

๗๖๖ ๑๕
๗๖๖ ๑๕
๖ ๓

การทดลองอัตราส่วนผสมของไฟโรฟิลไลต์ ดินทนไฟและอลูมินาสำหรับทำเนื้อดินปั้น
เพื่อทำตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขี้ฉะเผา

ปริญญานิพนธ์

ของ

ปรีชา แก้วศรี

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา

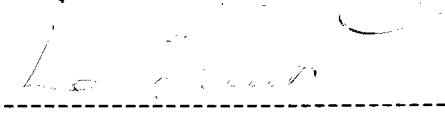
กุมภาพันธ์ ๒๕๔๒

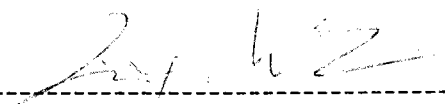
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

๗๖๖ ๑๕

คณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการสอบได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอก
อุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

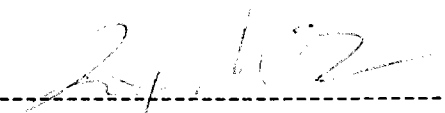
คณะกรรมการควบคุม


..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ โกมล รักษ์วงศ์)


..... กรรมการ
(ดร. บรรชา รัตนวัย)

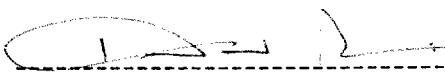
คณะกรรมการสอบ


..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ โกมล รักษ์วงศ์)


..... กรรมการ
(ดร. บรรชา รัตนวัย)


..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(รองศาสตราจารย์ ทวี พรหมพฤกษ์)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ


..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

วันที่ 17 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2542

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับความอนุเคราะห์ให้คำแนะนำ แก้ไข ดูแล และให้กำลังใจอย่างดียิ่ง จากผู้ช่วยศาสตราจารย์โกมล รัชชวงศ์ และ ดร. บรรชา รัตนวัย รวมทั้งรองศาสตราจารย์ ทวี พรหมพฤษ ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบพร้อมกับให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ เพื่อให้งานวิจัยสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และวิศวกรรมศาสตร์สถาบันราชภัฏ พระนคร กรุงเทพมหานคร และคณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพมหานคร ที่ได้อนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมืออุปกรณ์ในการดำเนินการวิจัย ทำให้การวิจัยครั้งนี้ดำเนินไปอย่างเรียบร้อย

ขอขอบพระคุณ คุณลาวัณย์ โพธิ์ทองคำ และคุณไพโรจน์ ศาสตวิสุทธิ์ พร้อมทั้ง คุณอุไรวรรณ คำภูแสน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ผู้วิจัยในด้านเอกสารและการจัดพิมพ์ปริญญานิพนธ์ ได้ดำเนินไปอย่างราบรื่น

อนึ่ง ผู้วิจัยได้รับการสนับสนุนและกำลังใจเป็นอย่างดี จากคณาจารย์และกรรมการบริหารหลักสูตรสาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษาทุกท่านทั้งจากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และสถาบันราชภัฏพระนคร ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเพื่อนร่วมงาน ญาติพี่น้องที่มีส่วนช่วยเหลือ สนับสนุนและให้กำลังใจในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

ผู้วิจัยขอขอบคุณดีทั้งหมดของงานวิจัยนี้ แต่คุณพ่อคุณแม่และครู-อาจารย์ อันเป็นที่เคารพสูงสุดของผู้วิจัย

ปรีชา แก้วศรี

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	4
ความสำคัญของการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเนื้อดินปั้น.....	8
ประเภทของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์.....	14
วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองและการเตรียมเนื้อดินปั้นในการขึ้นรูป.....	23
ตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผา.....	26
เตาเผาและวิธีการเผาพร้อมกับอุปกรณ์การเผา.....	35
การทดสอบทางกายภาพ.....	39
การทดสอบทางเคมี.....	43
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	44
สรุป.....	45
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	46
วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง.....	46
ตัวแปรที่ศึกษา.....	49
อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	50
การดำเนินการทดลอง.....	50
สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง.....	53
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	53

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	55
ผลการวิเคราะห์แผ่นทดลองที่เผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชันและรีดักชัน พร้อมทั้งผลการวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมี.....	55
5 สรุปผลอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....	70
✓ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	70
ตัวแปรที่จะศึกษา.....	70
วัตถุดิบที่นำมาใช้ในการวิจัย.....	71
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	71
การดำเนินการทดลอง.....	71
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	72
✓สรุปผลการทดลอง.....	72
✓การอภิปรายผล.....	73
ข้อเสนอแนะ.....	74
บรรณานุกรม.....	75
ภาคผนวก.....	78
ภาคผนวก ก. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผา ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเนื้อดินปั้นและผลวิเคราะห์ทางเคมี ของวัตถุดิบ.....	79
ภาคผนวก ข. หนังสือขอความอนุเคราะห์สถานที่ทำการวิจัย.....	83
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	86

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงค่าของวัตถุดิบบนตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าในภาพประกอบ 1.....	14
2 แสดงวัตถุนไฟชนิดซิลิคอนคาร์ไบด์.....	17
3 โคโโลไมท์ที่เปลี่ยนโครงสร้างได้และเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไม่ได้.....	19
4 วัตถุดิบโลหะผสมกับอโลหะ.....	22
5 แสดงอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นทนไฟ ที่ต้องอ้างอิงจากภาพประกอบ 12.....	48
6 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพ ความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น.....	56
7 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพ การหดตัวของเนื้อดินปั้น.....	58
8 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพ การทนความร้อนของเนื้อดินปั้น.....	60
9 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลันของเนื้อดินปั้น...	62
10 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพ การรับน้ำหนักของเนื้อดินปั้น.....	64
11 แสดงคุณสมบัติทางเคมี การทนต่อการกัดกร่อนของค่าที่มีความเข้มข้นของเนื้อดินปั้น	65
12 แสดงคุณสมบัติทางเคมี การทนต่อการกัดกร่อนของกรดที่มีความเข้มข้นของเนื้อดินปั้น	66
13 แสดงคุณสมบัติทางเคมี การทนปฏิกิริยาคาร์บอนและสารประกอบซัลเฟอร์โดยการเผา ในบรรยากาศแบบรีดักชัน.....	67
14 แสดงผลการวิเคราะห์ทางเคมีจำนวน 8 สูตร.....	68
15 แสดงผลการวิเคราะห์ทางเคมีของวัตถุดิบ.....	82

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ

หน้า

1	ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าแสดงอัตราส่วนเนื้อดินป็น.....	13
2	การเปลี่ยนแปลงสถานะภาพของไฟโรฟิลไลต์กับดินขาวในอุณหภูมิเท่ากัน.....	25
3	ตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผาสำหรับโถส้อมประเภทชั้นเดียว.....	28
4	ตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผาสำหรับโถส้อมประเภทสองชั้น.....	29
5	ตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผาสำหรับอ่างล้างหน้า.....	30
6	ตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผาประเภทรับรองศาได้.....	31
7	ตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผาประเภทรองรับแผ่นรองเผาขนาดใหญ่.....	32
8	ตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผาประเภทรองรับแผ่นรองเผาขนาดกลาง.....	33
9	ตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผาประเภทรองรับแผ่นรองเผาขนาดเล็ก.....	34
10	แสดงการกดน้ำหนักลงบนแท่งทดลองด้วยเครื่องมือทดสอบความแข็งแรง.....	40
11	แสดงการทำเครื่องหมายไว้ที่แท่งทดลอง.....	41
12	แสดงอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบบนตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าจำนวน 36 อัตราส่วนผสม	47
13	แสดงวิธีการดำเนินการทดลอง.....	52
14	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการเผาทดสอบคุณสมบัติ กราฟแสดงทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเนื้อดินป็นในบรรยากาศ ออกซิเดชั่น.....	80
15	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการเผาทดสอบคุณสมบัติ กราฟแสดงทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเนื้อดินป็นในบรรยากาศ รีดักชั่น.....	81

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

อุตสาหกรรมเซรามิกส์เป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่น่าจับตามอง เพราะได้มีการพัฒนาจากการผลิตเพื่อทดแทนการนำเข้าจนกลายเป็นอุตสาหกรรมการส่งออก สามารถนำเข้าเงินตราต่างประเทศได้ปีละกว่า 6,000 ล้านบาท และการส่งออกมีแนวโน้มขยายตัวในอัตราที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในกลุ่มของข้าวสวย สุขภัณฑ์ กระเบื้อง และผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการก่อสร้าง ในขณะเดียวกันเรายังนำเข้าวัสดุอุปกรณ์บางชนิดเพื่อใช้ในการกระบวนการผลิตซึ่งมีราคาแพงและเสียเวลาในการรอสินค้า เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ต้นทุนสูงทำให้สินค้าไม่สามารถสู้ราคากับสินค้าอื่น ๆ ได้ (สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน. 2538 : 66-73)

ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาประเภทสุขภัณฑ์มีอุปกรณ์หลายชนิดด้วยกัน ที่ต้องใช้วัตถุดิบไฟเข้าช่วยเป็นส่วนประกอบในการผลิต วัตถุดิบไฟเหล่านี้ได้แก่วัตถุดิบไฟที่ใช้เป็นส่วนประกอบของเตาเผาในส่วนที่สัมผัสกับความร้อนที่อุณหภูมิสูง ๆ และอุปกรณ์เตาเผา (kiln furniture) ส่วนที่เป็นอุปกรณ์ที่ใช้กับผลิตภัณฑ์โดยตรงคือตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผา (firing setter) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อรักษารูปทรงของสุขภัณฑ์ให้คงรูปในขณะที่เผา คือป้องกันผลิตภัณฑ์บิดเบี้ยวไม่เกิดผลเสียหายและนำไปใช้งานได้ดี ปัจจุบันตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผาหลายชนิดนำเข้าจากต่างประเทศมีราคาแพงอาทิเช่น ซิลิคอนคาร์ไบด์ (silicon carbide) คอเดียไรท์ (cordiarite) และคอไรท์ (corite) ทำให้เกิดปัญหาการนำเข้า ปัญหาการจัดซื้อ และปัญหาทางด้านราคาผลิตภัณฑ์ที่มีราคาสูงของตัวรองรับผลิตภัณฑ์ ปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้ถ้าได้รับการแก้ไขหรือหาวัสดุอื่นมาทดแทนได้จะทำให้ต้นทุนของการผลิตลดลง วัตถุดิบไฟเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถทนความร้อนได้สูงตั้งแต่ 1,500 องศาเซลเซียสขึ้นไป ทนกรดและด่างได้ดี ไม่เปลี่ยนแปลงสภาพเมื่อได้รับความร้อน มีสมบัติการหดตัวขยายตัวน้อย มีความทนทานต่อการใช้งาน สามารถแบ่งวัตถุดิบไฟออกได้ 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ แบ่งตามคุณสมบัติทางเคมีและแบ่งตามอุณหภูมิที่สามารถทนความร้อนได้

วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อวัตถุดิบไฟมีส่วนประกอบทางเคมีและโครงสร้างเล็ก ๆ ทำให้ภายในเนื้อผลิตภัณฑ์วัตถุดิบไฟมีความแตกต่างกันไปมากมายยากแก่การบรรยายคุณลักษณะ

ทางเคมีและกายภาพเฉพาะอย่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งโครงสร้างจะเกิดการเปลี่ยนแปลงตามสภาวะการใช้งาน และระยะเวลาที่วัตถุดิบไฟนั้นถูกนำไปใช้ โดยปกติทั่วไปวัตถุดิบไฟชนิดต่าง ๆ ประกอบด้วยวัตถุดิบที่ผ่านการเผามาก่อนและมีขนาดค่อนข้างหยาบหรือมีขนาดนั้นก็จะ ประกอบด้วยอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่ไม่เท่ากัน เนื้อของวัตถุดิบไฟมีสารประกอบหลายชนิดด้วยกันทำให้การผลิตวัตถุดิบไฟมีกรรมวิธีผลิตที่แตกต่างกันไปตามคุณสมบัติของวัตถุดิบ

(โกลม รัชวงศ์. 2531 : 138)

วัตถุดิบไฟ (refractories) ส่วนมากจะใช้ดินทนไฟเป็นส่วนผสม ดินทนไฟที่ใช้เป็นส่วนผสมมี 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ดินทนไฟประเภทที่มีสารประกอบของซิลิกาสูง และดินทนไฟที่มีสารประกอบของอลูมินาสูง นอกจากใช้ดินทนไฟแล้วยังใช้วัตถุดิบอื่นๆผสมในเนื้อวัตถุดิบไฟอีกมากมายได้แก่ แร่ซิลิมาไนท์ (silimanite) ไคยาไนท์ (kyanite) โทเปซ (topaz) ไดอะสปอร์ (diaspore) และบ็อกไซต์ (bauxite) เป็นต้น วัตถุดิบเหล่านี้เมื่อนำไปเผาในอุณหภูมิสูงจะเปลี่ยนสภาพเป็นสารประกอบมุลไลต์ (mullite) อย่างไรก็ดีสารประกอบของซิลิกาจะมีปะปนอยู่ในวัตถุดิบเกือบทุกชนิด โดยเฉพาะดินทนไฟจะมีสารประกอบของซิลิกาปะปนอยู่มาก ในบางครั้งมีความจำเป็นที่ต้องใช้ซิลิกาผสมลงไปเนื้อดินปั้นเพื่อลดการแตกร้าวของผลิตภัณฑ์ทั้งก่อนและหลังเผา การศึกษาโครงสร้างทำการศึกษาได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดา โครงสร้างส่วนใหญ่ประกอบด้วยผลึกมุลไลต์ที่อยู่ในเนื้อสารซิลิกาอัลคาไลน์และอัลคาไลน์เอิร์ท เหล็กและสิ่งสกปรกอื่นที่มีลักษณะแบบเดียวกันจะรวมตัวกับสารซิลิกาเกิดเป็นเนื้อแก้วที่มีจุดหลอมตัวต่ำ ซึ่งจะเป็นผลทำให้ความทนไฟลดลง (ปรีดา พิมพ์ขาวฯ. 2535 : 342)

ตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผาสำหรับใช้ในการผลิตสุกักกันเป็นวัตถุดิบไฟชนิดซึ่งเป็นวัตถุดิบไฟชนิดซิลิคอนคาร์ไบด์ คอเดียไรท์ และคอไรท์ วัตถุดิบที่ใช้ผสมทำเนื้อดินปั้นทำตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผาจะใช้วัตถุดิบตัวต่อไปนี้

1. ซิลิคอนคาร์ไบด์ เป็นวัตถุดิบที่มีสารประกอบของคาร์บอนกับซิลิกา การเตรียมซิลิคอนคาร์ไบด์เตรียมจากการใช้ถ่านคาร์บอนของโปโดเลียม ซิลิกา ขี้เถ้า และเกลือแกง นำวัตถุดิบเหล่านี้มาผสมกันเผาในอุณหภูมิ 2,000-2,200 องศาเซลเซียสในเตาเผาสุญญากาศ จะเกิดสารประกอบขึ้นมาใหม่คือซิลิคอนคาร์ไบด์มีคุณสมบัติทนความร้อนสูง มีความแข็งแรงทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิฉับพลัน เหมาะสำหรับใช้เป็นส่วนผสมของตัวรองรับผลิตภัณฑ์ในอุณหภูมิสูง

2. ดินทนไฟที่ใช้สำหรับทำตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผา 2 ชนิดด้วยกันคือ

2.1 ดินทนไฟชนิดซิลิกาสูง มีความทนทานต่อแรงกดในขณะใช้งานที่อุณหภูมิสูงได้ดี นิยมใช้สร้างหลังคาเตา เช่น เตาถลุงโลหะ เตาหลอมเหล็ก เตาเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์และเตาเผาถ่านโค้ก อิฐและอุปกรณ์เตาเผาผลิตภัณฑ์จากหินแกนิสเตอร์หรือควอตซ์ (ganister or quartzite) ซึ่งมีซิลิการ้อยละ 98 บดละเอียดผสมกับน้ำค้าง ซึ่งมีแคลเซียมออกไซด์ (calcium oxide) ร้อยละ 2 ในระหว่างการเผา แคลเซียมจะทำให้ซิลิกาเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นคริสโตบาไลต์เกือบทั้งหมด โดยคริสโตบาไลต์เกิดจากขอบนอกของอนุภาค และเติบโตเข้าไปในอนุภาค (ปริศา พิมพ์ขาวขำ. 2535 : 334-335)

2.2 ดินทนไฟชนิดอลูมินาสูง อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาถึงจุดหลอมละลายประมาณ 2,050 องศาเซลเซียส สภาพของดินทนไฟชนิดนี้มีฤทธิ์เป็นกลางสามารถรับน้ำหนักที่อุณหภูมิสูงได้ดี และทนต่อการกัดกร่อนของกรดและด่างเหมาะแก่การนำมาใช้ทำวัสดุก่อสร้างในเตาเผา เช่น อิฐทนไฟ (ปริศา พิมพ์ขาวขำ. 2535 : 366)

3. แร่บ็อกไซต์ (bauxite ; Al_2O_3) เป็นสารประกอบของอลูมินามีความแข็ง 8 ทน อุณหภูมิได้ประมาณ 2,000 องศาเซลเซียส น้ำหนักโมเลกุล 102 ทนอุณหภูมิฉับพลันได้ดี ใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อดินปั้นทำให้เนื้อดินปั้นมีคุณสมบัติ ทนต่อความร้อนได้ดี และทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิฉับพลัน มีความแข็งแรง มีการหดตัวน้อย

4. ไพโรฟิลไลต์ เป็นสารประกอบอลูมินาซิลิเกต (aluminasilicate ; $Al_2O_3 \cdot SiO_2$) เป็นวัตถุดิบที่ทนความร้อนสูงได้ถึง 1,600-1,700 องศาเซลเซียส มีน้ำหนักโมเลกุล 162 ทนอุณหภูมิฉับพลันได้ดี หดตัวน้อย มีความแข็งแรงเมื่อใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้น

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของการทำเนื้อดินปั้นชนิดที่มีส่วนประกอบของอลูมินา ดินทนไฟและไพโรฟิลไลต์ เพื่อที่จะนำไปทำตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผาด้วยเหตุผลดังนี้

1. ต้องการลดการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศเพราะต้องเสียเวลาในการรอสินค้า และราคาแพง
2. ต้องการที่จะใช้วัตถุดิบในประเทศให้มากขึ้นเพราะต้องการพัฒนาวัตถุดิบให้สามารถนำไปใช้งานได้
3. สามารถทำขนาดและรูปร่างตามที่ลักษณะการใช้งานได้ ไม่ว่าจะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม รูปทรงกลมหรือเป็นแท่งก็สามารถทำได้

การวิจัยครั้งนี้เป็นประโยชน์ต่อสถานประกอบการประเภทที่ต้องใช้ตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผาและยังเป็นประโยชน์ต่อวงการการศึกษาอีกด้วย

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อหาอัตราส่วนผสมสำหรับทำเนื้อดินปั้นทำตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผาโดยใช้ไพโรฟิลไลต์ ดินทนไฟ อลูมินา เผาในอุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียสเผาในบรรยากาศออกซิเดชันและรีดักชัน
2. เพื่อนำเนื้อดินปั้นสำหรับทำตัวรองรับผลิตภัณฑ์ไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี

ความสำคัญของการวิจัย

1. ได้อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่หดตัวน้อยรับน้ำหนักได้ดี และทนความร้อน
2. ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการนำเอาวัตถุดิบภายในประเทศมาใช้ทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศและลดต้นทุนการผลิต
3. การวิจัยครั้งนี้เป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจและสถานประกอบการอุตสาหกรรมเซรามิกส์ประเภทที่ต้องใช้ตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผา

ขอบเขตของการวิจัย

เพื่อให้การวิจัยครั้งนี้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ผู้วิจัยจึงได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยครั้งนี้ไว้คือ

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้
 - 1.1 อลูมินา ใช้ประเภทที่วงการอุตสาหกรรมทั่วไปใช้ (commercial grade raw material) จากบริษัท เซอร์นิค
 - 1.2 ดินทนไฟ (fire clay) จากจังหวัดปราจีนบุรี
 - 1.3 ไพโรฟิลไลต์ (pyrophyllite) จากนครนายก
 - 1.4 กากน้ำตาล (molasses)
2. นำไปใช้งานที่อุณหภูมิไม่เกิน 1,250 องศาเซลเซียส
3. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดโดยใช้แรงอัด 5,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยใช้กากน้ำตาลผสมร้อยละ 10

4.1 ตัวแปรอิสระได้แก่

4.1.1 อัตราส่วนผสมระหว่าง ไฟโรไฟลไลต์ ดินทนไฟ อลูมินา และบรรยากาศในการ

เผา

4.2 ตัวแปรตามได้แก่

4.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพมีดังนี้

4.2.1.1 ความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น (modulus of rupture)

4.2.1.2 การหดตัวของเนื้อดินปั้น (total shrinkage)

4.2.1.3 การทนต่อความร้อน (refractoriness)

4.2.1.4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิฉับพลัน (thermal shock)

4.2.1.5 การรับน้ำหนัก (load test)

4.2.2 คุณสมบัติทางเคมีมีดังนี้

4.2.2.1 ทนต่อการกัดกร่อนของด่างที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยใช้โซดาไฟ (NaOH) เป็นตัวทดลองใช้เวลา 12 ชั่วโมง

4.2.2.2 ทนต่อการกัดกร่อนของกรดที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยใช้กรดเกลือ (HCl) เป็นตัวทดลองใช้เวลา 12 ชั่วโมง

4.2.2.3 ทนต่อปฏิกิริยาคาร์บอนและสารประกอบซัลเฟอร์โดยทำการเผาในบรรยากาศรีดักชันที่อุณหภูมิไม่เกิน 1,200 องศาเซลเซียส

5. การสุ่มตัวอย่าง

ตัวอย่างได้มาจากการสุ่มแบบเจาะจง (purposive sampling) จากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า (triaxial diagram) โดยใช้วัตถุดิบหลักไฟโรไฟลไลต์ ดินทนไฟ และอลูมินาจำนวน 36 จุด

6. ใช้ตาชั่งส่วนผสมด้วยเครื่องชั่งระบบไฟฟ้า

7. ขึ้นรูปชิ้นงานทดลอง เป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาดความกว้าง 50 มิลลิเมตร ความหนา 15 มิลลิเมตร ความยาว 120 มิลลิเมตร

8. ใช้ไฟโรเมตริกโคนมาตรฐานออร์ตัน (orton standard cone) เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

9. เผาด้วยเตาแก๊ส

10. ขนาดตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผาจะต้องมีขนาดความกว้าง 70 มิลลิเมตร ความยาว 70 มิลลิเมตร ความสูง 300 มิลลิเมตร โดยวิธีการอัดคัดเลือกเอาตัวอย่างที่ดีที่สุดมาทำของจริง

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ตัวรองรับผลิตภัณฑ์หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ใช้สำหรับรองรับหรือเป็นตัวค้ำรับน้ำหนักของสุกัณฑ์ในขณะที่เผาเพื่อรักษารูปทรงให้สวยงาม และให้ได้ขนาดตามที่กำหนด
2. ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า หมายถึงตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าใช้สำหรับสุ่มตัวอย่างคำนวณหาส่วนผสมของเนื้อดินปั้น
3. การอัด คือ การขึ้นรูปทรงด้วยวิธีการอัดโดยใช้แรงอัดด้วยเครื่องมือกลโดยใช้กำลังอัด 5,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
4. การเผาแบบออกซิเดชัน (oxidation) หมายถึงการเผาไหม้ที่สมบูรณ์โดยที่ออกซิเจนทำปฏิกิริยากับเชื้อเพลิงสมดุลกัน
5. การเผาแบบรีดักชัน (reduction) หมายถึงการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์โดยที่ออกซิเจนทำปฏิกิริยากับเชื้อเพลิงไม่สมดุลกัน
6. วัตถุดิบที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรมทั่วไป หมายถึงวัตถุดิบที่นำมาใช้ทำเครื่องปั้นดินเผาที่ไม่ได้กำหนดจำเพาะเจาะจงมาจากแหล่งใด
7. การหดตัวของดินปั้น หมายถึง เปอร์เซ็นต์การหดตัวผลิตภัณฑ์เมื่อปล่อยให้แห้งและเมื่อผ่านการเผา
8. ความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น หมายถึง ความทนทานต่อแรงกดของผลิตภัณฑ์ที่แห้งแล้วโดยใช้เครื่องมือทดสอบความแข็งแรงวัดค่าได้เป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
9. วัตถุดิบไฟ (refractories) หมายถึง ความทนทานต่อความร้อนของเนื้อผลิตภัณฑ์โดยไม่หลอมละลายที่อุณหภูมิ 1,500 องศาเซลเซียส
10. อัตราส่วนผสม หมายถึง อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบแต่ละตัวที่นำมาผสมด้วยกัน ปริมาณของวัตถุดิบคิดเป็นอัตราส่วนโดยน้ำหนัก
11. การทนกรดทนด่าง หมายถึง การนำผลิตภัณฑ์ที่ทดลองไปแช่กรดและด่างมีความเข้มข้นร้อยละ 20 ภายในเวลา 12 ชั่วโมงผลิตภัณฑ์ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
12. การทนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิฉับพลัน หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทดลองสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลันได้ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส
13. การรับน้ำหนัก หมายถึง ตัวรองรับผลิตภัณฑ์จะต้องรับน้ำหนักได้ไม่ต่ำกว่า 50 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
14. การทนต่อปฏิกิริยาคาร์บอน และสารประกอบซัลเฟต หมายถึง การนำเอาผลิตภัณฑ์ตัวรองรับน้ำหนักไปเผาในบรรยากาศรีดักชัน อุณหภูมิไม่เกิน 1,200 องศาเซลเซียส

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเอกสาร ตำราและงานวิจัย ซึ่งจะเป็นประโยชน์และทำให้การวิจัยครั้งนี้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ โดยแยกไว้เป็นหัวข้อดังนี้

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเนื้อดินปั้น
 - 1.1 ความหมายของดิน
 - 1.2 ประเภทของดิน
 - 1.3 ความหมายของเนื้อดินปั้น
 - 1.4 เนื้อดินปั้นบนตารางสามเหลี่ยม
2. ประเภทของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์
 - 2.1 ผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้าง
 - 2.2 ผลิตภัณฑ์ถ้วยชามต่าง ๆ
 - 2.3 วัตถุทนไฟ
 - 2.4 วัสดุขั้วฉนวน
 - 2.5 เครื่องฉนวน
 - 2.6 โลหะเคลือบ
 - 2.7 แก้ว
 - 2.8 เซอร์เมท
3. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองและการเตรียมเนื้อดินปั้นในการขึ้นรูป
 - 3.1 อลูมินา
 - 3.2 ดินทนไฟ
 - 3.3 ไพโรฟิลไลต์
 - 3.4 ของเหลว น้ำอ้อยหรือน้ำตาล
 - 3.5 การขึ้นรูปด้วยวิธีการอัด
4. ตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผา
 - 4.1 ความหมายของตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผาและวัตถุที่ใช้ผลิต
 - 4.2 คุณสมบัติของตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผา

5. เตาเผาและวิธีการเผาพร้อมกับอุปกรณ์การเผา

5.1 ชนิดของเตาเผา

5.2 เตาไฟฟ้า

5.3 เตาแก๊ส

5.4 การเผาผลิตภัณฑ์

5.5 อุปกรณ์และเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

6. การทดสอบทางกายภาพ

6.1 การทดสอบความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น

6.2 การทดสอบความหดตัวของเนื้อดินปั้น

6.3 การทดสอบความทนไฟของเนื้อดินปั้น

6.4 การทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิฉับพลัน

6.5 การทดสอบการรับน้ำหนัก

7. การทดสอบทางเคมี

7.1 ทดสอบกับด่าง โดยการแช่ในโซดาไฟความเข้มข้นร้อยละ 20 เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

7.2 ทดสอบกับกรด โดยการแช่ในกรดเกลือความเข้มข้นร้อยละ 20 เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

7.3 ทดสอบแก๊สคาร์บอนและสารประกอบซัลเฟอร์

8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

9. สรุป

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเนื้อดินปั้น

1.1 ความหมายและการกำเนิดของดิน ดิน(clay) หมายถึงวัตถุดิบที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติโดยเกิดการแปรสภาพของหินฟืน้ำ เนื่องจากความชื้นเป็นตัวกระทำให้หินฟืน้ำเกิดการผุพังเปลี่ยนสภาพเป็นดิน ปฏิกริยานี้เรียกว่า เกาลินไนท์เซชัน (kaolinitezation) (โกมล รักษ์วงศ์. 2531 : 3) ดินเป็นสารประกอบอณูโมเลกุลที่มีสารประกอบอื่น ๆ ปะปนอยู่มากมายเป็นสาเหตุให้ดินไม่บริสุทธิ์ สารเหล่านี้ได้แก่ หินเขียวหนุมาน ไมก้า เหล็กออกไซด์ ฟลูออไรด์ มัลโคไวท์ แคลเซียม แมกนีเซียม เป็นต้น ดินแต่ละประเภทจะมีโครงสร้างที่แตกต่างกัน ส่วนใหญ่จะมีโครงสร้างเป็นแผ่น (sheet structure) แต่ก็จะมีบางชนิดที่จับตัวเป็นลูกโซ่ (chain silicates) ดินทุกประเภทจะมีความเหนียวในขณะที่มีน้ำผสมอยู่ ความเหนียวของดินขึ้นอยู่กับขนาดของเม็ดดิน หากเม็ดดินที่มีความละเอียดมากความเหนียวก็จะมีมากขึ้น เมื่อดินแห้งก็ยังคงรักษารูปทรง

ไว้ได้ความแข็งแกร่งเพิ่มมากขึ้นแต่ค่อนข้างเปราะ เมื่อนำไปเผาจะเกิดการเปลี่ยนแปลงมากขึ้นขนาดจะเล็กลงแต่ความแข็งแกร่งมากขึ้นหากนำมาผสมน้ำ ดินจะไม่เกิดความเหนียวอีกต่อไป (สมศักดิ์ ชาวลาวัณย์. 2535 : 21) ดินเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการทำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาโดยเฉพาะภาชนะรองรับอาหาร เครื่องสุขภัณฑ์ กระเบื้อง วัสดุก่อสร้าง ฉนวนไฟฟ้า และอื่น ๆ ดินที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์มีหลายชนิดแตกต่างกันไปตามลักษณะของดิน นับตั้งแต่แหล่งกำเนิดของดิน โครงสร้าง คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี เช่น สีของดินต่างกัน ความเหนียวต่างกัน ปริมาณซิลิกาต่างกัน เป็นต้น (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2535 : 41)

ดินที่นำมาใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ เครื่องปั้นดินเผา มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการกำเนิดของแหล่งดิน ทำให้มีผลต่อคุณสมบัติต่าง ๆ อย่างมากมาย เช่น สีของดิน ความทนไฟ การหดตัว และความเหนียวของดิน ซึ่งแบ่งตามแหล่งกำเนิดเป็น 2 ชนิด คือ (ทวี พรหมพุกฤษ. 2523 : 58)

1. ดินที่เกิดครั้งแรก (primary clay)

2. ดินที่เกิดครั้งที่สอง (secondary clay)

1. ดินที่เกิดครั้งแรก คือ ดินที่เกิดในที่ราบสูงได้แก่ดินขาวมีเนื้อดินหยาบให้สีขาวหรือสีขาวหม่น ความทนไฟสูง ความเหนียวไม่ดีพอที่จะขึ้นรูปได้ต้องนำไปผสมกับวัตถุดิบอื่น

2. ดินที่เกิดครั้งที่สอง คือ ดินที่เกิดในที่ราบต่ำหรือที่ราบลุ่มได้แก่ดินบอเคลย์หรือดินเหนียว เนื้อดินละเอียดมีความเหนียวดี เหมาะกับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ให้ความแข็งแรงต่อผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่เผามีการหดตัวมากกว่าดินขาว เมื่อนำไปเผาแล้วผลิตภัณฑ์บิดเบี้ยวได้ง่ายพบในธรรมชาติมีสีเทา สีเทาดำแต่เมื่อนำไปเผาแล้วให้สีขาวใช้มากในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ (ทวี พรหมพุกฤษ. 2523 : 62)

1.2 ประเภทของเนื้อดิน ดินที่พบในธรรมชาติสามารถแบ่งเป็น 4 ประเภทดังนี้ (โกมล รักษ์วงศ์. 2531 : 8)

1. ดินขาว

2. ดินเหนียว

3. ดินทนไฟ เป็นดินที่สามารถทนความร้อนได้สูงถึง 1,500 องศาเซลเซียส มีความเหนียวมากเมื่อเป็นวัตถุดิบ อาจจะพบเป็นสินแร่ตาลอ่อน สีเทา หรือเข้ม นิยมนำไปใช้ทำอิฐทนไฟใช้ทำส่วนต่าง ๆ ของเตาเผา เตาถลุง เตาต้มน้ำ มีผู้นิยมนำไปผสมเป็นเนื้อดินปั้นสำหรับผลิตภัณฑ์สโตนแวร์เพื่อทำหีบทนไฟ

4. ดินเบนโทไนท์ เป็นดินที่มีความเหนียวและทนความร้อนสูงเกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ต้องการความเหนียวสูงมีการหดตัวมาก ไม่เหมาะกับการใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นประเภทสีขาว

นอกจากนี้ซิงเกอร์ (Singer. 1960 : 26) ได้แบ่งประเภทของดินไว้ดังนี้

1. ดินขาวหลังการเผา

1.1 ดินขาว

1.2 ดินเหนียว

2. ดินทนไฟ

2.1 ดินที่มีส่วนประกอบของซิลิกาสูง

2.2 ดินที่มีส่วนประกอบของอลูมินาสูง

3. ดินที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง

4. ดินสโตนแวร์

1.3 ความหมายของเนื้อดินปั้น เนื้อดินปั้น (bodies) หมายถึง เนื้อดินปั้นที่มีส่วนประกอบเป็นดินหรือเนื้อดินปั้นที่ไม่มีดินเป็นส่วนประกอบ เนื้อดินปั้นที่มีดินเป็นส่วนประกอบอาจมีดินล้วน ๆ หรือดินร้อยเปอร์เซ็นต์ แต่ส่วนมากจะมีวัตถุดิบตัวอื่นผสมอยู่ด้วย เช่นเดียวกับเนื้อดินปั้นที่ไม่มีดินเป็นส่วนประกอบ อาจจะมีเนื้อวัตถุดิบชนิดเดียวหรือมีวัตถุดิบหลายชนิดผสมกันอยู่ (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2535 : 83) เนื้อดินปั้นหมายถึงการนำวัตถุดิบหลาย ๆ ชนิดมาผสมด้วยกันตามสัดส่วนโดยมีเป้าหมายที่แน่นอนที่จะทำผลิตภัณฑ์ชนิดใด ทั้งนี้เพื่อให้เนื้อดินปั้นมีคุณสมบัติถูกต้องและมีคุณภาพที่ดีตามต้องการ (ทวี พรหมพฤษย์. 2523 : 77) เนื้อดินปั้นจึงเป็นการนำดินชนิดต่าง ๆ มาผสมเข้าด้วยกันหรือการผสมดินกับวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ บางครั้งอาจนำดินที่พบอยู่ตามธรรมชาติมาใช้ได้เลย สำหรับทำผลิตภัณฑ์บางประเภท เพราะมีความเหนียวเพียงพอ เช่น ดินเหนียว (ball clay) ดินสโตนแวร์เป็นต้น (Fournier. 1997 : 25) การทำเนื้อดินปั้นแต่ละชนิดจะใช้วัตถุดิบที่แตกต่างกัน เพื่อให้จะได้คุณสมบัติตามความต้องการ เช่น ต้องการให้ทนความร้อน ทนต่อกรดและด่าง ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างกะทันหัน ให้มีความแข็งแรงสูงให้มีความพรุนตัว หรือไม่มีความพรุนตัวเป็นต้น (โกมล รักษ์วงศ์. 2531 : 127) การเตรียมเนื้อดินปั้นอาจใช้ดินล้วน ๆ ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติหรือเตรียมขึ้นจากส่วนผสมของวัตถุดิบ 3 ชนิด คือ ดิน หินฟันม้าและหินเขียวหนุมานโดยใช้สัดส่วนจากตารางสามเหลี่ยม แล้วนำไปทดลองเพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมและที่ดีที่สุดสำหรับทำผลิตภัณฑ์อย่างใดอย่างหนึ่ง (Singer. 1960 : 393)

เนื้อดินปั้นก็เช่นเดียวกับวัตถุขี้ดินอื่น ๆ เพราะว่าเป็นส่วนผสมของวัตถุขี้ดินจึงจำเป็นต้องวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ทั้งนี้จะได้สะดวกต่อการเตรียมเนื้อดินปั้นเมื่อจำเป็นต้องใช้วัตถุขี้ดินใหม่แทนวัตถุขี้ดินเก่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากวัตถุขี้ดินชนิดหนึ่งขาดแคลน หรืออาจเป็นเหตุผลเพื่อการประหยัดหรือลดต้นทุนการผลิต เช่น ใช้วัตถุขี้ดินภายในประเทศแทนวัตถุขี้ดินที่ต้องสั่งมาจากต่างประเทศ เป็นต้น การรู้ลักษณะเฉพาะของเนื้อดินปั้นมาตรฐานเฉพาะโรงงานและเฉพาะชนิดเนื้อดินปั้น จะสามารถทำให้สร้างเนื้อดินปั้นจากวัตถุขี้ดินใหม่ ให้เนื้อดินปั้นที่สร้างขึ้นมามีคุณสมบัติเหมือนเนื้อดินปั้นเดิมทั้งก่อนและหลังทำการเผาซึ่งเท่ากับเป็นการควบคุมคุณภาพระหว่างทำการผลิตผลิตภัณฑ์ (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2535 : 84)

1.4 ประเภทของเนื้อดินปั้น เนื้อดินปั้นในงานอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาแบ่งตามประเภทได้ดังนี้ (สมหวัง นรพัลลภ. 2527 : 36)

1.4.1 เนื้อดินปั้นดินอิทธิเร็นแวร์ (earthen ware) เป็นเนื้อดินปั้นที่มีส่วนผสมดินมากกว่าส่วนผสมอย่างอื่นและเผาอุณหภูมิประมาณ 1,100 องศาเซลเซียส เนื้อดินปั้นนี้สามารถซึมผ่านได้

1.4.2 เนื้อดินปั้นชนิดสโตนแวร์ (stone ware) สำหรับชนิดนี้มีส่วนผสมของหินและดินเท่า ๆ กัน หรืออาจจะมีดินมากกว่าเล็กน้อย แต่เผาในอุณหภูมิค่อนข้างสูงกว่าชนิดแรก คือ ตั้งแต่ 1,200 องศาเซลเซียส เป็นเนื้อดินที่เผาถึงจุดสุกตัว เนื้อดินแข็งแรง น้ำและของเหลวไม่สามารถซึมผ่านได้ ค่อนข้างหยาบ

1.4.3 เนื้อดินปั้นชนิดพอร์ซเลน (porcelain) ส่วนผสมคล้ายชนิดสโตนแวร์แต่จะต้องเป็นเนื้อดินที่เผาสุกตัวแล้วให้สีขาวโปร่งใส เนื้อละเอียดมีความแข็งแรงสูง

1.4.4 เนื้อดินปั้นชนิดบอนไชนา (bone china) เป็นเนื้อดินปั้นชนิดพิเศษ ที่มีส่วนผสมของกระดูกสัตว์ปริมาณสูง และเป็นเนื้อดินที่ค่อนข้างจะมีกรรมวิธีสลับซับซ้อนตั้งแต่เริ่มผลิตจนกระทั่งสำเร็จรูป ส่วนมากจะใช้ผลิตงานที่เป็นเครื่องประดับเป็นส่วนใหญ่

เนื้อดินปั้นทั้ง 4 ชนิดที่กล่าวข้างต้น เป็นที่รู้จักในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาเป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อดินปั้นชนิดพอร์ซเลน เนื่องจากเนื้อดินชนิดนี้พบเห็นอยู่ทุกวันและเกี่ยวข้องในชีวิตประจำวันอยู่เสมอเพราะลักษณะของพอร์ซเลนนั้นมีความแข็งแรงดีโปร่งแสงผ่านการเผาจนถึงจุดสุกตัวน้ำไม่สามารถซึมผ่านได้

1.5 เนื้อดินปั้นไตรเอกเซียล เนื้อดินปั้นไตรเอกเซียลเป็นเนื้อดินปั้นที่นิยมใช้กันทั่วไป ประกอบไปด้วยวัตถุขี้ดิน 3 ชนิด คือ ดิน หินฟันม้า และหินเขียวหนุมาน ซึ่งเป็นหินแร่ตามธรรมชาติ

ที่หาได้ง่ายและราคาถูก ความบริสุทธิ์จะเปลี่ยนแปลงไปตามแหล่งที่พบเมื่อผสมในอัตราส่วนที่พอเหมาะจะทำให้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้ง่ายขึ้น การกล่าวถึงส่วนผสมของเนื้อดินปั้นอาจกล่าวได้

3 ลักษณะ (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2535 : 84-86) ดังนี้

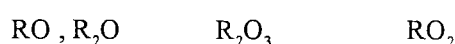
ลักษณะที่ 1 การกล่าวถึงโดยเขียนเป็นค่าร้อยละของวัตถุดิบ เช่น

ดินขาว	ร้อยละ	35
ดินเหนียว	ร้อยละ	25
หินเขียวหนุมาน	ร้อยละ	13
หินฟันม้า	ร้อยละ	27

ลักษณะที่ 2 การกล่าวถึงโดยเปลี่ยนเป็นค่าร้อยละของออกไซด์ต่าง ๆ เช่น

SiO_2	ร้อยละ	66.7
Al_2O_3	ร้อยละ	21.6
Fe_2O_3	ร้อยละ	0.5
CaO	ร้อยละ	0.6
MgO	ร้อยละ	0.4
$\text{K}_2\text{O}, \text{Na}_2\text{O}$	ร้อยละ	4.5
L.O.I	ร้อยละ	5.7

ลักษณะที่ 3 การกล่าวถึงโดยการเขียนสูตรทั่วไปเช่น



$\text{RO}, \text{R}_2\text{O}$ หมายถึง ออกไซด์ของโลหะซึ่งมีวาเลนซ์ 1 และ 2 ตามลำดับเช่น CaO , MgO , K_2O และ Na_2O เป็นต้น

R_2O_3 หมายถึง ออกไซด์ซึ่งมีวาเลนซ์ 3 เช่น Al_2O_3 , Fe_2O_3 เป็นต้น

RO_2 หมายถึง ออกไซด์ของโลหะซึ่งมีวาเลนซ์ 4 เช่น SiO_2 , SnO_2 และ TiO_2 เป็นต้น

สำหรับการทดลองในครั้งนี้ ผู้วิจัยจะกล่าวถึงส่วนผสมของเนื้อดินปั้นตามลักษณะที่ 1 คือเขียนเป็นค่าร้อยละของวัตถุดิบ เนื่องจากเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายและผู้อ่านสามารถทำความเข้าใจง่ายกว่าการกล่าวถึงในลักษณะอื่น ส่วนผสมของค่าที่อ่านได้จะมีค่าเป็นร้อยละของวัตถุดิบแต่ละตัวซึ่งมีวิธีการหาค่าของอัตราส่วนผสมดังต่อไปนี้

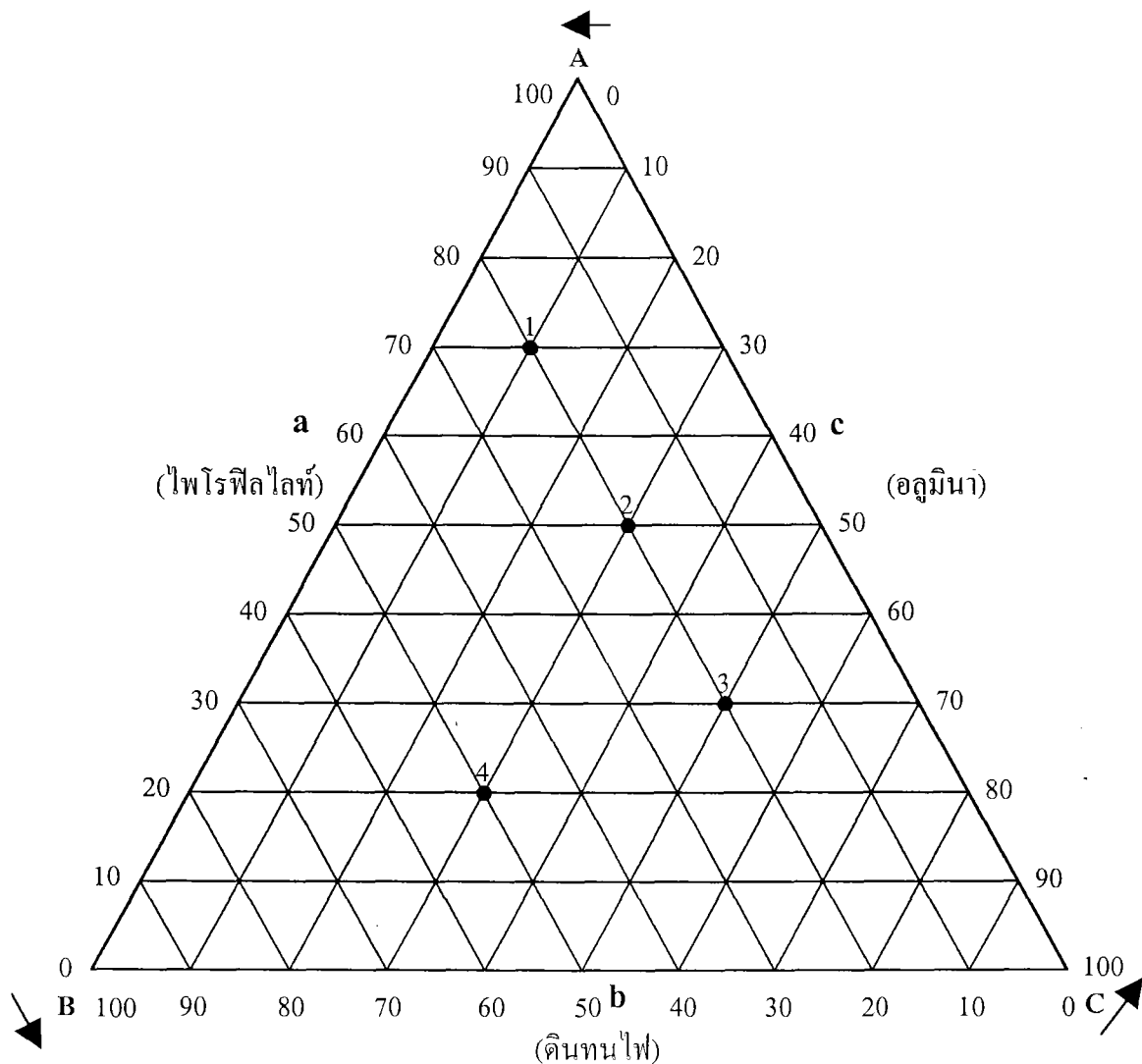
วิธีการหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น จากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าโดยวางวัตถุดิบไว้ตรงมุมของสามเหลี่ยมด้านเท่าแต่ละมุม แล้วอ่านค่าออกมาเป็นส่วนผสมของวัตถุดิบที่รวมกันอยู่ในแต่ละจุดบนตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าค่าของวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด ที่อ่านได้ในแต่ละจุดเมื่อรวมกันแล้วจะต้องได้ หนึ่งร้อยพอดี หากรวมกันแล้วได้มากกว่าหรือน้อยกว่าหนึ่งร้อยแสดงว่าอ่านค่าใดค่าหนึ่ง ผิดวิธีการอ่านค่าของอัตราส่วนบนตารางสามเหลี่ยมด้านเท่ามีดังนี้คือ

สามเหลี่ยมด้านเท่า ABC เป็นวัตถุดิบ 3 ชนิด

การอ่านค่าของวัตถุดิบ A (ไฟโรฟิลไลต์) ให้อ่านค่าตามแกน (←) ที่ด้าน a

การอ่านค่าของวัตถุดิบ B (ดินทนไฟ) ให้อ่านค่าตามแกน (↘) ที่ด้าน b

การอ่านค่าของวัตถุดิบ C (อลูมินา) ให้อ่านค่าตามแกน (↗) ที่ด้าน c



ภาพประกอบ 1 ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าแสดงอัตราส่วนเนื้อดินปั้น

จากภาพประกอบ 1 แสดงให้เห็นว่า จุดที่ 1, 2, 3 และ 4 มีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ A, B, C ในแต่ละจุดตามตาราง 1

ตาราง 1 แสดงค่าของวัตถุดิบบนตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าในภาพประกอบ 1

จุดที่	วัตถุ A	วัตถุ B	วัตถุ C	รวม
1	70	20	10	100
2	50	20	30	100
3	30	20	50	100
4	20	50	30	100

(Hopper . 1984 : 67-72)

2. ประเภทของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

2.1 ผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้าง ได้แก่ อิฐธรรมดา อิฐปูพื้น ซีเมนต์ พลาสติก และกระเบื้องมุงหลังคา ในปัจจุบันนับว่าเป็นวัสดุที่มีความจำเป็นต่อวงการก่อสร้างเป็นอย่างมากวัสดุก่อสร้างจัดว่าเป็นเซรามิกส์ประเภทหนึ่งที่ทำรายได้ให้ประเทศเป็นมูลค่ามากในแต่ละปี

2.2 ผลิตภัณฑ์ถ้วยชามต่าง ๆ ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ ได้แก่ ชุดรับประทานอาหาร เครื่องครัว เครื่องสุขภัณฑ์และเครื่องประดับประเภทศิลป์ โดยเฉพาะเครื่องสุขภัณฑ์เป็นเซรามิกส์ที่มีกระบวนการผลิตที่ซับซ้อนมาก ดังนั้นผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จะมีราคาสูงและยังมีแนวโน้มจะขยายตลาดออกไปได้อีกหลายประเทศ

2.3 วัตถุทนไฟ วัตถุทนไฟเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทนความร้อนสูงตั้งแต่ 1,500 องศาเซลเซียสขึ้นไป จะต้องมีความสมบัติดังต่อไปนี้

2.3.1 สามารถทนความร้อนตั้งแต่ 1,500 องศาเซลเซียส (โคน 26 - โคน 42)

2.3.2 สามารถทนต่อการกัดและต่างได้

2.3.3 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างขณะที่ทำการเผา

2.3.4 มีสัมประสิทธิ์ของการหดตัวและขยายตัวน้อยขณะที่ทำการเผา

2.3.5 มีความแข็งแรงพอกับงานที่ใช้

การแบ่งประเภทของวัตถุดิบไฟนึมแบ่งออกได้ 2 ประเภทด้วยกัน คือ

ก. แบ่งตามคุณสมบัติทางเคมี

ข. แบ่งตามอุณหภูมิที่สามารถทนความร้อนได้

1. การแบ่งวัตถุดิบไฟตามคุณสมบัติทางเคมี เราสามารถแบ่งได้ 3 กลุ่มด้วยกัน คือ
กลุ่มกรด กลุ่มกลางและกลุ่มด่าง (การแบ่งประเภทของวัตถุดิบไฟในบางครั้งจะแบ่งกัน 3 ประเภท
คือ แบ่งตามคุณสมบัติทางเคมี แบ่งตามอุณหภูมิที่ทนความร้อน และแบ่งตามกรรมวิธีการผลิต)

กรด	เซอร์โคเนีย	}	กลุ่ม อลูมินาซิลิเกต
(Acid)	เซอร์คอน		
	ซิลิกา		
	เซมิ-ซิลิกา		
	ดินทนไฟ		
	ดินขาว		
	ดินไฟที่มีอลูมินาสูง		
	ซิลิมาไนท์		
	มุลไลท์		
	บ็อกไซต์		
กลาง	อลูมินา	}	กลุ่ม อลูมินาซิลิเกต
(Neutral)	คาร์บอน		
	ซิลิคอนคาร์ไบด์		
	โครม		
	โครม-อลูมินา		
	โครม-แมกนีไซต์		
	แมกนีไซต์-โครม		
ด่าง	แมกนีไซต์		
(Basic)	เพริเคลต์		
	โดโลไมท์		
	ฟอร์สเตอไรท์		

2. การแบ่งวัตถุดิบไฟสามารถแบ่งได้ตามอุณหภูมิดังนี้

- (1) วัตถุดิบไฟอุณหภูมิต่ำ (Low heat duty) P.C.E 19-28
- (2) วัตถุดิบไฟอุณหภูมิปานกลาง (Intermediate heat duty) P.C.E. 28-30
- (3) วัตถุดิบไฟอุณหภูมิสูง (High heat duty) P.C.E. 30-33
- (4) วัตถุดิบไฟอุณหภูมิสูงพิเศษ (Supper duty) P.C.E. ตั้งแต่ 33 ขึ้นไป

วัตถุดิบที่ใช้ทำวัตถุดิบไฟและคุณสมบัติของวัตถุดิบมีดังต่อไปนี้

2.1 วัตถุดิบไฟชนิดซิลิกา (silica refractories) เป็นวัตถุดิบไฟที่ใช้มากในอุตสาหกรรมถลุงโลหะ อุตสาหกรรมแก้ว จะใช้ซิลิกา ประมาณร้อยละ 97 จะมีลูมินาประมาณร้อยละ 1 นอกนั้นเป็นอัลคาไลประมาณร้อยละ 0.3 วัตถุดิบที่นำมาใช้ก็คือ ทราช กรวด หินเขียวหนุมาน

2.2 วัตถุดิบไฟชนิดกึ่งซิลิกา (semi-silica refractories) เป็นวัตถุดิบไฟที่มีส่วนผสมของซิลิกาประมาณร้อยละ 76-93 วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมของกึ่งซิลิกา (semi-silica refractories) จะใช้ดินทนไฟผสมทรายหินแกรนิต (granisters) หินเขียวหนุมาน (low-grade quartzites) ดินผสมทรายส่วนมากจะนำส่วนผสมไปทำเป็นอิฐทนไฟชนิดอิฐกึ่งซิลิกา เป็นอิฐทนไฟที่ทนต่อตะกรัน (slag) ได้ดี

2.3 วัตถุดิบไฟชนิดลูมินาซิลิเกต (กลุ่มผสมดินทนไฟ) วัตถุดิบไฟชนิดนี้จากผลการวิเคราะห์แล้วจะมีส่วนประกอบของซิลิการะหว่างร้อยละ 55-62 และลูมินา ระหว่างร้อยละ 38-45 นอกนั้นจะเป็นสารประกอบอัลคาไลน์ อัลคาไลน์เอิร์ท

วัตถุดิบไฟลูมินาซิลิเกต ได้แก่ ซิลิกา ดินทนไฟ ซิลิกาในท์ดินขาว ดินทนไฟชนิดลูมินาสูง มุลไลท์ บ็อกไซต์ลูมินา วัตถุดิบไฟลูมินาซิลิเกตมีหลายชนิดด้วยกันสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

2.3.1 ดินเนื้อผสมดินทนไฟ (fire clay brick) จะนำไปใช้ในงานทำเตาถลุง เตาถลุงถ่านโค้ก (coke) เตาเผาซีเมนต์ หม้อหลอมแก้ว เป็นต้น วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสม ใช้ดินทนไฟ ดินเชื้อ (grog) ดินขาว และฟลักซ์ (flux)

2.3.2 อิฐลูมินาไฟ (aluminous fire brick) มีคุณสมบัติทนต่อตะกรัน (slag) ได้ดี ทนต่อกรดได้ดี ทนต่อ Thermal shock ได้ดี แต่ไม่ทนต่อปฏิกิริยาของด่าง วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสม จะใช้ดินลูมินาสูง บ็อกไซต์ กรอก ไดอะสปอร์ จะนำไปใช้งานทำเตาถลุง ชนิดเตาหลอมเปิดฝาดูที่กำลังเผาร้อน (open-hearth furnace) ส่วนผสมของวัตถุดิบ นอกจากจะนำไปใช้ทำอิฐแล้วยังใช้เป็นส่วนผสมของซีเมนต์ทนไฟได้ด้วย

2.3.3 วัตถุดิบไฟชนิดมุลไลท์ (mullite refractory) มีคุณสมบัติทนความร้อนได้สูงถึง 1,830 องศาเซลเซียส 3,326 องศาฟาเรนไฮต์ ทนต่อการกัดกร่อนของแก้วและตะกรัน จะนำไป

ใช้ในงานทำหม้อหลอมแก้ว หลังคาเตาถลุง (furnace crowns) หม้อหลอม (crucibles) เตาหลอมฟริต (frit kiln) หัวเผา (burner blocks) เตาเผาเครื่องปั้นดินเผา

วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมทำมุลไลท์ จะใช้โคอะสปอร์ บ็อกไซต์ ซิลิมาไนท์ ไคยาไนท์ โดยที่เอาวัตถุดิบเหล่านี้ไปเผา (calcined) ในอุณหภูมิ 1,500 องศาเซลเซียส - 1,600 องศาเซลเซียส (2,732 องศาฟาเรนไฮต์ - 2,919 องศาฟาเรนไฮต์) แล้วเอาไปผสมกับโทเปซ คอรัณดัม และดินทนไฟ หรือดินขาว อุณหภูมิที่ใช้เผาอิฐประเภทนี้จะเผาในอุณหภูมิโคน 10 (1,300 องศาเซลเซียส-2,372 องศาฟาเรนไฮต์)

2.3.4. อิฐคอรัณดัม (corundum brick) เป็นอิฐทนไฟที่ทนต่อการเผาในบรรยากาศรีดักชัน และออกซิเดชันได้ดี สามารถทนความร้อนได้ถึง 1,900 องศาเซลเซียส (3,452 องศาฟาเรนไฮต์) ทนต่อตะกั่วที่เป็นกรด (acid slag) ทนต่อการกัดกร่อน เป็นฉนวนไฟฟ้าในอุณหภูมิสูงได้ดีและทนต่อตะกั่วของด่าง (basic slag) อิฐคอรัณดัม นำไปใช้กับงานทำเตาเผาโลหะเคลือบ หัวครอบ ทำเตาเผา อุณหภูมิสูงทุกประเภท วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมใช้อลูมินาบริสุทธิ์ ดินทนไฟประมาณร้อยละ 20 นอกนั้นเป็นอลูมินาเพียง

ตัวอย่างส่วนผสม

คอรัณดัม	0-3 mm.	(0-0.118 นิ้ว)	ร้อยละ 40
คอรัณดัม	0-1 mm.	(0-0.3937 นิ้ว)	ร้อยละ 40
ดินทนไฟ	หรือดินขาว		ร้อยละ 20

เผาในอุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส - 1,400 องศาเซลเซียส จะทำให้เนื้อผลิตภัณฑ์อยู่ตัวสามารถเอาไปใช้งานได้

2.4 ซิลิคอนคาร์ไบด์ เป็นวัตถุทนไฟที่ทนความร้อนสูงทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ดี นิยมใช้ทำแผ่นรองผลิตภัณฑ์ในเตาเผา ซิลิคอนคาร์ไบด์ที่มีคุณภาพสูงจะมีส่วนผสมของซิลิคอนคาร์ไบด์ถึงร้อยละ 85 จะเผาในอุณหภูมิ 1,450 องศาเซลเซียส -1,500 องศาเซลเซียส (2,642 องศาฟาเรนไฮต์ - 2,732 องศาฟาเรนไฮต์)

ตาราง 2 วัตถุทนไฟชนิดซิลิคอนคาร์ไบด์

ซิลิคอนคาร์ไบด์ ร้อยละ	Clay ร้อยละ	แรงอัด ตัน/นิ้ว	แรงอัด ตัน/นิ้ว	ค่าความแข็งแรง $1b/in^2 \times 10^6$
60	40	17.4	0.76	4.9
80	20	10.8	0.48	4.7
90	10	4.3	0.35	3.5

ในบางส่วนผสมจะใช้อลูมินาเป็นส่วนผสมลงในเนื้อดินปั้นของผลิตภัณฑ์ซีลิกอนคาร์ไบด์ด้วย ตัวอย่าง เช่น

ซีลิกอนคาร์ไบด์	ร้อยละ 40
อลูมินา	ร้อยละ 40
ดิน	ร้อยละ 20

2.5 วัสดุทนไฟชนิดแมกนีไซต์ (magnesite refractories) เป็นเนื้อดินปั้นวัสดุทนไฟที่ใช้แมกนีเซียมออกไซด์ แมกนีไซต์ หรือแมกนีเซียมคาร์บอเนต แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ วัตถุดิบเหล่านี้จะมีแมกนีเซียมประมาณร้อยละ 85-95 นอกนั้นก็จะเป็นเหล็กออกไซด์ประมาณร้อยละ 0.5 - 8

ตัวอย่างส่วนผสมเนื้อดินปั้น วัสดุทนไฟชนิดแมกนีไซต์

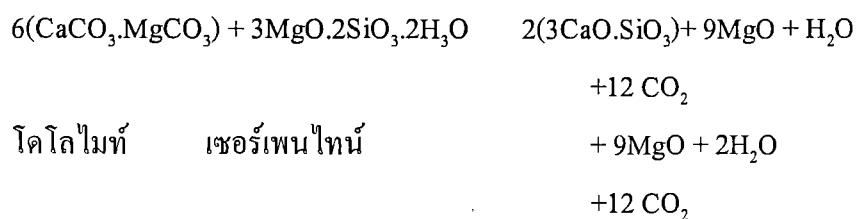
MgO	ร้อยละ	82.8
Fe ₂ O ₃	ร้อยละ	6.8
Al ₂ O ₃	ร้อยละ	4.7
CaO	ร้อยละ	2.6
SiO ₂	ร้อยละ	2.1

การทำเนื้อดินปั้นชนิดนี้จะใช้ตัวเชื่อมประสานสำหรับแคลไซต์ในการขึ้นรูป อิฐทนไฟจะใช้ อัลคาไล คอสติกไลม์ (caustic lime) บอริก แอซิด (boric acid) ขี้เถ้า ถ่านหิน ดินเกลือแมกนีเซียม (magnesium salts) เป็นต้น

2.6 วัสดุทนไฟชนิดโดโลไมท์ (dolomite refractories) เนื้อดินปั้นชนิดนี้จะใช้ทำอิฐทนไฟที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง ทนต่อด่างได้ดี มีน้ำหนักเบา หินโดโลไมท์เป็นสารประกอบของแมกนีเซียมและแคลเซียม มีจุดหลอมละลายสูงถึง 2,300 องศาเซลเซียส (4,172 องศาฟาเรนไฮต์) การทำอิฐโดโลไมท์จะใช้ส่วนผสมระหว่างโดโลไมท์ กับ เซอร์เพนไทน์

ตัวอย่างเช่น

ตัวอย่างที่ 1	โดโลไมท์	ร้อยละ 40	ทนไฟ 1,520 องศาเซลเซียส
	เซอร์เพนไทน์	ร้อยละ 60	
ตัวอย่างที่ 2	โดโลไมท์	ร้อยละ 3	ทนไฟ 1,740 องศาเซลเซียส
	เซอร์เพนไทน์	ร้อยละ 97	
ตัวอย่างที่ 3	โดโลไมท์	ร้อยละ 25	ทนไฟ 1,825 องศาเซลเซียส
	เซอร์เพนไทน์	ร้อยละ 75	



ตาราง 3 โดโลไมท์ที่เปลี่ยนโครงสร้างได้และเปลี่ยนโครงสร้างไม่ได้

วัตถุดิบ	เปลี่ยนโครงสร้างได้ร้อยละ	ไม่เปลี่ยนโครงสร้างร้อยละ
SiO ₂	4.3	14.4
Fe ₂ O ₃	2.5	3.4
Al ₂ O ₃	2.2	1.5
CaO	51.7	40.0
MgO	38.2	40.4
Loss on ignition	1.1	0.3

2.7 วัตถุดิบไฟชนิคโครม (chrome refractories) เป็นวัตถุดิบไฟที่ใช้โครมออกไซด์ (Cr₂O₃) เป็นส่วนประกอบหลัก นอกนั้นจะใช้ส่วนประกอบอื่น ๆ ได้แก่ อลูมินา เหล็กออกไซด์ แมกนีเซียม ซิลิกา ดิน กรอก ดินทนไฟ หินปูน และโดโลไมท์ เป็นต้น โครมออกไซด์ เป็นวัตถุดิบที่ให้สีเขียว สามารถทนความร้อนได้สูง

ตัวอย่างที่ 1 ส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบไฟชนิคโครมออกไซด์

Cr ₂ O ₃	ร้อยละ	30-50
Al ₂ O ₃	ร้อยละ	13-30
FeO	ร้อยละ	12-16
MgO	ร้อยละ	14-20
SiO ₂	ร้อยละ	3-6
CaO	ร้อยละ	Up to 1

ตัวอย่างที่ 2

SiO ₂	ร้อยละ	3-6
FeO	ร้อยละ	<18

CaO	ร้อยละ	<18
Cr ₂ O ₃	ร้อยละ	40-45

2.8 โอลิไวน์และฟอร์สเตอไรท์ เป็นวัตถุดิบที่ใช้ผสมทนไฟได้มาจากหินโอลิไวน์ ซึ่งมี ส่วนประกอบของ ฟอร์สเตอไรท์ ($2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$) และ ไฟฟาไลต์ (fayalite ; $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$) นอกนั้นจะเป็นสารประกอบของ เซอร์เพนไทน์ ($3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) Talc ($3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ซึ่งปะปนอยู่ไม่มากนัก ถ้าหากมีสารประกอบของทัลและเซอร์เพนไทน์สูง หินโอลิไวน์ จะทนความร้อนถึง จุดหลอมละลายประมาณ 1,544 องศาเซลเซียส -1,559 องศาเซลเซียส (2,811 องศาฟาเรนไฮต์ - 22,838 องศาฟาเรนไฮต์)

ฟอร์สเตอไรท์ $2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ มีจุดหลอมละลาย 1,910 องศาเซลเซียส (3,470 องศาฟาเรนไฮต์)

ไฟฟาไลต์ $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ มีจุดหลอมละลาย 1,205 องศาเซลเซียส (2,201 องศาฟาเรนไฮต์)

เซอร์เพนไทน์ $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$\xrightarrow{1,559^\circ\text{C}}$	60.5 ร้อยละ ฟอร์สเตอไรท์
		+39.5 ร้อยละ ซิลิกัส ลิกวิด
ทัล , $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$\xrightarrow{1,544^\circ\text{C}}$	4.4 คริสโตบาไลต์
		+95.6 ลิกวิด
ไฟฟาไลต์	$\longrightarrow$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2$

ตัวอย่างส่วนผสมของเนื้อดินปั้น โอลิไวน์และฟอร์สเตอไรท์ ซึ่งมีการหดตัวไม่เกิน 1% หลังจากเผาถึงจุดสุกตัวแล้ว

แมกนีไซท์	ไม่เกินร้อยละ 60
ดินทนไฟ	ไม่เกินร้อยละ 15
หินเขียวหนุมาน	ร้อยละ 15 ขึ้นไป

ส่วนผสมนี้จะนำไปใช้ทำเตาถลุง หม้อหลอม เพราะไม่มีความพรุนตัว

2.9 เนื้อดินปั้นแบเรียมอลูมิเนียมซิลิเกต (barium aluminium silicate bodies) เนื้อดินปั้นชนิดนี้จะเป็นส่วนผสมระหว่าง แบเรียมออกไซด์ กับดิน ซึ่งสามารถทำส่วนผสมให้มี จุดหลอมละลายสูงถึง 1,780 องศาเซลเซียส (3,236 องศาฟาเรนไฮต์) หรืออาจจะใช้ แบเรียม แอนอไทน์ ($\text{BaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) จะมีส่วนผสมดังนี้

BaO	ร้อยละ	40.8
Al ₂ O ₃	ร้อยละ	27.1
SiO ₂	ร้อยละ	32.1

ถ้าหากจะทำส่วนผสมของเนื้อดินปั้น แบบเรียมอลูมิเนียมซิลิเกต ทำเป็นวัตถุดิบไฟสามารถ
ทำส่วนผสมตามเคมีดังนี้

BaO	ร้อยละ	31 - 51
Al ₂ O ₃	ร้อยละ	17 - 37
SiO ₂	ร้อยละ	22 - 42

ตัวอย่างวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมเนื้อดินปั้น แบบเรียมอลูมิเนียมซิลิเกต

ตัวอย่างที่ 1	BaCO ₃	ร้อยละ	42
	Clay	ร้อยละ	58
ตัวอย่างที่ 2	BaCO ₃	ร้อยละ	40
	Clay	ร้อยละ	50
	Flint	ร้อยละ	10
ตัวอย่างที่ 3	BaCO ₃	ร้อยละ	50
	Clay	ร้อยละ	50

วัตถุดิบไฟชนิดนี้จะเอาไปใช้ทำอิฐทนไฟประเภทต่าง ใช้ทำเตาเผา เตาถลุง ทำซีเมนต์
ทนไฟ เนื่องจากมีความหนาแน่นสูงมาก

2.4 วัสดุขัดถู เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็ง สามารถใช้ขัดถู ไม้ โลหะ หรือผลิตภัณฑ์เซรามิก
ได้ เช่น กระดาษทราย และซิลิคอนคาร์ไบด์

2.5 เครื่องฉนวน คือเครื่องฉนวนไฟฟ้าและฉนวนความร้อนได้แก่ ลูกถ้วยไฟฟ้า
สะพานไฟ อิฐทนไฟชนิดฉนวน

2.6 โลหะเคลือบ คือการนำน้ำเคลือบเซรามิกส์เคลือบฉาบผิวโลหะแล้วนำไปเผาไฟ
ทำให้เกิดความสวยงาม เช่น หม้อ ช้อน ปิ่นโต ชาม กาละมัง เป็นต้น

2.7 แก้ว เป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ชนิดหนึ่งโดยการเผาซิลิกาให้หลอมตัวแล้วขึ้นรูปทรง
เช่น ขวด แว่นตา โคมไฟ หลอดไฟ แก้วน้ำ กระจกรถยนต์ กระจกเงา

2.8 เซอร์เมท คือการนำเอาวัสดุทางเซรามิกส์ที่อยู่ในรูปของออกไซด์ผสมกับโลหะ
แล้วนำไปเผาในความร้อนสูง เช่น การนำอลูมินาผสมกับโครเมียม อลูมินาผสมกับนิโครม โคบอลต์
กับซิลิคอนคาร์ไบด์ เป็นต้น

อุตสาหกรรมเซรามิกส์ เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญเนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานเมื่อผ่านกระบวนการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์แล้วใช้ในวงการอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น วัสดุทนไฟชนิดต่าง ๆ เป็นวัสดุพื้นฐานของอุตสาหกรรมถลุงโลหะ อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ ใช้วัสดุเซรามิกส์ เช่น ลูกถ้วย ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ อุปกรณ์เครื่องยนต์ใช้ วัสดุเซรามิกส์ทำกระบอกสูบ หัวเทียน ฝาสูบ เพราะวัสดุเซรามิกส์มีความแข็งแรงทนต่อความร้อนสูง ทนต่อปฏิกิริยาเคมี ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ทางเซรามิกส์ยังเอาไปใช้ในทางการแพทย์ เช่น การทำกระดูกเทียม ฟันปลอม มีดผ่าตัดและเครื่องมืออื่น ๆ นอกจากที่กล่าวแล้ว วิทยาการทางด้านเซรามิกส์ มีความก้าวหน้ามาก นักเซรามิกส์พยายามคิดสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ขึ้น เรียกว่า เซรามิกส์สมัยใหม่ (new ceramic or fine ceramic) เป็นผลิตภัณฑ์เซอรัมที่มีคุณสมบัติทนไฟมีความมันในเนื้อ เป็นฉนวนไฟฟ้า ผลิตภัณฑ์เซอรัมจะนำไปใช้ทำอุปกรณ์นิวเคลียร์ ทำท่อเจต (Jet) ทำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทำเครื่องมือขัดถู เช่น เนื้อคาร์ไบด์ (carbides) เนื้อบอไรด์ (boride) เนื้อไนไตรท์ (nitrite) และไฟเบอร์ (fibers) เป็นต้น (โกมล รักษ์วงศ์. 2531 : 15) เนื้อเซอรัม ทำมาจากส่วนผสมของวัตถุดิบที่เป็นโลหะ (metals) ผสมกับอโลหะ (non metals) มีหลายชนิดด้วยกัน (Singer. 1960 : 511)

ดังตาราง 4

ตาราง 4 วัตถุดิบโลหะผสมกับอโลหะ (Singer. 1960 : 511)

โลหะ	อโลหะ
ซิลิคอน (silicon)	คาร์บอน (carbon)
โครเมียม (chromium)	อลูมินา (alumina)
โคบอลต์ (cobalt)	ซิลิคอนคาร์ไบด์ (silicon carbide)
นิกเกิล (nickel)	ไททานเนียมคาร์ไบด์ (titanium carbide)
โครเมียม (chromium)	เซอร์โคเนียมคาร์ไบด์ (zirconium carbide)
ซิลิคอน (silicon)	ทังสเตนคาร์ไบด์ (tungsten carbide)
เหล็ก (iron)	อลูมินา (alumina)

3. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองและการเตรียมเนื้อดินปั้นในการขึ้นรูป

3.1 อลูมินา เป็นผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยกลุ่มของอลูมินาที่อัดตัวกันอยู่ ผลึกของอลูมินามีขนาดประมาณ 0.1 ไมครอน เมื่อเผาผลิตภัณฑ์ถึง 1,500 องศาเซลเซียส จุดที่ผลึกสัมผัสกันจะเริ่มเชื่อมกันรอยเชื่อมจะขยายขึ้นเรื่อย ๆ รูพรุนจะเริ่มปิดเป็นทรงกลมอยู่ในเนื้อผลิตภัณฑ์ ถ้าผสมกับแมกนีเซียมออกไซด์ในส่วนผสมร้อยละ 0.05 ปริมาณการเชื่อมผลึกและการขยายตัวของผลึกจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 ถึง 30 ไมครอน แต่ถ้าใช้ผลิตภัณฑ์อลูมินาจำนวน เต็มร้อย การเจริญเติบโตของผลึกจะไม่เป็นไปอย่างต่อเนื่อง จะเกิดผลึกทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ในบางสถานะแต่ยังไม่เป็นที่แน่ชัดการเติบโตของผลึกจะรวดเร็วมากคือมีอัตราถึง 1 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ที่จุดตกตัวคืออุณหภูมิระหว่าง 1,800 องศาเซลเซียสถึง 1,900 องศาเซลเซียส จะมีความแตกต่างอย่างเด่นชัดในเนื้อที่เป็นอลูมินาล้วน ๆ กับเนื้อผลิตภัณฑ์ที่ใช้แมกนีเซียมออกไซด์ผสมน้อย ๆ การเติบโตของผลึกเป็นไปอย่างช้า ทั้งแมกนีเซียมออกไซด์ และรูพรุนจะอยู่ในบริเวณผลึกอลูมินาสัมผัสกัน เกิดในรูพรุนจะมีโอกาสแทรกตัวออกจากผลิตภัณฑ์ได้ดี และรูพรุนมีแนวโน้มที่จะหมดไป รูพรุนจะหมดไปได้เร็วขึ้นถ้าเผาในบรรยากาศของแก๊สที่แทรกตัวออกจากผลึกได้รวดเร็ว (ปริดา พิมพ์ขาวขำ. 2535 : 449) อลูมินาบริสุทธิ์จะได้จากคอรัันดัม นอกจากนั้นจะได้จากบ็อกไซต์ ไคอะสปอร์ และยิปซัม (โกมล รัชวงศ์. 2531 : 30-31) อลูมินาเป็นส่วนประกอบสำคัญในการเคลือบ ช่วยปรับการไหลตัวของน้ำเคลือบ คือถ้าใช้อลูมินาจำนวนมากขึ้นความหนืดของน้ำเคลือบก็จะเพิ่มมากขึ้นด้วย แต่ถ้าใช้ในปริมาณที่มากเกินไป ก็จะทำให้เคลือบด้านและด้านทานการตกผลึกในน้ำเคลือบด้วย (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2531 : 11-12)

3.2 ดินทนไฟ เป็นดินชนิดที่สามารถทนความร้อนได้สูงถึง 1,500 องศาเซลเซียส มีความเหนียวมากเมื่อเป็นวัตถุดิบอาจพบเป็นสินแร่ดินเหนียว สีเทาหรือเทาเข้มนิยมนำไปใช้ทำอิฐทนไฟ ใช้ทำส่วนต่าง ๆ ของเตาเผา เตาถลุง เตาต้มน้ำ มีผู้นิยมนำไปผสมเป็นเนื้อดินปั้นสำหรับผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ ทำหีบทนไฟ (saggers) เป็นส่วนผสมของอุปกรณ์เครื่องมือวัดอุณหภูมิเตา หุ่นวัดไฟ เนื้อดินค่อนข้างหยาบ (ทวี พรหมฤกษ์. 2535 : 60) วัสดุต่าง ๆ ที่เป็นวัตถุทนไฟมีส่วนประกอบและโครงสร้างเล็ก ๆ ภายในเนื้อผลิตภัณฑ์แตกต่างกันไปมากมายยากแก่การบรรยายคุณลักษณะเฉพาะ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง โครงสร้างจะเกิดการเปลี่ยนแปลงตามสถานะการใช้งาน และระยะเวลาที่วัตถุทนไฟนั้นถูกนำไปใช้งาน วัตถุทนไฟชนิดนี้ส่วนใหญ่ผลิตโดยใช้ส่วนผสมของดินเหนียวทนไฟ ดินที่มีปริมาณซิลิกาสูง และดินทนไฟที่เผาแล้วมีการนำไปผลิตอิฐเป็นปริมาณมากเช่นกันโดยเพิ่มส่วนผสมของอลูมินา ให้มากขึ้นโดยการเติมแร่พวกซิลิมาไนท์ ไคยาไนท์ โทเปซ ไคอะสปอร์ อย่างไรก็ดีซิลิกา

มักจะมีปะปนเป็นถึงสกปรกในดินเหนียวทนไฟเสมอ หรือบางครั้งก็ผสมลงไปเหนียวดินปั้นเพื่อลดการหดตัวของผลิตภัณฑ์ทั้งหลังและก่อนการเผา (ปรีดา พิมพ์ขาวจำ. 2535 : 342)

3.3 ไพโรฟิลไลต์ เป็นสารประกอบของอลูมิเนียมซิลิเกตซึ่งมีผลึกของน้ำอยู่ในโมเลกุล (hydrous aluminium silicate ; $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) มีคุณสมบัติเป็นวัตถุดิบไฟมีจุดหลอมละลาย 1,700 องศาเซลเซียส (3092 องศาฟาเรนไฮต์) มีจุดสุกตัวที่อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส (2,282 องศาฟาเรนไฮต์) ทนความร้อนที่อุณหภูมิ 1,435 องศาเซลเซียส (2,615 องศาฟาเรนไฮต์) มีความถ่วงจำเพาะ 2.8 ถึง 2.9 มีความแข็ง 1-2 ตามมาตรวัดของโมห์ (Moh's scale) หลังการเผามีการหดตัวน้อยมาก

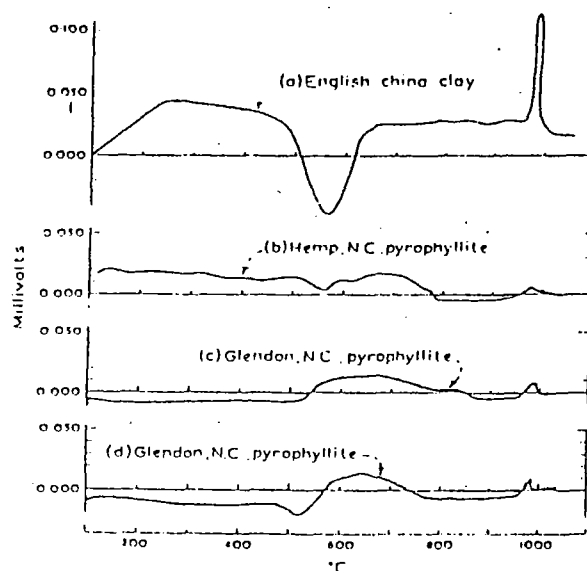
ผลึกน้ำของโมเลกุลไพโรฟิลไลต์จะแตกสลายตัวในอุณหภูมิ 400-700 องศาเซลเซียส จะเหลือออลูมินซิลิเกต (aluminosilicate) ซึ่งจะเพิ่มการหดตัวหรือขยายตัวในอุณหภูมิ 1,000-1,100 องศาเซลเซียส การนำไปใช้งานจะนำไปใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นโดยใช้แทนส่วนผสมของดินขาวหรือบางส่วนของซิลิกาและหินฟันม้า

ส่วนประกอบทางเคมีของแร่ไพโรฟิลไลต์ (Singer . 1960 : 94)

Al_2O_3	ร้อยละ	28.3
4SiO_2	ร้อยละ	66.7
H_2O	ร้อยละ	5.0

ตัวอย่าง สารประกอบทางเคมีแร่ไพโรฟิลไลต์

SiO_2	ร้อยละ	75-30
Al_2O_3	ร้อยละ	20-74
CaO	ร้อยละ	0.08
K_2O	ร้อยละ	0.08
L.O.I.	ร้อยละ	0.21
ผลรวม		100.00



ภาพประกอบ 2 การเปลี่ยนแปลงสภาพ ของ ไพโรฟิลไลต์ กับดินขาวในอุณหภูมิเท่ากัน

(Singer, 1960 : 95)

3.4 ของเหลวน้ำอ้อย เป็นของเหลวที่มีความเหนียวและมีความเข้มข้นมาก เพราะว่ามัน เป็นของที่เหลือจากกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย โดยทั่ว ๆ ไปก่อนที่จะนำของเหลวน้ำอ้อยไปทิ้ง จะต้องผ่านกระบวนการบำบัดเสียก่อน การที่นำของเหลวน้ำอ้อยมาใช้ก็เพราะว่าจะช่วยทำให้การขึ้น รูปด้วยวิธีการอัดได้ดีและราคาถูก

3.5 การขึ้นรูปด้วยวิธีการอัด การผลิตด้วยวิธีนี้จะต้องอาศัยเครื่องมือที่มีแรงกดดัน และน้ำหนักมาก ได้แก่เครื่องกดอัดโน้มติ ไฮโดรลิก (automatic hydrolic press) มีทั้งชนิดอัด โนมัตติ และแบบธรรมดาที่ใช้กำลังคนช่วยกดก็มี โดยเฉพาะวัตถุดิบที่เตรียมนำมาใช้ในการผลิตมีลักษณะ เป็นผงหรือฝุ่นซึ่งอัตราส่วนของน้ำที่ใช้ผสมอยู่ในราวประมาณร้อยละ 5-16 ต้องอาศัยแรงอัดจึง เกาะกันเป็นรูปได้ แม่พิมพ์จะต้องสร้างด้วยเหล็กแข็ง (steel mould) การออกแบบจะต้องเป็น

แท่งกลมหรือแบนเพื่อสะดวกในการออกแบบ ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ได้แก่ เซพเตอร์ รองเผา ผลิตภัณฑ์ กระเบื้องฝาผนัง กระเบื้องปูพื้น อุปกรณ์ไฟฟ้า (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 21) การขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดใช้กันแพร่หลายในการผลิตผลิตภัณฑ์วัสดุทนไฟ กระเบื้อง แร่อัดจะอัดลงบนแบบ ซึ่งมีผงเนื้อดินปั้นแห้ง ๆ หรือมีความชื้นเล็กน้อยอยู่ภายในแบบ แบบที่ใช้เป็นโลหะแข็งขนาดของแร่อัดก็มีผลต่อพฤติกรรมต่าง ๆ ภายในเนื้อผลิตภัณฑ์ระหว่างการเผา การเผาผงอลูมินาในเบ้า โดยใส่ผงอลูมินาหลวม ๆ เต็มเบ้าไม่แสดงให้เห็นว่ามีการหดตัวในขณะที่เผาผลิตภัณฑ์ อลูมินาซึ่งอัดด้วยแรงอัด 25,000 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว แสดงให้เห็นว่ามีการหดตัวประมาณร้อยละ 20 ผลนี้เนื่องมาจาก ขนาดของรูพรุนลดลงและอนุภาคต่าง ๆ สัมผัสกันติดมากขึ้น และการแตกตัวของอนุภาคตรงบริเวณที่อนุภาคสัมผัสกัน ผลอันเนื่องมาจากแรงเสียดทานระหว่างผิวทำให้เกิดความลำบากที่จะหาข้อมูลที่มีความเชื่อถือมากพอสมควรเกี่ยวกับแรงอัดและผลต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

โดยสรุปความหนาแน่นรวมของผลิตภัณฑ์ จะมากขึ้นเมื่อใช้แรงอัดมากขึ้นหรือใช้แรงดันสะท้อนเข้าช่วย คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปขึ้นกับแรงอัด ระยะเวลาที่ใช้ในการเผา อุณหภูมิที่เผา ถ้าอนุภาคในผลิตภัณฑ์อัดตัวกันดี ขนาดของรูพรุนจะลดลงและจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาแน่นมากขึ้นโดยใช้อุณหภูมิในการเผาลด (ปริดา พิมพ์ขาวขำ. 2535 : 159)

4. ตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผา

4.1 ตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผา หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ใช้สำหรับรองรับผลิตภัณฑ์ประเภทสุขภัณฑ์ขณะเผา เพื่อต้องการรักษารูปร่างให้สวยงามและให้ได้ขนาดตามที่กำหนดและยังมีส่วนที่จะทำให้ประสิทธิภาพของการชำระล้างดี ดังนั้นตัวรองรับผลิตภัณฑ์จึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก ในกระบวนการเผาผลิตภัณฑ์ประเภทสุขภัณฑ์ ตัวรองรับผลิตภัณฑ์อาจจะมีรูปร่างหลายรูปแบบที่สำคัญรูปร่างจะต้องสอดคล้องกับการนำไปใช้งานบางรุ่นอาจจะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม กลมเป็นแท่งสี่เหลี่ยม หรือกลม อาจจะต้องออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานในปัจจุบันตัวรองรับผลิตภัณฑ์ทำมาจากวัตถุ หลายชนิดอาทิเช่น ซิลิคอนคาร์ไบด์ คอริท และคอเดียไรท์ซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศและราคาแพง

4.2 คุณสมบัติของตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผา มีดังนี้

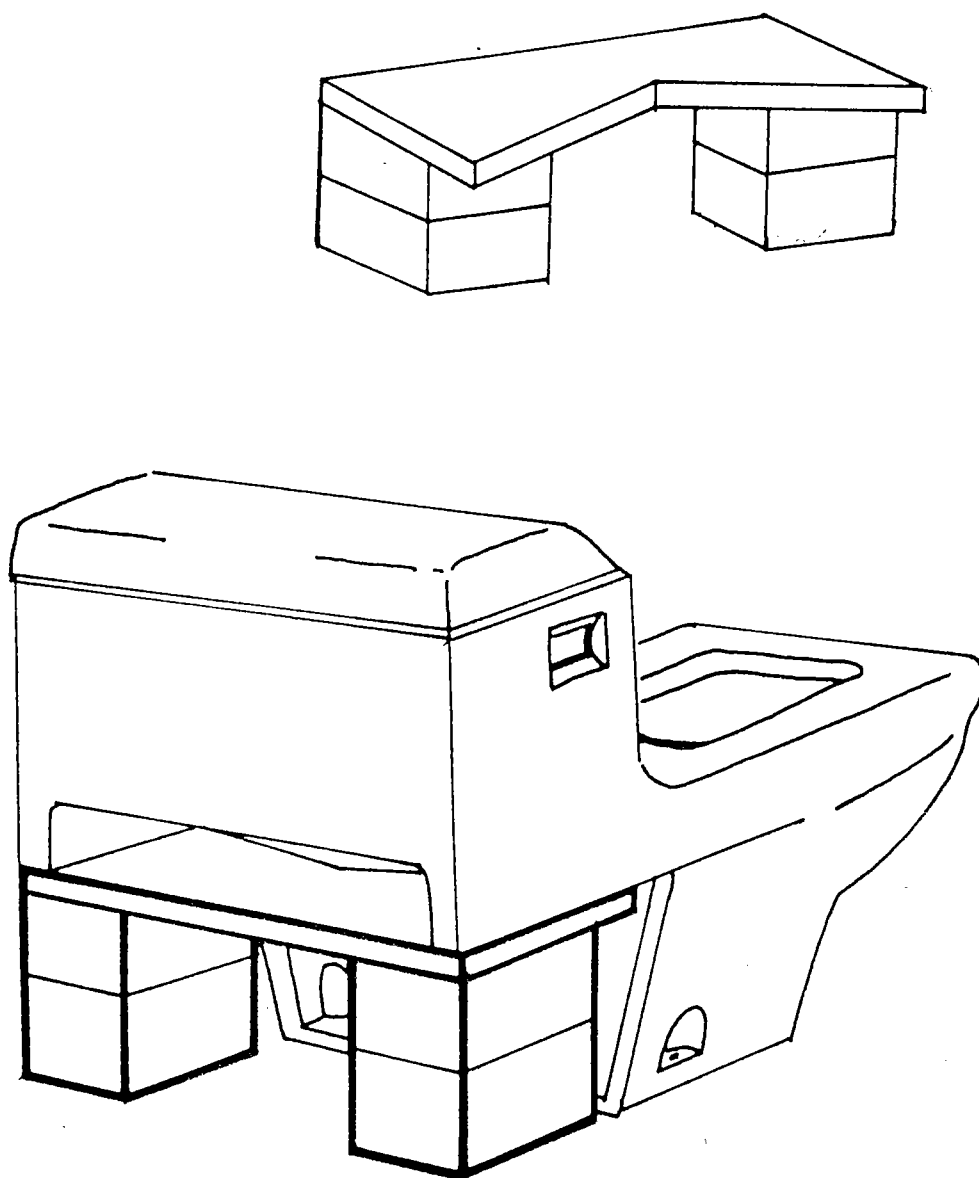
4.2.1 ตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผา จะต้องมีความแข็งแรง เพราะในกระบวนการเผา ผลิตภัณฑ์ประเภทสุขภัณฑ์ตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผาจะเป็นตัวรับน้ำหนักผลิตภัณฑ์

4.2.2 ตัวรองรับผลิตรัดกันห้ขณะเผาจะต้องมีความทนไฟ เพราะว่าในกระบวนการเผาผลิตรัดกันห้ประเภทสุขภัณฑ์ต้องเผาที่อุณหภูมิประมาณ 1,185 องศาเซลเซียสถึง 1,200 องศาเซลเซียส

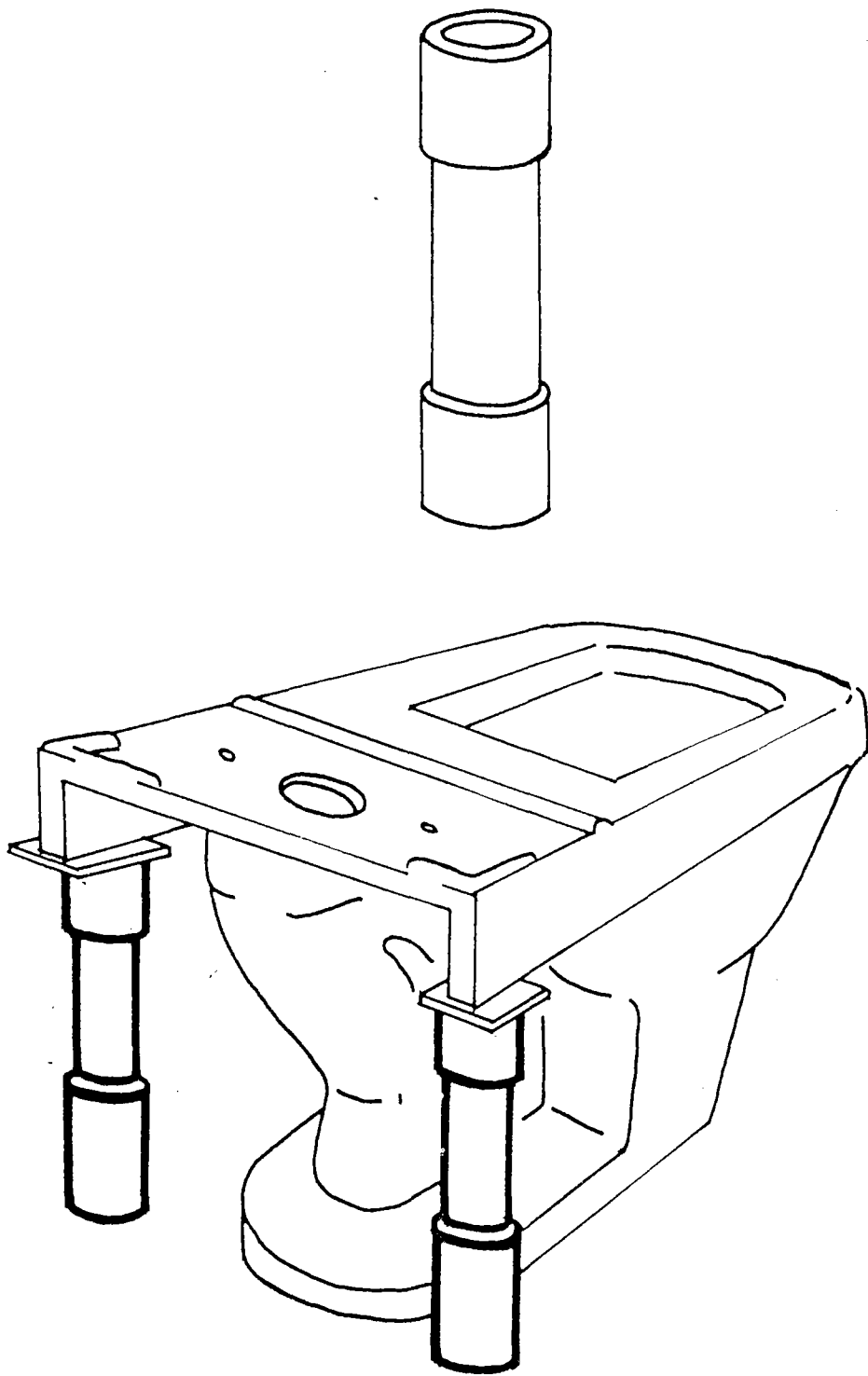
4.2.3 ตัวรองรับผลิตรัดกันห้ขณะเผาต้องสามารถทนต่อปฏิกิริยาคาร์บอนและสารประกอบซัลเฟอร์

4.2.4 ตัวรองรับผลิตรัดกันห้ขณะเผาต้องหดตัวน้อยเพราะจะต้องนำกลับมาใช้งานได้หลายครั้ง

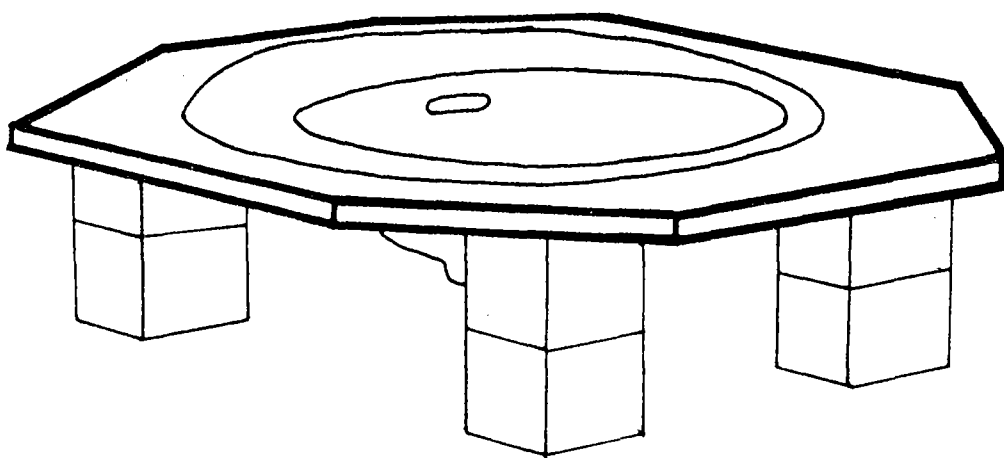
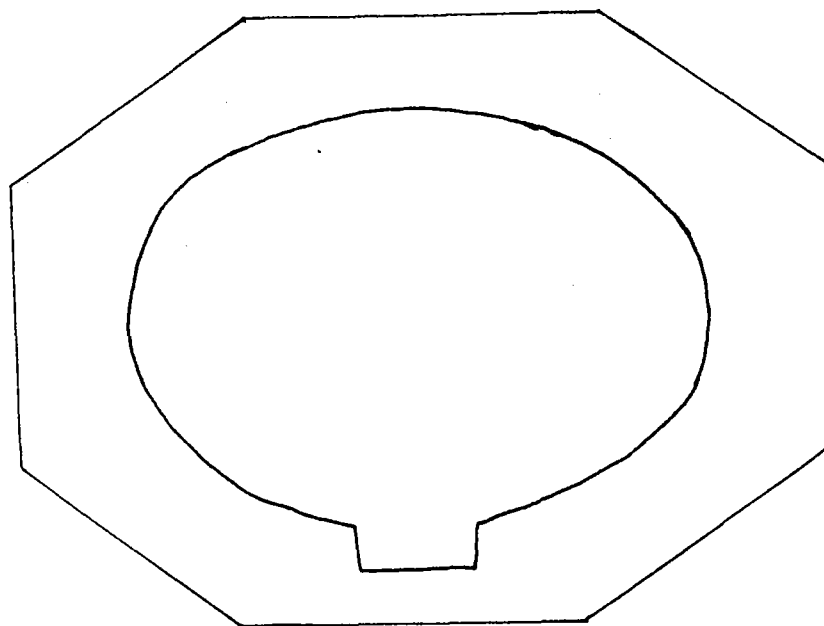
4.2.5 ตัวรองรับผลิตรัดกันห้ขณะเผาต้องสะดวกต่อการเก็บรักษาและประหยัดเนื้อที่ในการกองเก็บ (Astm Standard. 198 : C283)



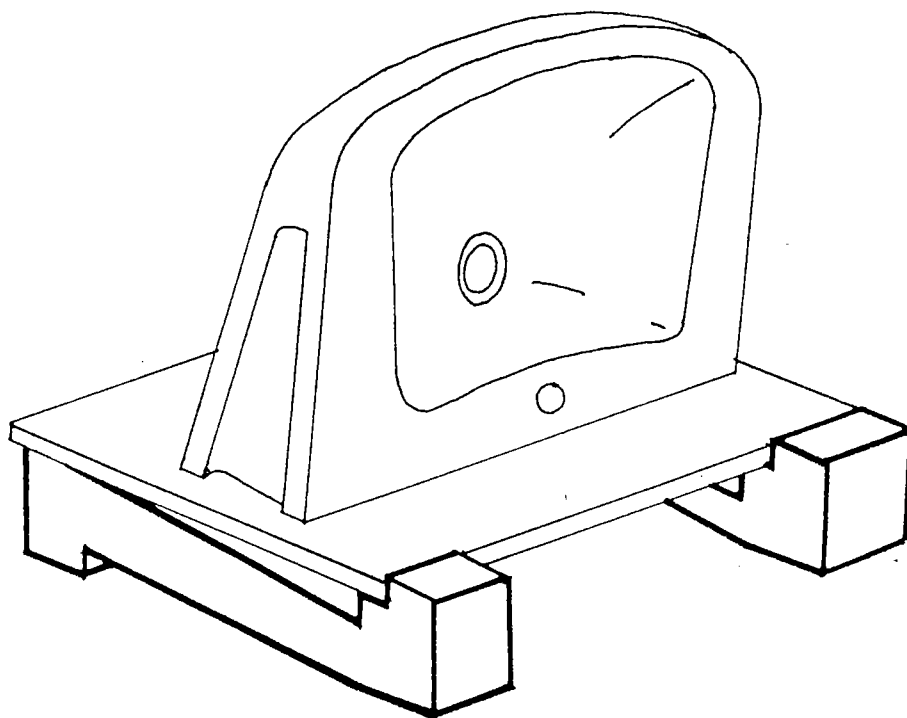
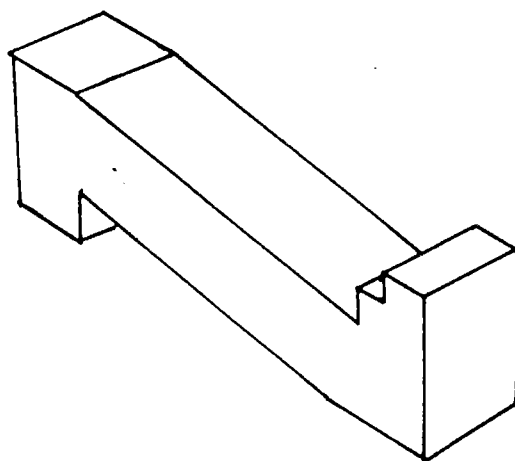
ภาพประกอบ 3 ตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผาสำหรับโถส้วมประเภทขึ้นเดียว



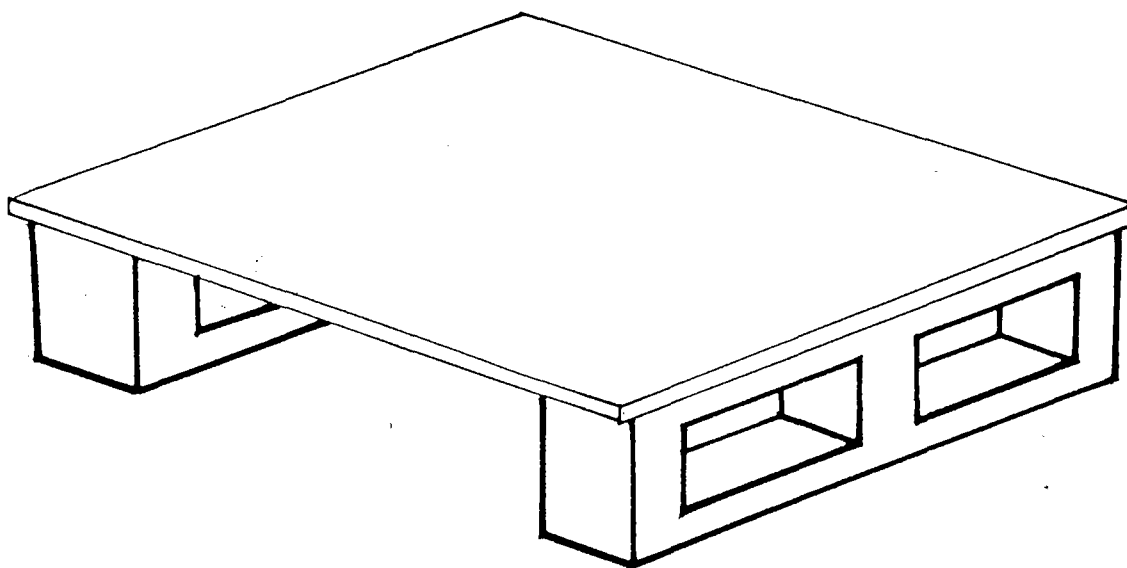
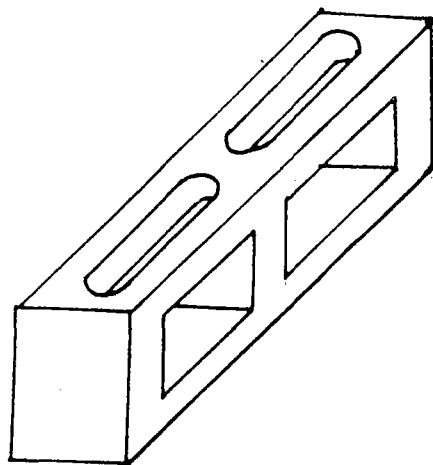
ภาพประกอบ 4 ตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผาสำหรับโถส้วมประเภทสองชั้น



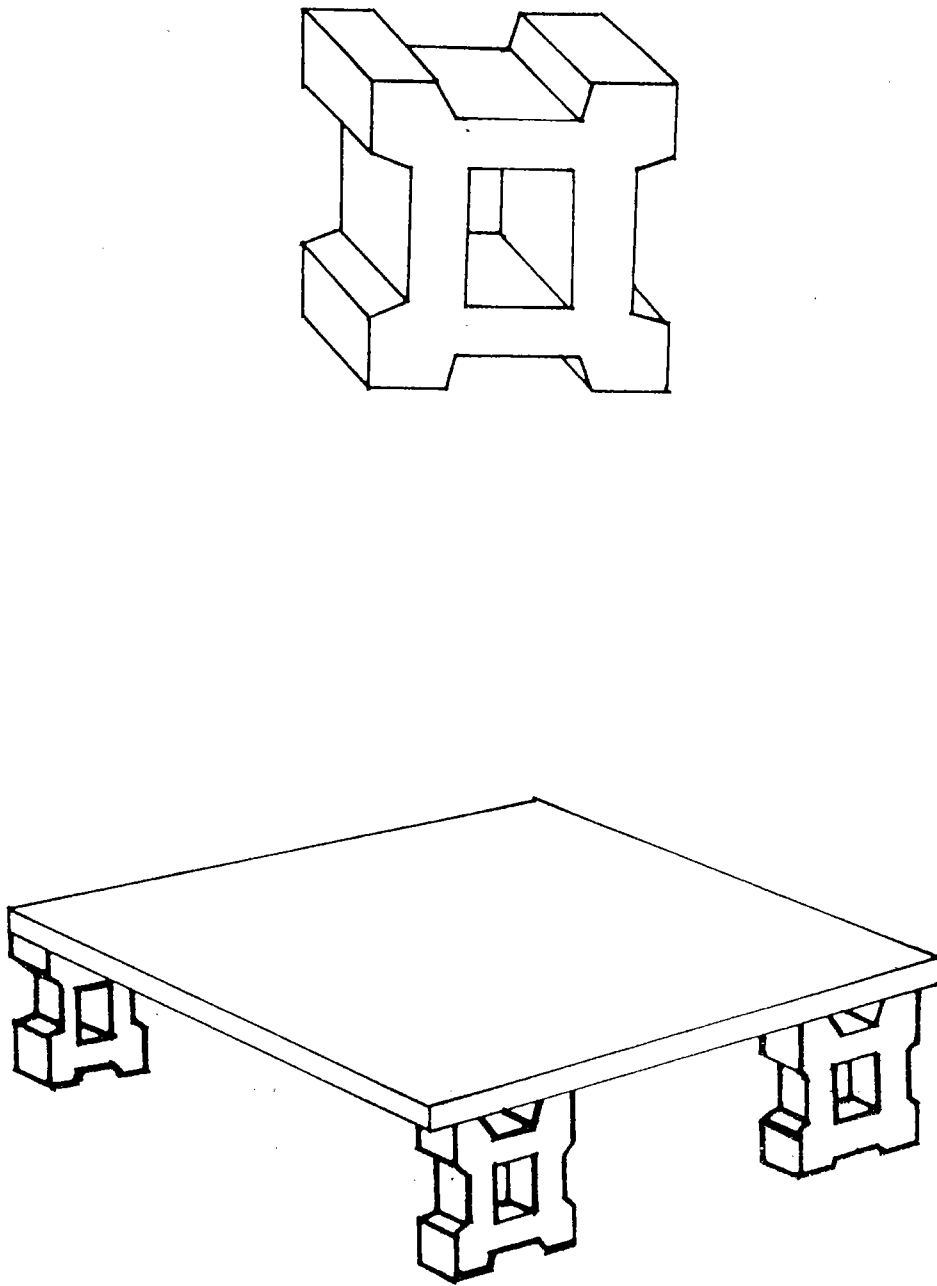
ภาพประกอบ 5 ตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผาสำหรับอ่างล้างหน้า



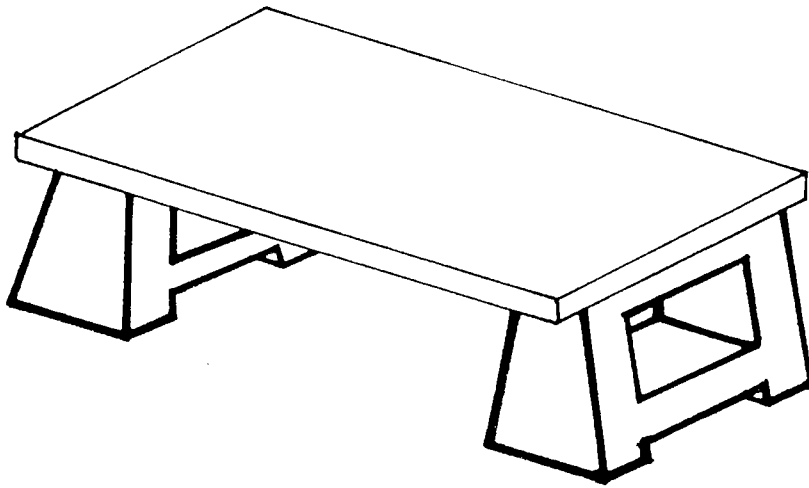
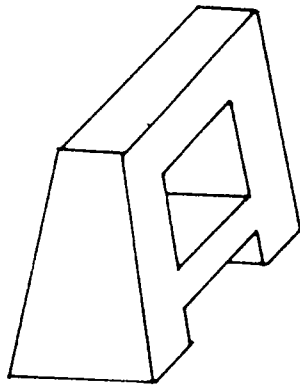
ภาพประกอบ 6 ตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผาประเภทปรับองศาได้



ภาพประกอบ 7 ตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผาประเภทรองรับแผ่นรองเผาขนาดใหญ่



ภาพประกอบ 8 ตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผาประเภทแผ่นรองเผาขนาดกลาง



ภาพประกอบ 9 ตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผาประเภทแผ่นรองเผาขนาดเล็ก

5. เตาเผาและวิธีการเผาพร้อมกับการเผา

เตาเผา (kiln) เป็นเครื่องมือที่ให้ความร้อน ควบคุมความร้อน การกระจายความร้อน ซึ่งจะมีการศึกษาและออกแบบให้ถูกหลักวิชาการ สามารถเผาให้อุณหภูมิสูงรวมทั้งประหยัด และปลอดภัย เตาเผาจึงเป็นเครื่องมือที่จำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งที่จะช่วยในการเผาเครื่องปั้นดินเผาดี (ทวี พรหมฤกษ์. 2523 : บทนำ)

5.1 ชนิดของเตาเผา การจำแนกชนิดของเตาเผา ทำได้หลายวิธีเช่นการจำแนกตามวิธีการเผา ทางเดินของเปลวไฟ ลักษณะของเปลวไฟ ชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้เผา เป็นต้น ซึ่งพอสรุปได้ ดังนี้ (กรมวิทยาศาสตร์. 2513 : 57-98)

5.1.1 จำแนกตามวิธีการเผาได้แก่

5.1.1.1 เตาเผาแบบไม่ต่อเนื่อง

5.1.1.2 เตาเผาแบบกึ่งต่อเนื่อง

5.1.1.3 เตาเผาแบบต่อเนื่อง

5.1.2 จำแนกตามลักษณะทางเดินลมร้อน

5.1.2.1 เตาเผาแบบทางเดินลมร้อนในแนวนอน

5.1.2.2 เตาเผาแบบทางเดินลมร้อนขึ้น

5.1.2.3 เตาเผาแบบทางเดินลมร้อนลง

5.1.3 จำแนกตามลักษณะของเปลวไฟ

5.1.3.1 เตาเผาเปลวไฟสัมผัส

5.1.3.2 เตาเผาแบบกึ่งป้องกันเปลวไฟ

5.1.3.3 เตาเผาแบบเตापิด

5.1.4 จำแนกตามลักษณะของเชื้อเพลิง

5.1.4.1 เตาฟืน

5.1.4.2 เตาถ่านหิน

5.1.4.3 เตา น้ำมัน

5.1.4.4 เตา แก๊ส

5.1.4.5 เตาไฟฟ้า

5.1.5 จำแนกตามลักษณะของผลิตภัณฑ์

5.1.5.1 เตาเผาดิบ

5.1.5.2 เตาเผาผลิตภัณฑ์ต่ำเร่ง

5.1.5.3 เตาเผาเคลือบ

5.1.5.4 เตาเผาสี

5.1.6 จำแนกตามรูปลักษณะของเตาเผา

5.1.6.1 เตากลม

5.1.6.2 เตาสี่เหลี่ยม

5.1.6.3 เตาแนวราบ

5.1.6.4 เตาอุโมงค์

5.1.6.5 เตาวงแหวน

เตาเผาที่ใช้เผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผามีมากมายหลายชนิดดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้นในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาแต่ละประเภท ควรเลือกใช้เตาเผาให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์นั้นๆ เพื่อที่จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีตามที่เรากำลังต้องการในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะเผาผลิตภัณฑ์ทดลองด้วยเตาเผาไฟฟ้าและเตาแก๊สเนื่องจากเป็นเตาเผาที่นิยมใช้ในสถานศึกษาและโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาทั่วไป

5.2 เตาไฟฟ้า เป็นเตาเผาผลิตภัณฑ์ที่มีผู้สนใจมาก โดยเฉพาะในงานเครื่องปั้นดินเผา เนื่องจากผู้ใช้มีความสะดวกสบายควบคุมได้ง่าย มีความปลอดภัยสูงค่าใช้จ่ายไม่สิ้นเปลืองมากนัก และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี เตาไฟฟ้าที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีหลายแบบและหลายขนาด สามารถเผาได้ในอุณหภูมิสูงมักนิยมสร้างเป็นเตาแบบกลม แบบหกเหลี่ยม แบบสี่เหลี่ยมซึ่งมีทั้งชนิดเปิดบนเปิดด้านหน้า มีความจุตั้งแต่หนึ่งลูกบาศก์ฟุต จนถึงหลายลูกบาศก์ฟุตใช้ไฟฟ้าทั้งชนิด 1 ยก (single phase) และ 3 ยก (three phase) ใช้กระแสไฟฟ้าชนิด 220 และ 380 โวลท์ เตาไฟฟ้าใช้เผาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่การเผาดิบการเผาเคลือบและยังใช้เผาสีชนิดบนเคลือบได้อีกด้วย (ทวี พรหมฤกษ์. 2523 : 63)

การทำงานของเตาไฟฟ้า จะให้พลังงานความร้อนภายหลังการไหลผ่านของกระแสไฟฟ้าในขดลวดต้านทาน (heating element) ที่ติดตั้งอยู่รอบผนังเตาซึ่งทำด้วยอิฐทนไฟ และฉนวนกันความร้อน เมื่อกระแสไหลผ่านขดลวดความต้านทานยิ่งนานหลายชั่วโมง ความร้อนจะสะสมเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงอุณหภูมิสูงสุดตามความต้องการ การควบคุมอุณหภูมิจะใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ (pyrometer) ที่ติดตั้งไว้ในเตาเผา หรืออาจใช้ท่อนไฟ (pyrometric cone) วางไว้ด้านในเตาขณะเผา ก็ได้เช่นเดียวกัน บรรยากาศในเตาเผาไฟฟ้านี้จะเป็นแบบออกซิเดชันเพียงอย่างเดียว

5.3 เตาแก๊ส ปัจจุบันนับว่าเป็นเตาที่นิยมในหมู่บรรดาผู้ผลิตเครื่องปั้นดินเผาสามารถเผาประหยัดเชื้อเพลิงปลอดภัย นอกจากนี้ยังสามารถเผาในอุณหภูมิสูง มีความสะดวกต่อการใช้งาน ประหยัดเชื้อเพลิง ปลอดภัย นอกจากนี้ยังสามารถเผาได้ทั้งบรรยากาศแบบออกซิเดชันและแบบรีดักชัน แบบของเตาแก๊สที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไปมี 2 แบบดังนี้ (ทวี พรหมฤกษ์. 2523 : 33)

5.3.1 เตาแก๊สชนิดทางลมร้อนขึ้น เป็นเตาแก๊สที่ไม่มีปล่องไฟแต่จะมีช่องระบายความร้อนทำหน้าที่แทนปล่องไฟอยู่ที่ตอนบนของเตาความร้อนจะผ่านแผ่นรองชนิดทนไฟสูง โดยไม่ผ่านผลิตภัณฑ์โดยตรง แผ่นรองนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวนำความร้อนที่ดีและจะช่วยเฉลี่ยความร้อนให้แผ่ไปทั่วเตาเผาอย่างสม่ำเสมอเตาชนิดนี้นิยมออกแบบเป็นรูปสี่เหลี่ยมมีทั้งชนิดเปิดด้านหน้าและเปิดด้านบน เป็นเตาที่ไม่ใหญ่มากนัก จึงเหมาะสำหรับงานทดลองและงานวิจัยต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี

5.3.2 เตาแก๊สชนิดทางลมร้อนลง เป็นเตาแก๊สที่ออกแบบสร้างให้มีขนาดใหญ่สามารถเผาผลิตภัณฑ์ได้จำนวนมาก การบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผาจะใช้รถเข็นซึ่งทำให้สะดวกและคล่องตัว ถ้าต้องการเพิ่มผลผลิตก็จะจัดรถสำรองไว้อีก สามารถเผาคัดต่อกันได้ เตาชนิดนี้จะต้องสร้างให้มีปล่องเตาในการเผาสูงมาก และสม่ำเสมอทั่วทั้งเตา จึงเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกส์ แต่การลงทุนในการก่อสร้างค่อนข้างสูงซึ่งผู้วิจัยจะใช้เผาผลิตภัณฑ์ทดลองในการวิจัยในครั้งนี้

5.4 การเผาผลิตภัณฑ์ เป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการผลิตเครื่องปั้นดินเผา ซึ่งนับว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะดีหรือไม่เพียงใด จะสวยงามมากน้อยเพียงใดหรือมีคุณค่ามากน้อยเท่าใด ก็ขึ้นอยู่กับขั้นตอนการเผาผลิตภัณฑ์นี้ทั้งสิ้น การเผาผลิตภัณฑ์แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้คือ การเผาดิบ (biscuit firing) และการเผาเคลือบ (glost firing) (ทวี พรหมฤกษ์. 2523 : 152)

การเผาดิบ หมายถึง การนำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่ปั้นแต่งและฟiring ให้แห้งดีแล้วนำมาทำการเผา เพื่อให้คงรูปร่างอยู่ได้และป้องกันการเสียหายในการนำไปดำเนินการขั้นตอนต่อไป การเผาดิบอาจทำได้ 2 วิธี (ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา. 2529 : 154) ดังนี้

1. เผาดิบที่อุณหภูมิสูงแล้วเผาเคลือบอุณหภูมิต่ำ ในกรณีที่ใช้น้ำเคลือบที่มีจุลหุลอมละลายต่ำจำเป็นต้องใช้วิธีนี้เพื่อให้เนื้อดินมีความแข็งแรงอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาสูงหรือต่ำเกินไปตามประเภทของผลิตภัณฑ์

2. เผาดินที่อุณหภูมิต่ำแล้วเผาเคลือบที่อุณหภูมิสูง อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาประมาณ 700 ถึง 800 องศาเซลเซียส

การจัดเรียงผลิตภัณฑ์เข้าเผา ควรจะเอาผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่หรือมีน้ำหนักมากไว้

ด้านล่าง แล้วนำผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กหรือน้ำหนักเบาวางซ้อนได้ด้านบน เพื่อเป็นการป้องกันการเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้ การเผาไหม้ในระยะแรกจำเป็นต้องเพิ่มอุณหภูมิขึ้นอย่างช้า ๆ ไม่ควรเร่งไฟให้ร้อนจนเกินไป ถ้าผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในเตาไม่แห้งสนิทเมื่อได้รับความร้อนมาก น้ำในเนื้อผลิตภัณฑ์นั้นจะแตกระเบิดได้ฉะนั้นการเผาในระยะแรกจึงต้องให้ความร้อนเพียงเล็กน้อย 3 ชั่วโมงแรก อุณหภูมิในเตาไม่ควรเกิน 200 องศาเซลเซียสต่อชั่วโมง แล้วจึงต้องให้ความร้อนเพียงเล็กน้อยเพื่อไล่ไอน้ำออกจากผลิตภัณฑ์เสียก่อน สำหรับเตาเผาขนาดเล็กอย่างน้อยภายในระยะเวลา 3 ชั่วโมงแรก อุณหภูมิในเตาไม่ควรเกิน 200 องศาเซลเซียสต่อชั่วโมง แล้วจึงค่อย ๆ เร่งไฟเพิ่มความร้อนให้ อุณหภูมิสูงขึ้น แต่ไม่ควรเกิน 150 องศาเซลเซียสต่อชั่วโมง เมื่อเผาจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการแล้ว จึงค่อย ๆ ลดความร้อนภายในเตาให้เย็นลงทีละน้อยจนกระทั่งอุณหภูมิไม่เกิน 150 องศาเซลเซียส จึงสามารถนำผลิตภัณฑ์ออกจากเตาได้

การเผาเคลือบ หมายถึง การเผาผลิตภัณฑ์ที่อาจจะตกแต่งสีแล้วหรือไม่ได้ตกแต่งสีก็ได้ แต่ได้ชุบเคลือบแล้วและจะเผาเพื่อให้น้ำเคลือบละลายจับผิวผลิตภัณฑ์ที่เป็นมันแวววาวคล้ายแก้ว หรือบางชนิดอาจจะเป็เคลือบด้านก็ได้ การเผาเคลือบเป็นการเผาขั้นสุดท้าย จะได้ผลเป็นผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จที่ใช้ได้ การเผาขั้นนี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งและจะต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ มิฉะนั้นจะเสียหายได้ง่ายที่สุด (ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา. 2529 : 156) การเผาเคลือบไม่ว่าจะเป็นเคลือบไฟต่ำหรือเคลือบไฟสูงก็ตาม จะต้องเผาอุณหภูมิให้ได้ตามข้อกำหนดของน้ำเคลือบแต่ละชนิด มิฉะนั้นการเผาจะเกิดการเสียหายได้ (ทวี พรหมพฤษ. 2523 : 155)

5.5 อุปกรณ์และเครื่องมือวัดอุณหภูมิ เครื่องมือที่จำเป็นใช้ในการวัดอุณหภูมิในการเผาผลิตภัณฑ์เพื่อให้คุณภาพดี ถูกต้อง ในสมัยโบราณใช้การสังเกตสีของไฟ หรือชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ด้วยการคาดคะเนด้วยสายตา ซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์และความชำนาญพิเศษ แต่ในปัจจุบันได้มีผู้คิดค้นเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ หลายแบบที่ใช้วัดอุณหภูมิได้อย่างถูกต้องและเที่ยงตรง ได้แก่ เครื่องมือวัดอุณหภูมิ (pyrometer) พู้นวัดไฟเป็นการตรวจสอบความร้อนด้วยการเปรียบเทียบสี (optical pyrometer) เป็นต้น (ทวี พรหมพฤษ. 2523 : 101)

เครื่องมือวัดอุณหภูมิ เป็นเครื่องมือที่อาศัยหลักการ การเกิดกระแสไฟฟ้าจากความร้อน โดยการนำเอาโลหะสองชนิดมาเชื่อมโยงติดกัน เรียกว่า (hot junction) แต่โลหะทั้งสองจะต้องมีคุณสมบัติต่างศักย์ใส่ในเตาเผาให้ได้รับความร้อนส่วนปลายอีกด้านหนึ่งต่อเข้ากับเครื่องมือวัดอุณหภูมิ และจะขึ้นบอกอัตราความร้อนเรียกว่า เทอร์โมคัปเปิ้ล (thermocouple) จะมีเครื่องป้องกันจะทำด้วยวัสดุทนไฟหุ้มไว้อีกชั้นหนึ่งเพื่อป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร เพราะถ้าไฟฟ้าลัดวงจรจะทำให้ค่าของอุณหภูมิที่วัดไม่เที่ยงตรง

ท่อนวัดไฟ เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิภายในเตา การใช้ที่ง่ายและสะดวกผู้ที่คิดทำท่อนไฟเป็นครั้งแรกได้แก่ ชาวเยอรมันชื่อ เซ็กเกอร์ (Segger) จึงตั้งชื่อตามผู้คิดค้นว่า เซ็กเกอร์โคน(segger cone) โดยนำเอาวัตถุดิบผสมกับฟลักซ์ ทำเป็นแท่งสามเหลี่ยมทรงคล้ายปิรามิด ซึ่งวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ต่ำไปจนสูงแบ่งออกเป็นหมายเลขนอกจากท่อนวัดไฟของเซ็กเกอร์แล้วยังมีออร์ตัน ซึ่งเป็นที่นิยมกันแพร่หลายมีอยู่ 2 ขนาด ได้แก่ขนาดใหญ่ (large cone) และขนาดเล็ก (small cone) เป็นต้น

การใช้ท่อนวัดอุณหภูมิที่ถูกต้องนั้นจะต้องใช้ครั้งละ 3 ตัว เรียงตามลำดับบนแท่งดิน โดยทำมุมเอียง 82 องศา การอ่านโดยจะยึดตัวกลางเป็นหลักและเป็นตัวอุณหภูมิที่ต้องการ การเผาที่ถูกต้องโคนจะต้องล้มตามเข็มนาฬิกา เป็นต้น นอกจากนี้แล้วการวางท่อนวัดไฟควรวางในส่วนของอุณหภูมิเฉลี่ยของเตา และควรวางให้สามารถมองเห็นได้ง่าย

ในการวัดอุณหภูมิและการทดลองเผาผลิตภัณฑ์ ผู้วิจัยจะใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิและท่อนวัดไฟควบคู่กันไป เพราะจะทำให้มีความเที่ยงตรงสูงกว่าใช้อย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งอาจผิดพลาดหรือคลาดเคลื่อนได้

6. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของดินซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีความสำคัญมากทำให้สามารถรู้ชนิดของดินว่าเหมาะสมที่จะทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ชนิดไหน ชนิดที่มีเนื้อสีขาวหรือเนื้อสีอื่น ๆ หรือทำผลิตภัณฑ์ทนไฟ ซึ่งมีคุณสมบัติที่จะต้องพิสูจน์ดังต่อไปนี้

(จุมพล คีนตักและคนอื่น ๆ. 2521 : 80-87)

6.1 การทดสอบความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น ความแข็งแรงของเนื้อดินปั้นเป็นคุณสมบัติที่แสดงถึงความทนทานต่อแรงกดที่กระทำต่อดินที่ขึ้นรูปแล้วดินที่มีความแข็งแรงเมื่อแห้งจะไม่เปราะแตกง่ายสามารถเคลื่อนย้ายได้โดยสะดวก โดยทั่วไปดินที่มีความเหนียวมากจะมีความแข็งแรงมาก เมื่อขึ้นรูปและฟiring ให้แห้ง โดยทั่วไปถือว่าดินจะต้องมีค่าความแข็งแรงตั้งแต่ 20 ถึง 1,500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือ 9.1 ถึง 682 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (จุมพล คีนตักและคนอื่น ๆ.

2521 : 80-87)

วิธีการทดสอบความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น

1. นำดินที่ขึ้นรูปแล้วมาปั้นเป็นแท่งทดลองด้วยวิธีการอัดลงไปแบบพิมพ์ที่มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีความกว้าง ความยาว และหนาตามที่กำหนดให้

2. นำแท่งทดลองไปฟiring ให้แห้ง แล้วนำไปอบให้แห้งสนิทที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส

3. นำแท่งทดลองไปอัดให้หักโดยเครื่องมือทดสอบ (ดังภาพประกอบ 10)

4. จดแรงกดที่ทำให้แท่งทดลองหัก แล้วนำไปคำนวณหาค่าความแข็งแรงจากสูตรดังต่อไปนี้ (Singer. 1960 : 337)

$$R = \frac{3wl}{2bh^2}$$

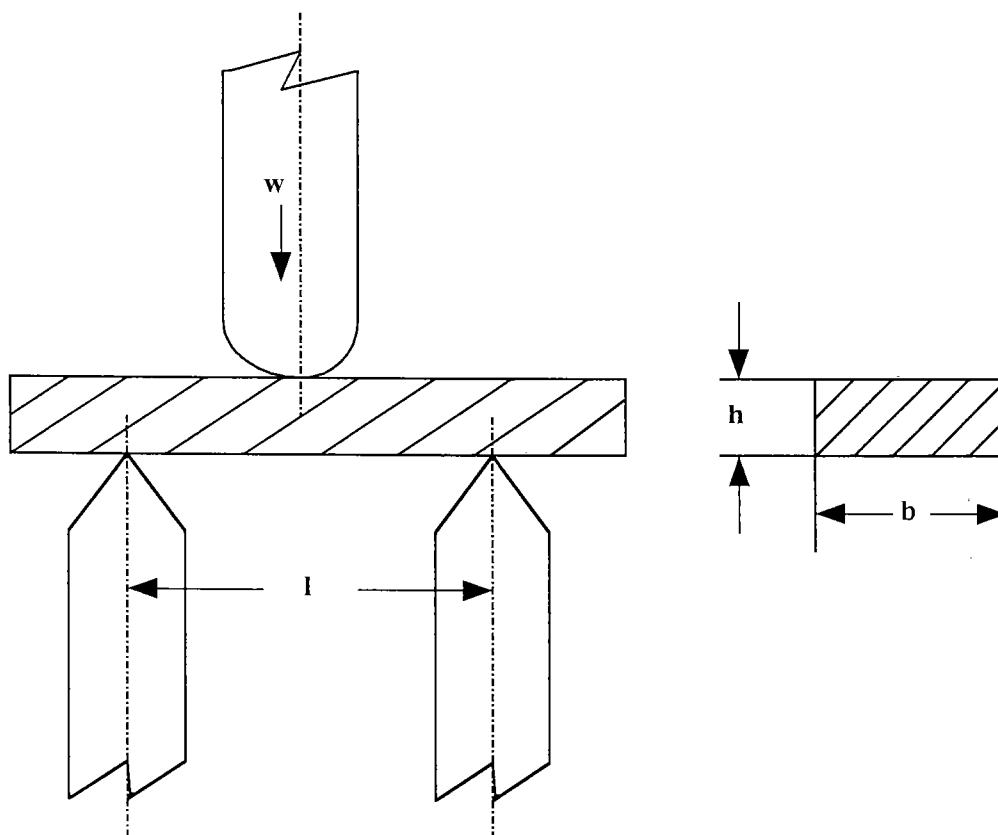
โดย R = ค่าความแข็งแรงของดิน (ก.ก./ซ.ม.²)

w = แรงกดที่ทำให้แท่งทดลองหัก (ก.ก.)

l = ระยะห่างของแท่งรองรับแท่งทดลอง (ซ.ม.)

b = ความกว้างของแท่งทดลอง (ซ.ม.)

h = ความหนาของแท่งทดลอง (ซ.ม.)

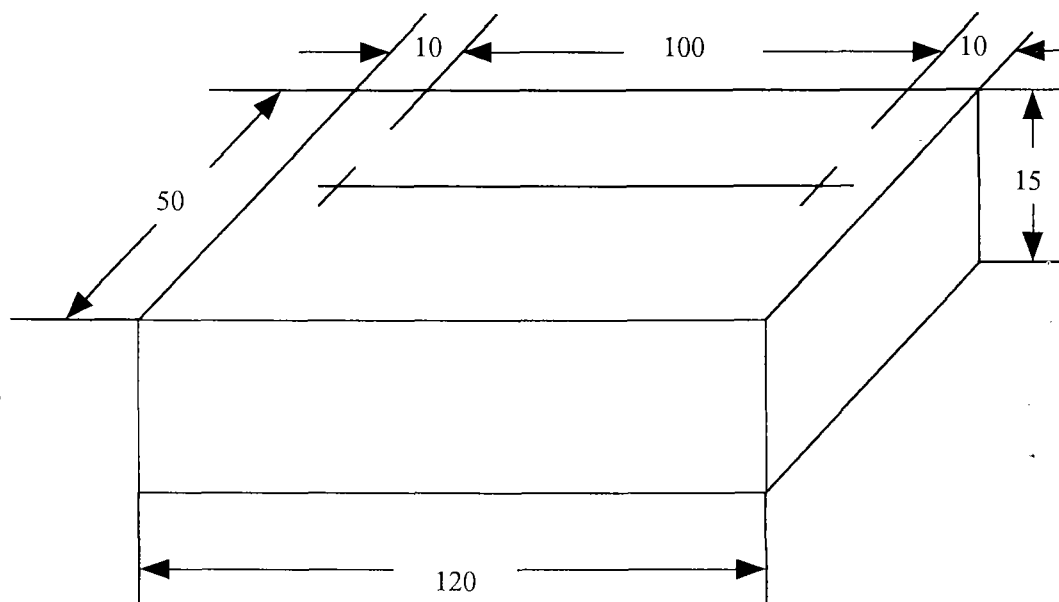


ภาพประกอบ 10 แสดงการกดน้ำหนักลงบนแท่งทดลองด้วยเครื่องมือทดสอบความแข็งแรง

6.2 การทดสอบการหดตัวของเนื้อดินปั้น คุณสมบัติเกี่ยวกับการหดตัวของเนื้อดินปั้นมีความสำคัญ เพราะในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ ๆ ถ้าดินมีการหดตัวมากก็จำเป็นที่จะต้องให้ดินนั้นแห้งอย่างช้า ๆ และแห้งอย่างสม่ำเสมอเพื่อผลิตภัณฑ์ สาเหตุที่ดินหดตัวก็เนื่องมาจากน้ำที่อยู่ในเนื้อดินปั้นระเหยออกไปทำให้เนื้อดินเข้ามาติดกันจึงเกิดการหดตัว โดยปกติแล้วดินที่มีความละเอียดและเหนียวย่อมมีการหดตัวมากกว่าดินหยาบ การหดตัวของดินมี 2 ระยะด้วยกันคือ หดตัวหลังจากการฟiring ให้แห้ง และการหดตัวหลังจากการเผา ปริมาณการหดตัวหลังการเผามีความสำคัญในการเผาผลิตภัณฑ์มาก เพราะถ้าดินมีปริมาณการหดตัวสูง จำเป็นจะต้องเผาสีผลิตภัณฑ์อย่างช้า ๆ ควบคุมอุณหภูมิให้มีความสม่ำเสมอ มิฉะนั้นผลิตภัณฑ์จะเกิดการบิดเบี้ยวหรือแตกเสียหายได้ นอกจากนี้การทดสอบหาเปอร์เซ็นต์การหดตัวของดินทั้งก่อนเผาและหลังจากการเผาแล้ว ยังเป็นประโยชน์ต่อการขยายแบบเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดตามที่ต้องการได้อีกด้วย

วิธีการทดสอบการหดตัวของเนื้อดินปั้น

1. นำดินที่เตรียมไว้ทำเป็นแท่งทดลองเช่นเดียวกับการทดสอบความแข็งแรงของเนื้อดินปั้นแล้วทำเครื่องหมายตามด้านยาว โดยวัดจากริมของแท่งทดลองเข้ามาด้านละเท่า ๆ กัน แล้วทำเครื่องหมายไว้ (ดังภาพประกอบ 11)



ภาพประกอบ 11 แสดงการทำเครื่องหมายไว้ที่แท่งทดลอง

2. นำแท่งดินไปฝังให้แห้งแล้ววัดความยาวจดบันทึกไว้
3. นำแท่งดินไปเผาที่อุณหภูมิตามต้องการ
4. วัดความยาวของแท่งทดลองหลังจากการเผาแล้วจดบันทึกไว้
5. นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การหดตัวของดินโดยใช้สูตรดังต่อไปนี้ (Rhodes. 1972 : 200)

1972 : 200)

$$\text{ร้อยละการหดตัวของดินแห้ง} = \frac{\text{ความยาวของดินเปียก} - \text{ความยาวของดินแห้ง}}{\text{ความยาวของดินเปียก}} \times 100$$

$$\text{ร้อยละการหดตัวของดินที่เผาแล้ว} = \frac{\text{ความยาวของดินแห้ง} - \text{ความยาวของดินที่เผาแล้ว}}{\text{ความยาวของดินแห้ง}} \times 100$$

$$\text{ร้อยละการหดตัวของดิน} = \frac{\text{ความยาวของดินเปียก} - \text{ความยาวของดินที่เผาแล้ว}}{\text{ความยาวของดินเปียก}} \times 100$$

การหดตัวจะต้องไม่เกินร้อยละ 0 - 7

6.3 การทดสอบการทนไฟของเนื้อดินปั้น เพื่อจำแนกว่าดินที่ควรใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ชนิดทนไฟ ดินที่ทำผลิตภัณฑ์ทนไฟนั้นต้องมีความทนไฟต่ำสุด 1,550 องศาเซลเซียส แต่สำหรับเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ต้องมีความทนไฟขั้นต่ำสุด 1,200 องศาเซลเซียส (ทวี พรหมฤกษ์. 2523 : 64)

วิธีการทดสอบการทนไฟของดินของเนื้อดินปั้น

1. นำเนื้อดินปั้นที่เตรียมไว้มาทำแท่งทดลองรูปท่อนไฟ ให้มีขนาดเท่ากับท่อนวัดไฟขนาดใหญ่ตามมาตรฐานของออร์ตันแล้วฝังให้แห้งสนิท
2. นำแท่งทดลองที่แห้งสนิทแล้วมาวางเรียงบนแท่งดิน โดยทำมุม 82 องศาเช่นเดียวกับการวางท่อนวัดไฟ แล้วทำการหัดไว้ด้านล่างของแท่งดิน
3. นำแท่งทดลองที่วางเรียงบนแท่งดินเข้าเตาเผา ใช้อุณหภูมิในการเผาสูงจนแท่งทดลองหลอมละลายล้มลงราบกับพื้นแท่งดินที่แท่งทดลองวางอยู่ แล้วจึงปิดเตาจดบันทึกอุณหภูมิที่วัดได้จากเครื่องมือวัดอุณหภูมิ อุณหภูมิที่วัดได้ก็จะเป็นค่าของความทนไฟของดินที่นำมาทดสอบ

6.4 การทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิฉับพลันของเนื้อดินปั้น ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ชนิดทนไฟ จะต้องมีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลันได้ในอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส

วิธีการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิฉนวนของเนื้อดินปั้น

1. นำแท่งทดลองเนื้อดินปั้นที่เตรียมไว้ผึ่งให้แห้งสนิท
2. นำแท่งทดลองเนื้อดินปั้นที่ผึ่งแห้งแล้วเข้าเตาเผา และทำการเผาจนถึงอุณหภูมิถึง 600 องศาเซลเซียส แล้วหยุดการทำงานของเตา
3. เปิดฝาเตาแล้วใช้อุปกรณ์ที่เตรียมไว้จับชิ้นงานทดลองออกจากเตาอย่างรวดเร็วแล้วทิ้งระยะเวลาไว้ประมาณ 5 นาที แล้วตรวจสอบดูว่าชิ้นงานทดลองแตกร้าวหรือไม่ แล้วจดบันทึกอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา

6.5 การทดสอบการรับน้ำหนักของเนื้อดินปั้นผลิตภัณฑ์ชนิดทนไฟนี้ เนื้อดินปั้นจะต้องมีการทดสอบการรับน้ำหนักได้อย่างน้อย 50 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

วิธีการทดสอบการรับน้ำหนักของเนื้อดินปั้น

1. นำเนื้อดินปั้นที่เตรียมไว้ นำมาขึ้นรูปโดยวิธีการอัด แล้วนำไปผึ่งให้แห้ง
2. นำแท่งเนื้อดินปั้นที่ผึ่งแห้งแล้วเข้าเตาเผาจนอุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียสแล้วจึงหยุดเตา
3. นำแท่งเนื้อดินปั้นที่ผ่านการเผาไปทดสอบด้วยเครื่องทดสอบการรับน้ำหนักด้วยแรงกดจนแท่งเนื้อดินปั้นหักแล้วจึงอ่านค่าเครื่องทดสอบรับน้ำหนักได้อย่างน้อย 50 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรแสดงว่าผ่านการทดสอบ

7. การทดสอบทางเคมี

7.1 การทดสอบกับด่างโซดาไฟความเข้มข้นร้อยละ 20 ผลิตภัณฑ์ชนิดทนไฟนี้จะต้องมีการทนต่อการกัดกร่อนของด่างโซดาไฟโดยการแช่แท่งเนื้อดินปั้นได้อย่างน้อย 12 ชั่วโมง

(Astm. Standard. 198 : 279)

วิธีการทดสอบกับด่างโซดาไฟ

1. นำเนื้อดินปั้นที่เตรียมไว้ นำไปขึ้นรูปและผึ่งให้แห้ง
2. นำแท่งเนื้อดินปั้นเข้าเตาเผาและเผาจนถึงอุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส
3. นำแท่งเนื้อดินปั้นที่ผ่านการเผาไปแช่ในด่างโซดาไฟ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของชิ้นงานทดลองถ้าไม่มีการสึกกร่อนแสดงว่าผ่านการทดสอบ

7.2 การทดสอบกับกรดเกลือ ผลิตภัณฑ์ชนิดทนไฟนี้จะต้องมีการทนต่อการกัดกร่อนของกรดเกลือโดยการแช่แท่งเนื้อดินปั้นได้อย่างน้อย 12 ชั่วโมง (Astm. Standard. 198 : 279)

วิธีการทดสอบกับกรดเกลือความเข้มข้นร้อยละ 20

1. นำเนื้อดินปั้นที่เตรียมไว้นำไปขึ้นรูปและผึ่งแดดให้แห้ง
2. นำแท่งเนื้อดินปั้นเข้าเตาเผาและเผาจนถึงอุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส
3. นำแท่งเนื้อดินปั้นที่ผ่านการเผาไปแช่ในกรดเกลือ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของชิ้นงานทดลองถ้าไม่มีการสึกกร่อนแสดงว่าผ่านการทดสอบ

7.3 ทดสอบแก๊สคาร์บอนและสารประกอบซัลเฟอร์ ผลิตภัณฑ์ชนิดทนไฟนี้จะต้องทนต่อแก๊สคาร์บอนและสารประกอบซัลเฟอร์ได้อย่างดี

วิธีการทดสอบแก๊สคาร์บอนและสารประกอบซัลเฟอร์ของเนื้อดินปั้น

1. นำเนื้อดินปั้นที่เตรียมไว้นำไปขึ้นรูปและผึ่งให้แห้ง
2. นำแท่งชิ้นงานทดลองเข้าเตาเผาจนถึงอุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียสและเป็นการเผาแบบรีดักชัน
3. นำชิ้นงานทดลองออกจากเตามาตรวจสอบดูว่าชิ้นงานทดลองมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ ถ้าชิ้นงานยังมีความสมบูรณ์ไม่มีอะไรเปลี่ยนแปลงแสดงว่าผ่านการทดสอบ

8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Singer ได้ทำการวิเคราะห์เกี่ยวกับวัตถุดิบที่จะนำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์ทนไฟไว้ดังนี้ การที่จะนำผลิตภัณฑ์ทนไฟจะต้องมีส่วนประกอบของซิลิกา และอลูมินาและจะต้องมีจุดหลอมละลายประมาณ 1,710 องศาเซลเซียสหรือ 3,110 องศาฟาเรนไฮต์ (Singer. 1960 : 405)

ปีแอร์ (จรัสศรี สมบัติทวี. 2514 : 7-10 อ้างอิงจาก pierre. n.d: unpagged) ได้ศึกษาเกี่ยวกับเนื้อดินปั้นที่ประกอบด้วยอลูมินาและไฟโรฟิลไลต์ เมื่อผ่านการเผาจะมีความแข็งแรงและหดตัวน้อยและเป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง

สุชาดา สุขชี ได้ทำการทดลองเนื้อดินปั้นโบนโซนา ประกอบด้วยโปแตสเฟลสปาร์ โซดาเฟลสปาร์ หินปูน หินเขียวหนุมาน ดินขาว เมื่อผ่านกระบวนการเผาทำให้เกิดความแข็งแรงและเป็นมันแวววาวและมีความโปร่งใส

สมบุญ สารสิทธิ์ ได้ทำการทดลองเนื้อดินปั้นจากดินแดงจังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อ ประกอบด้วยดินแดง ดินขาว หินฟันม้า หินทรายขาว เมื่อผ่านการ

บดผสมแล้วสามารถขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อได้ดี เมื่อผ่านกระบวนการเผาจะมีความแข็งแรง สมศักดิ์ วังศิริกุล การทดลองเนื้อดินปั้นจังหวัดกำแพงเพชรเพื่อใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผา ประกอบด้วย ดินเหนียวจากแหล่งต่าง ๆ ในจังหวัดกำแพงเพชร สามารถใช้งานเกี่ยวกับ เซรามิกส์ได้ดี

9. สรุป

ในปัจจุบันการผลิตและการส่งออกเซรามิกส์ประเภทสุขภัณฑ์ในแต่ละปีจะมีมูลค่า ประมาณ 3,000 - 4,000 ล้านบาท แต่ก็ยังต้องเสียค่าใช้จ่ายในการนำเข้าวัตถุดิบบางอย่างที่มีราคาแพง เพราะว่าในกระบวนการผลิตบางกระบวนการจำเป็นต้องใช้ อย่างเช่นในกระบวนการเผาผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องมีตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผา เพื่อที่ความต้องการที่จะรักษารูปทรงให้สวยงาม และรักษารูปทรงให้ได้ตามที่กำหนด และยังเป็นผลดีต่อการใช้งานของตัวสุขภัณฑ์ในเรื่องของการชำระล้างอีกด้วย

สาเหตุหลักในการทำวิจัยเรื่องดินปั้นนี้ก็คือ ผู้วิจัยต้องการที่จะลดการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศซึ่งเสียเวลาในการรอสินค้าเป็นเวลานานและมีราคาแพง ดังนั้นผู้วิจัยต้องการที่จะใช้วัตถุดิบในประเทศไทยให้มากที่สุดเพื่อเป็นการพัฒนาเนื้อดินปั้นให้หลากหลายมากขึ้นและเราสามารถที่จะทำตัวรองรับผลิตภัณฑ์ตามขนาดที่เราต้องการได้ โดยเฉพาะเรื่องการใช้งานเราสามารถใช้งานได้หลายครั้งและสามารถกองเก็บได้สะดวก

ด้วยสาเหตุที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงได้มองเห็นถึงความจำเป็นที่เราต้องทำการพัฒนาเนื้อดินปั้นขึ้นมาใช้ในวงการเซรามิกส์ให้หลากหลายขึ้นและเป็นการลดการสูญเสียเงินตราในการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศได้อีกด้วย ในด้านการศึกษา ก็จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจเกี่ยวกับเนื้อดินปั้นประเภทนี้และยังเป็นแนวทางในการพัฒนาให้ดีขึ้นต่อไปอีก

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อให้การวิจัยครั้งนี้บรรลุผลตามจุดมุ่งหมาย ผู้วิจัยดำเนินการตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการทดลอง
2. ตัวแปรที่ศึกษา
3. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง
4. การดำเนินการทดลอง
5. สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง
6. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการทดลอง

- 1.1 การทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าในการคำนวณหาอัตราส่วน

วัตถุประสงค์

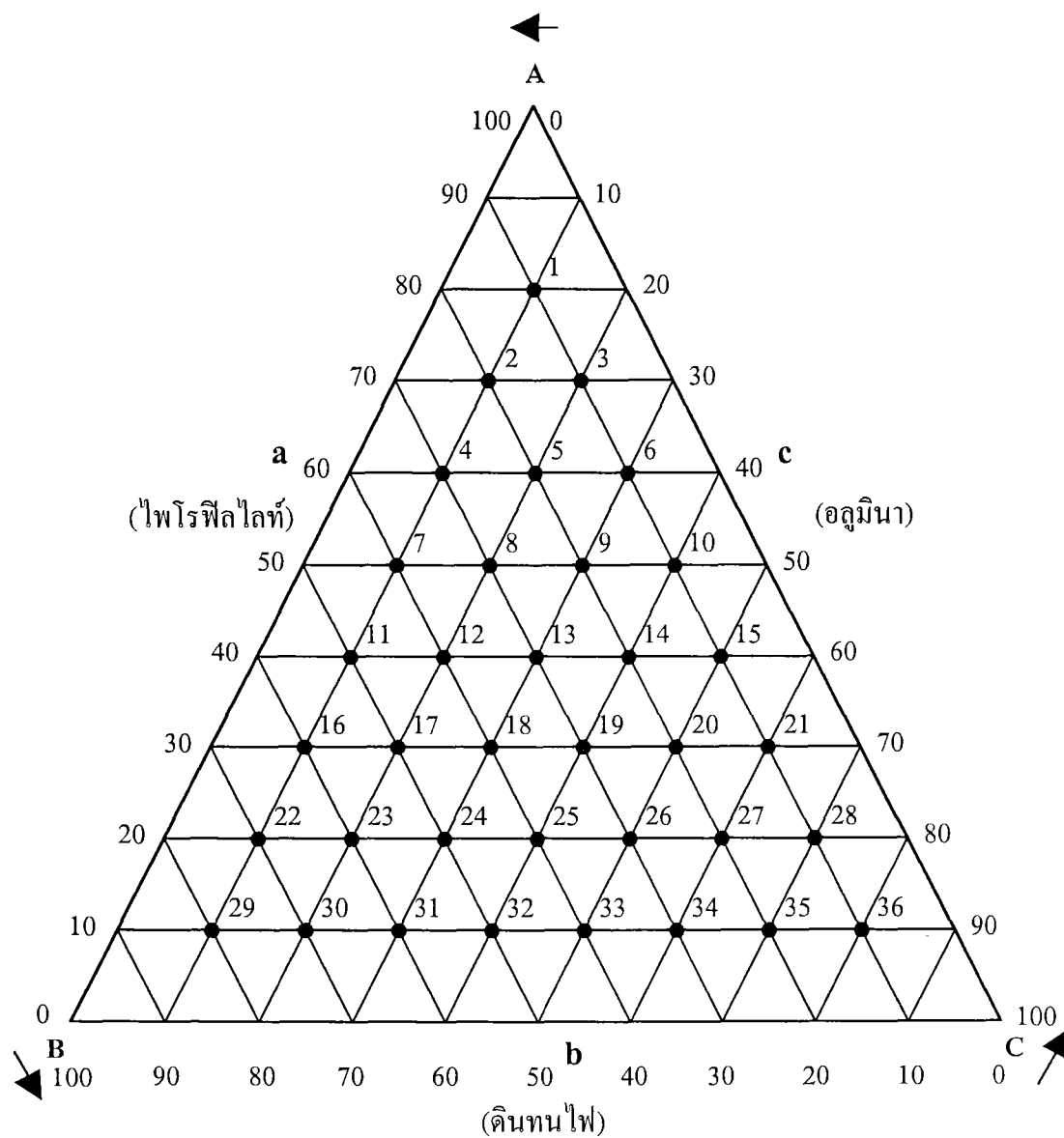
อณูมินา

ดินทนไฟ

ไฟโรฟิลไลต์

กากเหลวน้ำอ้อย

- 1.2 การสุ่มตัวอย่างหาอัตราส่วนผสมระหว่าง ไฟโรฟิลไลต์ ดินทนไฟ และอณูมินา โดยใช้ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า และสุ่มตัวอย่างแบบจำเพาะเจาะจง ทั้งหมด 36 จุด ดังนี้



ภาพประกอบ 12 แสดงอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบบนตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า จำนวน 36
อัตราส่วนผสม

ตาราง 5 แสดงอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นทนไฟ ที่ต้องอ้างอิงจากภาพประกอบ 12

อัตราส่วนผสมที่	วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมคิดเป็นร้อยละ			
(จุดที่)	ไฟโรฟิลไลท์	ดินทนไฟ	อลูมินา	รวม
1	80	10	10	100
2	70	20	10	100
3	70	10	20	100
4	60	30	10	100
5	60	20	20	100
6	60	10	30	100
7	50	40	10	100
8	50	30	20	100
9	50	20	30	100
10	50	10	40	100
11	40	50	10	100
12	40	40	20	100
13	40	30	30	100
14	40	20	40	100
15	40	10	50	100
16	30	60	10	100
17	30	50	20	100
18	30	40	30	100
19	30	30	40	100
20	30	20	50	100
21	30	10	60	100
22	20	70	10	100
23	20	60	20	100
24	20	50	30	100
25	20	40	40	100
26	20	30	50	100

ตาราง 5 ต่อ

อัตราส่วนผสมที่	วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมคิดเป็นร้อยละ			
(จุดที่)	ไฟโรฟิลไลท์	ดินทนไฟ	อลูมินา	รวม
27	20	20	60	100
28	20	10	70	100
29	10	80	10	100
30	10	70	20	100
31	10	60	30	100
32	10	50	40	100
33	10	40	50	100
34	10	30	60	100
35	10	20	70	100
36	10	10	80	100

2. ตัวแปรที่จะศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระคือ อัตราส่วนผสมระหว่าง อลูมินา , ดินทนไฟ , ไฟโรฟิลไลท์จำนวน 36 อัตราส่วนและบรรยากาศในการเผาแบบออกซิเดชันและบรรยากาศในการเผาแบบรีดักชัน

2.2 ตัวแปรตามได้แก่ลักษณะดังต่อไปนี้

2.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพมีดังนี้

2.2.1.1 ความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น ต้องมีความแข็งแรง

2.2.1.2 การหดตัวของเนื้อดินปั้น ต้องไม่เกินร้อยละ 0 - 7

2.2.1.3 การทนต่อความร้อนของเนื้อดินปั้น ต้องทนความร้อนได้ไม่ต่ำกว่า 1,300

องศาเซลเซียส

2.2.1.4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลันของเนื้อดินปั้นที่อุณหภูมิ 600 องศา

เซลเซียส

2.2.1.5 การทดสอบการรับน้ำหนัก ต้องรับน้ำหนักได้ไม่ต่ำกว่า 50 กิโลกรัมต่อ

ตารางเซนติเมตร

2.2.2 คุณสมบัติทางเคมีมีดังนี้

2.2.2.1 ทนต่อการกัดกร่อนของด่างที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยใช้โซดาไฟเป็นตัวทดลองใช้เวลา 12 ชั่วโมง

2.2.2.2 ทนต่อการกัดกร่อนของกรดที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยใช้กรดเกลือเป็นตัวทดลองใช้เวลา 12 ชั่วโมง

2.2.2.3 ทนต่อปฏิกิริยาคาร์บอนและสารประกอบซัลเฟอร์โดยทำการเผาในบรรยากาศรีดักชันที่อุณหภูมิไม่เกิน 1,200 องศาเซลเซียส

3. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.1 เครื่องจักรระบบไฟฟ้า

3.2 ตะแกรงร่อน

3.3 ภาชนะสำหรับผสมวัตถุดิบ

3.4 เครื่องอัดสำหรับขึ้นรูปด้วยพลังงานกล

3.5 เตาแก๊สทางเดินลมร้อนลง

3.6 เทอร์โมคัปเปิ้ล

3.7 ไพโรเมตริกโคน

3.8 ชิ้นงานทดลองขนาดความกว้าง 50 มิลลิเมตร ความหนา 15 มิลลิเมตร ความยาว 120 มิลลิเมตร ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส

4. การดำเนินการทดลอง

ในการดำเนินการทดลองวิจัยได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ

4.1 ขั้นเตรียมวัตถุดิบ

4.1.1 นำวัตถุดิบมาผ่านตะแกรงร่อน

4.1.2 ชั่งอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นตามตารางสามเหลี่ยมด้านเท่ารวมทั้งสิ้น 36 สูตร ๆ ละ 3 ครั้ง

4.1.3 ขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดด้วยพลังงานกล 5,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

4.2 ขั้นเตรียมการเผา

4.2.1 นำชิ้นงานที่ผ่านการขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดมาทำความสะอาดและตกแต่งให้เรียบร้อย พร้อมกับฝั่งชิ้นงานให้แห้ง

4.2.2 เขียนรหัสใต้ชิ้นงานทดลองตามจำนวนสูตรตั้งแต่สูตรที่ OF 1 ถึง OF 36 สูตร ๆ ละ 3 ครั้ง และ RF 1 ถึง RF 36 สูตรละ 3 ครั้ง

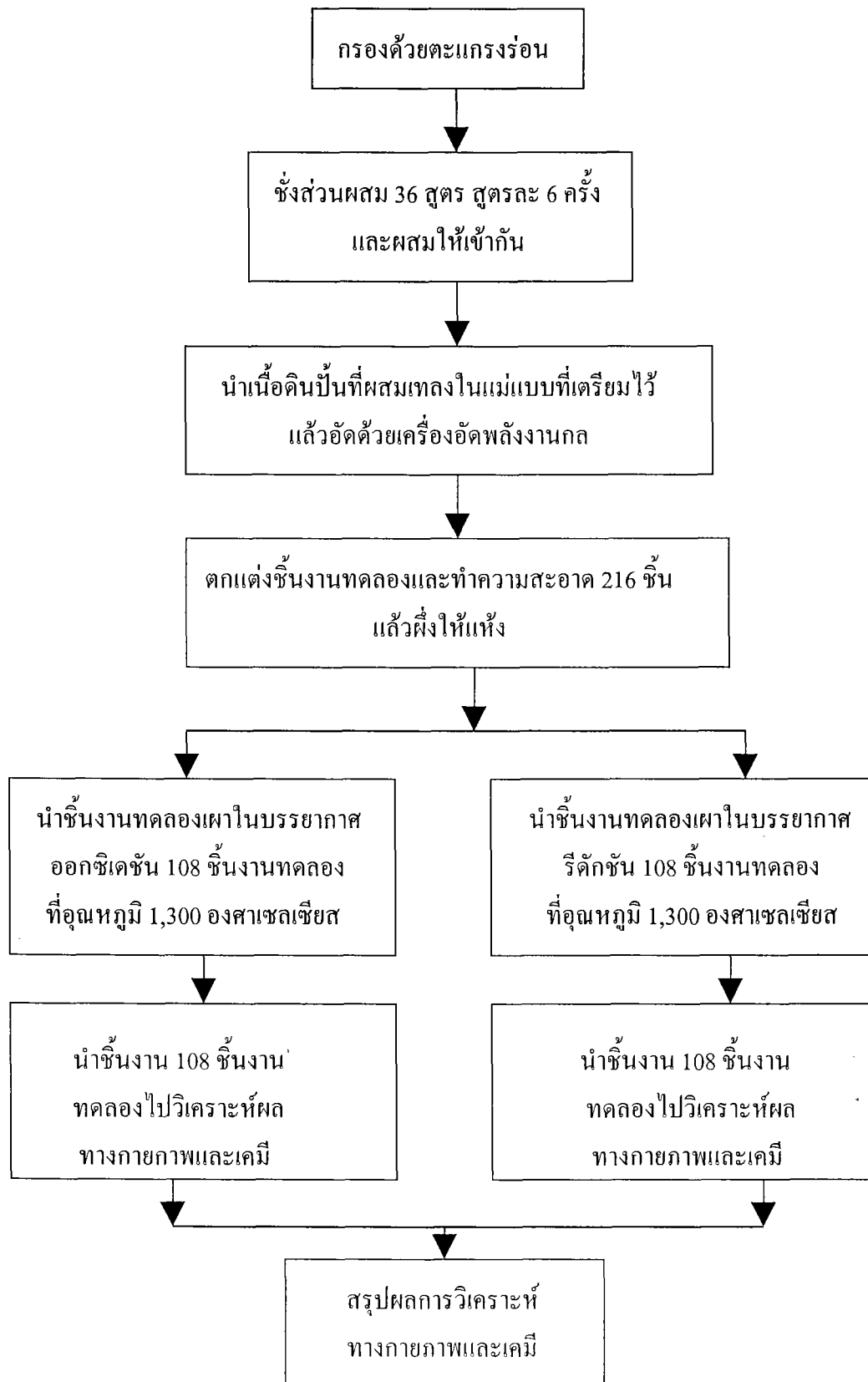
4.2.3 ตัวอักษร OF แทนการเผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน ตัวอักษร RF แทนการเผาในบรรยากาศแบบรีดักชัน

4.2.4 นำชิ้นงานทดลองไปเผาที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส

4.2.4.1 เผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน จำนวน 108 ชิ้นงานทดลอง

4.2.4.2 เผาในบรรยากาศแบบรีดักชันจำนวน 108 ชิ้นงานทดลอง

4.3 ขั้นวิเคราะห์ผล นำชิ้นงานทดลองทั้ง 216 ชิ้น ไปทดสอบทางกายภาพ และเคมี



ภาพประกอบ 13 แสดงวิธีการดำเนินการทดลอง

5. สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

5.1 ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยใช้สถานที่ ทำการวิจัยทดลองดังนี้

5.1.1 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันราชภัฏพระนคร
กรุงเทพมหานคร

5.1.2 คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
กรุงเทพมหานคร

5.2 ระยะเวลาที่ทำการวิจัยทดลอง ผู้วิจัยจะดำเนินการวิจัยทดลองตั้งแต่เดือนมีนาคม 2541
ถึง เดือนตุลาคม 2541

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้จะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลทางกายภาพและเคมีโดยต้องการผล
ดังนี้

6.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

6.1.1 ความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น ต้องมีความแข็งแรง

6.1.2 การหดตัวของเนื้อดินปั้น ต้องไม่เกินร้อยละ 0 - 7

6.1.3 การทนความร้อนต่อเนื้อดินปั้นต้องทนความร้อนได้ไม่ต่ำกว่า 1,300 องศา
เซลเซียส

6.1.4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลันของเนื้อดินปั้นที่อุณหภูมิ 600 องศา
เซลเซียส

6.1.5 การทดสอบการรับน้ำหนักต้องรับน้ำหนักได้ไม่ต่ำกว่า 50 กิโลกรัมต่อตาราง
เซนติเมตร

6.2 คุณสมบัติทางเคมี

6.2.1 ทนต่อการกัดกร่อนของด่างที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยใช้โซดาไฟเป็นตัว
ทดลองใช้เวลา 12 ชั่วโมง

6.2.2 ทนต่อการกัดกร่อนของกรดที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยใช้กรดเกลือเป็นตัว
ทดลองใช้เวลา 12 ชั่วโมง

6.2.3 ทนต่อปฏิกิริยารับอนและสารประกอบซัลเฟอร์ โดยทำการเผาในบรรยากาศ
รีดักชันที่อุณหภูมิไม่เกิน 1,200 องศาเซลเซียส

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองตามกระบวนการแล้ว ได้ข้อมูลจำนวนหนึ่งซึ่งข้อมูลเหล่านี้ได้แก่ลักษณะต่าง ๆ ของแผ่นทดลองที่เผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชันจำนวน 108 ชิ้น และแผ่นทดลองที่เผาในบรรยากาศแบบรีดักชันจำนวน 108 ชิ้น ซึ่งผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดที่ผู้วิจัยนำเสนอ ดังนี้ คือ

ผลการวิเคราะห์แผ่นที่ทดลองที่เผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน และรีดักชันพร้อมทั้งผลการวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมี

การทดลองอัตราส่วนผสมของไพโรฟิลไลต์ ดินทนไฟ และอลูมินา สำหรับทำเนื้อดินปั้น เพื่อทำตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผาครั้งนี้ หลังจากทดลองเผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน จำนวน 36 สูตร และการเผาในบรรยากาศแบบรีดักชัน 36 สูตรซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดของผลการวิเคราะห์ได้ตามตาราง 6 ถึงตาราง 14

ตาราง 6 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น

สูตรที่	อบในอุณหภูมิที่ 110 องศาเซลเซียส	
	ค่าเฉลี่ย	ความแข็งแรง(ก.ก./ซ.ม. ²)
1	7.01	7.01
2	7.08	7.08
3	7.00	7.00
4	7.10	7.10
5	7.07	7.07
6	7.03	7.03
7	9.11	9.11
8	9.10	9.10
9	7.00	7.00
10	6.95	6.95
11	9.35	9.35
12	9.30	9.30
13	9.20	9.20
14	9.00	9.00
15	8.90	8.90
16	9.05	9.05
17	9.03	9.03
18	9.00	9.00
19	8.90	8.90
20	7.08	7.08
21	7.00	7.00
22	9.40	9.40
23	9.03	9.03
24	9.05	9.05

ตาราง 6 (ต่อ)

สูตรที่	อบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส	
	ค่าเฉลี่ย	ความแข็งแรง(ก.ก./ซ.ม. ²)
25	8.92	8.92
26	8.84	8.84
27	7.08	7.08
28	7.00	7.00
29	9.50	9.50
30	9.10	9.10
31	9.02	9.02
32	9.00	9.00
33	8.90	8.90
34	8.85	8.85
35	8.80	8.80
36	7.02	7.02

หมายเหตุ ตรวจสอบความแข็งแรงของเนื้อดินปั้นทั้ง 36 สูตร

ค่าความแข็งแรงของเนื้อดินปั้นก่อนการเผาจะมีค่าความแข็งแรงที่ใกล้เคียงกันทั้ง 36 อัตราส่วน สามารถนำเนื้อดินปั้นเหล่านี้ไปขึ้นรูปได้ ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของเนื้อดินปั้นที่ดี คือ อัตราส่วนผสมที่ 29,22,13,11,7,8,30 และ 24 ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงประมาณ 9.20 กิโลกรัม ต่อตารางเซนติเมตร และค่าเฉลี่ยที่มีความแข็งแรงน้อย ได้แก่ อัตราส่วนผสมที่ 10,28,9,21,3,1, 36,6,5 และ 28 ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงประมาณ 7.01 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ตาราง 7 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพการหดตัวของเนื้อดินปั้น

สูตรที่	การเผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน		การเผาในบรรยากาศแบบรีดักชัน	
	ค่าเฉลี่ย	หาคตัวร้อยละ	ค่าเฉลี่ย	หาคตัวร้อยละ
1	95.30	4.70	96.30	3.70
2	93.70	6.30	94.00	6.00
3	95.30	4.70	95.00	5.00
4	93.30	6.70	93.30	6.70
5	94.00	6.00	94.70	5.30
6	96.00	4.00	97.00	3.00
7	91.00	9.00	92.00	8.00
8	92.70	7.30	93.30	6.70
9	96.00	4.00	96.70	3.30
10	95.70	4.30	96.00	4.00
11	89.70	10.30	91.30	8.70
12	90.70	9.30	91.00	9.00
13	92.30	7.70	93.30	6.70
14	94.00	6.00	94.00	6.00
15	94.00	6.00	96.00	4.00
16	87.30	12.70	89.70	10.30
17	90.30	9.70	90.70	9.30
18	91.30	8.70	92.30	7.70
19	92.70	7.30	92.70	7.30
20	94.70	5.30	94.70	5.30
21	94.30	5.70	95.30	4.70
22	85.70	14.30	85.70	14.30
23	87.70	12.30	88.70	11.30
24	90.30	9.70	91.00	9.00

ตาราง 7 (ต่อ)

สูตรที่	การเผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน		การเผาในบรรยากาศแบบรีดักชัน	
	ค่าเฉลี่ย	หาคตัวร้อยละ	ค่าเฉลี่ย	หาคตัวร้อยละ
25	95.70	4.30	96.30	3.70
26	93.30	6.70	94.00	6.00
27	95.30	4.70	94.70	5.30
28	95.30	4.70	97.00	3.00
29	84.00	16.00	84.30	15.70
30	86.30	13.70	87.00	13.00
31	91.00	9.00	90.70	9.30
32	91.70	8.30	92.00	8.00
33	92.00	8.00	92.70	7.30
34	93.00	7.00	94.00	6.00
35	94.30	5.70	96.00	4.00
36	97.00	3.00	97.30	2.70

หมายเหตุ สูตรที่ 1,2,3,4,5,6,9,10,14,15,20,21,25,26,27,28,34,35,36 ผ่านการทดสอบการหาคตัว
 การทดสอบการหาคตัวของเนื้อดินป่นหลังการเผา เกณฑ์ที่กำหนดคือการหาคตัวไม่เกิน
 ร้อยละ 7 ผลการทดสอบพบว่าอัตราส่วนผสมที่ผ่านเกณฑ์มีดังนี้ 1,2,3,4,5,6,9,10,20,21,25,26,27,28,
 34,35 และ 36 ค่าเฉลี่ยการหาคตัวร้อยละ 4.50 อัตราส่วนผสมที่ไม่ผ่านเกณฑ์ในเรื่องการหาคตัว
 คือ 7,8,11,12,13,16,17,18,19,22,23,24,29,30,31,32 และ 33 ในบรรยากาศการเผาแบบออกซิเดชัน
 และรีดักชัน

ตาราง 8 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพการทนความร้อนของเนื้อดินปั้น

สูตรที่	การเผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน		การเผาในบรรยากาศแบบรีดักชัน	
	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
1	✓		✓	
2	✓		✓	
3	✓		✓	
4	✓		✓	
5	✓		✓	
6	✓		✓	
7	✓		✓	
8	✓		✓	
9	✓		✓	
10	✓		✓	
11	✓		✓	
12	✓		✓	
13	✓		✓	
14	✓		✓	
15	✓		✓	
16	✓		✓	
17	✓		✓	
18	✓		✓	
19	✓		✓	
20	✓		✓	
21	✓		✓	
22	✓		✓	
23	✓		✓	
24	✓		✓	

ตาราง 8 (ต่อ)

สูตรที่	การเผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน		การเผาในบรรยากาศแบบรีดักชัน	
	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
25	✓		✓	
26	✓		✓	
27	✓		✓	
28	✓		✓	
29	✓		✓	
30	✓		✓	
31	✓		✓	
32	✓		✓	
33	✓		✓	
34	✓		✓	
35	✓		✓	
36	✓		✓	

หมายเหตุ



ชั้นทดลองที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด



ชั้นทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

อัตราส่วนผสม ทั้ง 36 สูตร ผ่านการทดสอบเรื่องการทนความร้อนของเนื้อดินปั้น เพราะในทุกอัตราส่วนผสมมีไฟโรฟิลไลต์ และอลูมินาเป็นองค์ประกอบหลักจึงมีความทนไฟสูง เมื่อผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส ชั้นงานทดลองสามารถทนความร้อนได้โดยไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างในบรรยากาศการเผาแบบออกซิเดชันและรีดักชัน

ตาราง 9 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลันของเนื้อดินป่น

สูตรที่	การเผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน		การเผาในบรรยากาศแบบรีดักชัน	
	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
1	✓		✓	
2	✓		✓	
3	✓		✓	
4	✓		✓	
5	✓		✓	
6	✓		✓	
7	✓		✓	
8	✓		✓	
9	✓		✓	
10	✓		✓	
11	✓		✓	
12	✓		✓	
13	✓		✓	
14	✓		✓	
15	✓		✓	
16	✓		✓	
17	✓		✓	
18	✓		✓	
19	✓		✓	
20	✓		✓	
21	✓		✓	
22	✓		✓	
23	✓		✓	
24	✓		✓	

ตาราง 9 (ต่อ)

สูตรที่	การเผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน		การเผาในบรรยากาศแบบรีดักชัน	
	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
25	✓		✓	
26	✓		✓	
27	✓		✓	
28	✓		✓	
29	✓		✓	
30	✓		✓	
31	✓		✓	
32	✓		✓	
33	✓		✓	
34	✓		✓	
35	✓		✓	
36	✓		✓	

หมายเหตุ



ชั้นทดลองที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด



ชั้นทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

อัตราส่วนทั้ง 36 สูตร ผ่านการทดสอบเรื่องการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลันของเนื้อดินปั้น ทุกอัตราส่วนผลผ่านการทดสอบเพราะว่าชิ้นงานไม่มีการบิดเบี้ยวและแตกร้าว และไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหลังการทดสอบในบรรยากาศการเผาแบบออกซิเดชันและรีดักชัน

ตาราง 10 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพการรับน้ำหนักของเนื้อดินปน

สูตรที่	การเผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน		การเผาในบรรยากาศแบบรีดักชัน	
	ค่าเฉลี่ย	การรับน้ำหนัก(ก.ก./ซ.ม. ²)	ค่าเฉลี่ย	การรับน้ำหนัก(ก.ก./ซ.ม. ²)
1	68.41	68.41	67.58	67.58
2	47.96	47.69	46.98	46.98
3	42.91	42.91	43.00	43.00
4	88.24	88.24	88.10	88.10
5	22.27	22.27	22.30	22.30
6	38.06	38.06	37.85	37.85
9	52.46	52.46	52.80	52.80
10	59.53	59.53	59.40	59.40
14	57.15	57.15	57.10	57.10
15	36.69	36.69	36.45	36.45
20	39.40	39.40	39.50	39.50
21	57.00	57.00	56.90	56.90
25	39.05	39.05	39.30	39.30
26	50.48	50.48	50.35	50.35
27	53.26	53.26	53.00	53.00
28	48.88	48.88	48.60	48.60
34	43.01	43.01	42.30	42.30
35	45.73	45.73	44.90	44.90
36	48.15	48.15	47.85	47.85

หมายเหตุ นำเอาเฉพาะสูตรที่ผ่านการทดสอบการหดตัวของเนื้อดินปนมาทดสอบการรับน้ำหนัก คือ สูตรที่ 1,2,3,4,5,6,9,10,14,15,20,21,25,26,27,28,34,35,36 เกณฑ์ที่กำหนดเรื่องการรับน้ำหนัก คือต้องรับน้ำหนักได้ไม่ต่ำกว่า 50 กิโลกรัม ต่อตารางเซนติเมตร ผลการทดสอบพบว่าอัตราส่วนผสมที่ผ่านเกณฑ์มีดังนี้ 1,4,9,10,14,21,26,27 ค่าเฉลี่ยการรับน้ำหนักประมาณ 60.81 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในบรรยากาศการเผาแบบออกซิเดชันและรีดักชันไม่มีผลต่อเรื่องการรับน้ำหนักของเนื้อดินปน

ตาราง 11 แสดงคุณสมบัติทางเคมีการทนต่อการกัดกร่อนของค้ำที่มีความเข้มข้นของเนื้อดินป่น

สูตรที่	การเผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน		การเผาในบรรยากาศแบบรีดักชัน	
	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
1	✓		✓	
4	✓		✓	
9	✓		✓	
10	✓		✓	
14	✓		✓	
21	✓		✓	
26	✓		✓	
27	✓		✓	

หมายเหตุ



ชิ้นทดลองที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด



ชิ้นทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

ชิ้นงานทดลองที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดนำเอาเฉพาะสูตรที่ผ่านการทดสอบการรับน้ำหนักมาทดสอบ สูตรที่ 1,4,9,10,14,21,26,27 มีเกณฑ์ที่กำหนด คือ ชิ้นงานทดลองจะต้องทนต่อการกัดกร่อนของค้ำที่ใช้แช่ทดลองอย่างน้อย 12 ชั่วโมง ผลจากการทดลอง ชิ้นงานทดลองทั้ง 8 อัตราส่วนผสมผ่านการทดลองทั้งหมด เพราะว่าโครงสร้างของเนื้อดินป่นไม่มีการเปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะเป็นการเผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชันและรีดักชัน

ตาราง 12 แสดงคุณสมบัติทางเคมีการทนต่อการกัดกร่อนของกรดที่มีความเข้มข้นของเนื้อดินป่น

สูตรที่	การเผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน		การเผาในบรรยากาศแบบรีดักชัน	
	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
1	✓		✓	
4	✓		✓	
9	✓		✓	
10	✓		✓	
14	✓		✓	
21	✓		✓	
26	✓		✓	
27	✓		✓	

หมายเหตุ ☒ ขึ้นทดลองที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด
☒ ขึ้นทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

นำเอาเฉพาะสูตรที่ผ่านการทดสอบการทดสอบการรับน้ำหนักมาทดสอบ สูตรที่ 1, 4, 9, 10, 14, 21, 26, 27 มีเกณฑ์ที่กำหนดคือ ชิ้นงานทดลองจะต้องทนต่อการกัดกร่อนของกรดที่ใช้แช่ทดลองอย่างน้อย 12 ชั่วโมง ผลจากการทดลองทั้ง 8 อัตราส่วนผสมผ่านการทดลองทั้งหมด เพราะว่าโครงสร้างของเนื้อดินป่นไม่มีการเปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะเป็นการเผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชันและรีดักชัน

ตาราง 13 แสดงคุณสมบัติทางเคมีการทนต่อปฏิกิริยาคาร์บอนและสารประกอบซัลเฟอร์โดยการเผา
ในบรรยากาศแบบรีดักชัน

สูตรที่	การเผาในบรรยากาศแบบรีดักชัน	
	ผ่าน	ไม่ผ่าน
1	✓	
4	✓	
9	✓	
10	✓	
14	✓	
21	✓	
26	✓	
27	✓	

หมายเหตุ ☒ ชั้นทดลองที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด
☒ ชั้นทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

นำเอาเฉพาะสูตรที่ผ่านการทดสอบการทดสอบการรับน้ำหนักมาทดสอบ สูตรที่ 1,4,9,10, 14,21,26,27 ผลการทดสอบการทนต่อปฏิกิริยาคาร์บอนและสารประกอบซัลเฟอร์ ผลการทดสอบผ่านเกณฑ์ทุกอัตราส่วนผสม เพราะว่าโครงสร้างของเนื้อดินปั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ตาราง 14 แสดงผลการวิเคราะห์ทางเคมีจำนวน 8 สูตร

สูตรที่	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	L.O.I	รวม
ไฟโรฟิลไลต์	79.00	0.24	15.20	0.15	0.04	0.01	0.03	0.04	5.30	
80	63.20	0.192	12.16	0.12	0.032	0.008	0.024	0.032	4.24	
ดินทอนไฟ	47.60	0.08	36.60	1.20	0.10	0.10	1.90	0.10	12.20	
10	4.76	0.008	3.66	0.12	0.01	0.01	0.19	0.01	1.22	
อลูมินา	0.08	-	99.50	0.002	-	0.002	-	0.0003	0.42	
10	0.008	-	9.95	0.0002	-	0.0002	-	0.00003	0.042	
สูตรที่ 1	67.968	0.2	25.77	0.2402	0.042	0.0262	0.214	0.04203	5.502	100.00
ไฟโรฟิลไลต์	79.00	0.24	15.20	0.15	0.04	0.01	0.03	0.04	5.30	
60	47.40	0.144	9.12	0.09	0.024	0.006	0.018	0.024	3.18	
ดินทอนไฟ	47.6	0.08	36.60	1.20	0.10	0.10	1.90	0.10	12.20	
30	14.28	0.024	10.98	0.36	0.03	0.03	0.57	0.03	3.66	
อลูมินา	0.08	-	99.50	0.002	-	0.002	-	0.00003	0.42	
10	0.008	-	9.95	0.0002	-	0.0002	-	0.00003	0.042	
สูตรที่ 4	61.688	0.168	30.05	0.4502	0.054	0.0362	0.048	0.05403	6.882	100.00
ไฟโรฟิลไลต์	79.00	0.24	15.20	0.15	0.04	0.01	0.03	0.04	5.30	
50	39.50	0.12	7.60	0.075	0.02	0.005	0.015	0.02	2.65	
ดินทอนไฟ	47.60	0.08	36.60	1.20	0.10	0.10	1.90	0.10	12.20	
20	9.52	0.016	7.32	0.24	0.02	0.02	0.38	0.02	2.44	
อลูมินา	0.08	-	99.50	0.002	-	0.002	-	0.0003	0.42	
30	0.024	-	29.85	0.0006	-	0.0006	-	0.00009	0.126	
สูตรที่ 9	49.044	0.136	44.77	0.3156	0.04	0.0256	0.395	0.04009	5.216	100.00
ไฟโรฟิลไลต์	79.00	0.24	15.20	0.15	0.04	0.01	0.03	0.04	5.30	
50	39.50	0.12	7.60	0.075	0.02	0.005	0.015	0.02	2.65	
ดินทอนไฟ	47.60	0.08	36.60	1.20	0.10	0.10	1.90	0.10	12.20	
10	4.76	0.008	3.66	0.12	0.01	0.01	0.19	0.01	1.22	
อลูมินา	0.08	-	99.50	0.002	-	0.002	-	0.0003	0.42	
40	0.32	-	39.80	0.0008	-	0.0008	-	0.0012	0.168	
สูตรที่ 10	44.292	0.128	51.06	0.1958	0.03	0.0158	0.205	0.0312	4.038	100.00

ตาราง 14 (ต่อ)

สูตรที่	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	L.O.I	รวม
ไฟโรฟิลไลต์	79.00	0.24	15.20	0.15	0.04	0.01	0.03	0.14	5.30	
40	31.60	0.096	6.08	0.06	0.016	0.004	0.012	0.016	2.12	
ดินทนไฟ	47.60	0.08	36.60	1.20	0.10	0.10	1.90	0.10	12.20	
20	9.52	0.016	7.32	0.24	0.02	0.02	0.38	0.02	2.44	
อลูมินา	0.08	-	99.50	0.002	-	0.002	-	0.0003	0.42	
40	0.032	-	39.80	0.0008	-	0.0008	-	0.0012	0.168	
สูตรที่ 14	41.152	0.112	53.20	0.3008	0.036	0.0248	0.392	0.0372	4.728	100.00
ไฟโรฟิลไลต์	79.00	0.24	15.20	0.15	0.04	0.01	0.03	0.04	5.30	
30	23.70	0.072	4.56	0.045	0.012	0.003	0.009	0.012	1.59	
ดินทนไฟ	47.76	0.08	36.60	1.20	0.10	0.10	1.90	0.10	12.20	
10	4.76	0.008	3.66	0.12	0.01	0.01	0.19	0.01	1.22	
อลูมินา	0.08	-	99.50	0.002	-	0.002	-	0.0003	0.42	
60	0.048	-	59.70	0.012	0.006	0.012	-	0.0018	0.252	
สูตรที่ 21	28.508	0.08	67.92	0.177	0.028	0.025	0.199	0.0238	3.062	100.00
ไฟโรฟิลไลต์	79.00	0.24	15.20	0.15	0.04	0.01	0.03	0.04	5.30	
20	15.80	0.048	3.04	0.03	0.008	0.002	0.006	0.008	1.06	
ดินทนไฟ	47.60	0.08	36.60	1.20	0.10	0.10	1.90	1.10	12.20	
30	14.28	0.024	10.98	0.36	0.03	0.03	0.57	0.03	3.66	
อลูมินา	0.08	-	99.50	0.002	-	0.002	-	0.0003	0.42	
50	0.04	-	49.75	0.001	-	0.0001	-	0.0015	0.21	
สูตรที่ 26	30.12	0.072	63.77	0.391	0.038	0.033	0