอร์เซนต์(100 เมช).....	107
ตารางที่ ๘51 แสดงค่าความแข็งแรงของแท่งทดสอบหลังอบแห้งที่มีอัตราส่วนของซิลิกา-อะลูมินา 40 เปอร์เซนต์(150 เมช).....	108
ตารางที่ ๘52 แสดงค่าความแข็งแรงของแท่งทดสอบหลังอบแห้งที่มีอัตราส่วนของซิลิกา-อะลูมินา 40 เปอร์เซนต์(200 เมช).....	109

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ ๘79 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของแท่งทดสอบหลังเผาที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียสที่อัตราการเพิ่ม 2 องศาเซลเซียสต่อนาทีที่มี อัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินา 40%(100 เมช)	130
ตารางที่ ๘80 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของแท่งทดสอบหลังเผาที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียสที่อัตราการเพิ่ม 3 องศาเซลเซียสต่อนาทีที่มี อัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินา 40%(100 เมช)	131
ตารางที่ ๘81 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของแท่งทดสอบหลังเผาที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียสที่อัตราการเพิ่ม 4 องศาเซลเซียสต่อนาทีที่มี อัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินา 40%(100 เมช)	131
ตารางที่ ๘82 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของแท่งทดสอบหลังเผาที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียสที่อัตราการเพิ่ม 5 องศาเซลเซียสต่อนาทีที่มี อัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินา 40%(100 เมช)	132

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 3.1 แสดงสูตรโครงสร้างของสารแอนทราควิโนน	5
รูปที่ 3.2 กระบวนการผลิตสารประกอบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	5
รูปที่ 3.3 แสดงแผนผังวัตถุดิบบางชนิดในการผลิตเซรามิก	7
รูปที่ 3.4 ปฏิกริยาของดินขาว เมื่อผ่านอุณหภูมิต่างๆ และการเปลี่ยนแปลงผลึก ทางโครงสร้างเคมี	8
รูปที่ 3.5 แสดงปฏิกริยาการเปลี่ยนแปลงของผลึกซิลิกาเมื่อได้รับความร้อน	15
รูปที่ 3.6 แสดงเครื่องมือขนาดและรีดดิน	18
รูปที่ 5.1 แผนภูมิการเผาแท่งทดสอบที่อุณหภูมิ 1180 องศาเซลเซียส	29
รูปที่ 5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเหนียวกับอัตราส่วน ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว	32
รูปที่ 5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการหดตัวหลังอบแห้งกับอัตราส่วน ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว	32
รูปที่ 5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นหลังอบแห้งกับ อัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว	33
รูปที่ 5.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งแรงหลังอบแห้งกับ อัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว	33
รูปที่ 5.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการหดตัวหลังเผากับอัตราส่วน ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว	35
รูปที่ 5.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นหลังเผากับ อัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว	35
รูปที่ 5.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งแรงหลังเผากับ อัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว	36
รูปที่ 5.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำกับอัตราส่วน ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว	36
รูปที่ 5.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเหนียวกับขนาดอนุภาค ของซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว	38
รูปที่ 5.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการหดตัวหลังอบแห้งกับ ขนาดอนุภาคของซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว	38

สารบัญญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นหลังอบแห้ง กับขนาดอนุภาคของซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว	39
รูปที่ 5.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งแรงหลังอบแห้ง กับขนาดอนุภาคของซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว	39
รูปที่ 5.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการหดตัวหลังเผา กับขนาดอนุภาคของซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว	41
รูปที่ 5.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นหลังเผา กับขนาดอนุภาคของซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว	41
รูปที่ 5.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งแรงหลังเผา กับขนาดอนุภาคของซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว	42
รูปที่ 5.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำกับ ขนาดอนุภาคของซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว	42
รูปที่ 5.18 แผนภูมิการเผาแห้งทดสอบที่อุณหภูมิ 900 1000 1100 และ 1180 องศาเซลเซียส	44
รูปที่ 5.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการหดตัวหลังเผา กับอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา	45
รูปที่ 5.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นหลังเผา กับอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา	45
รูปที่ 5.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งแรงหลังเผา กับอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา	46
รูปที่ 5.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำกับอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา	46
รูปที่ 5.23 แผนภูมิการเผาแห้งทดสอบที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียส โดยมีอัตราเร็ว เป็น 2 3 4 และ 5 องศาเซลเซียสต่อนาที	47
รูปที่ 5.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการหดตัวหลังเผา กับอัตราเร็วที่ใช้ในการเผา	49
รูปที่ 5.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นหลังเผา กับอัตราเร็วที่ใช้ในการเผา	49
รูปที่ 5.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการความแข็งแรงหลังเผา กับอัตราเร็วที่ใช้ในการเผา	50

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 5.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำกับอัตราเร็วที่ใช้ในการเผา	50
รูปที่ 5.28 X-ray diffraction pattern ของแท่งทดสอบหลังเผาที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียส อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียสต่ออนาที	53
รูปที่ 5.29 X-ray diffraction pattern และเฟสของแท่งทดสอบหลังเผาที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียส อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียสต่ออนาที	54
รูปที่ 5.30 แผนภูมิแสดงการเปลี่ยนแปลงเฟสของเซรามิกที่มีส่วนประกอบเป็นSiO ₂ -Al ₂ O ₃	55
รูปที่ ผ1 ซิลิกา-อะลูมินาไม่เผา ที่ผ่านการเผา และ ที่ผ่านการบด	134
รูปที่ ผ2 ซิลิกา-อะลูมินาหลังการเผาและบด โดยร้อนผ่านตะแกรงขนาดต่างๆ	134
รูปที่ ผ3 ดินดำแม่แซนขนาด 325 เมช	135
รูปที่ ผ4 เฟลด์สปาร์ขนาด 325 เมช	135
รูปที่ ผ5 เครื่องรีดดิน (Extrusion)	136
รูปที่ ผ6 เตาเผาไฟฟ้าอุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส	136
รูปที่ ผ7 ส่วนผสมที่ผ่านการนวดผสม	137
รูปที่ ผ8 แท่งทดสอบก่อนเผาและหลังเผา	137
รูปที่ ผ9 แท่งทดสอบหลังเผาที่อัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินา 30 35 40 และ 45%	138
รูปที่ ผ10 แท่งทดสอบหลังเผาที่มีขนาดของซิลิกา-อะลูมินา 100 150 และ 200 เมช	139
รูปที่ ผ11 แท่งทดสอบหลังเผาที่อุณหภูมิ 900 1000 1100 และ 1180 องศาเซลเซียส	140
รูปที่ ผ12 แท่งทดสอบหลังเผาที่อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 2 3 4 และ 5 องศาเซลเซียสต่ออนาที	141
รูปที่ ผ13 เครื่องทดสอบกำลังรับแรงดัดของแท่งเซรามิก	142

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำนิยาม

Liquid Limit คือ ปริมาณน้ำที่น้อยที่สุดที่ดินสามารถไหลไปด้วยน้ำหนักของดินเอง

Plastic Limit คือ ปริมาณน้ำที่น้อยที่สุดที่ดินสามารถถูกคลึงเป็นเส้นกลม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.2 มม. ได้โดยไม่เกิดรอยแตกที่ผิว

ค่าความเหนียว (Plastic Index) คือ ผลต่างระหว่างค่า Liquid Limit กับ ค่า Plastic Limit

ค่าการหดตัวหลังอบแห้ง คือ ค่าของขนาดที่เล็กลงของแท่งทดสอบหลังการอบที่ อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักคงที่

ค่าการหดตัวหลังเผา คือ ค่าของขนาดที่เล็กลงของแท่งทดสอบหลังการเผา

ค่าความหนาแน่น คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักกับปริมาตร

ค่าความแข็งแรง คือ ค่ากำลังรับแรงดัดของแท่งทดสอบ โดยให้น้ำหนักกดลงตรงกลางของแท่งทดสอบระหว่างที่รองรับ 2 ข้าง

ค่าการดูดซึมน้ำ คือ ค่าปริมาณน้ำที่แท่งทดสอบดูดซึมเข้าไปหลังจากดัมในน้ำเดือด 5 ชั่วโมง และแช่ไว้ในน้ำอีก 24 ชั่วโมง แล้วนำขึ้นมาเช็ดด้วยผ้าหมาด แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก เทียบกับน้ำหนักแห้ง

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย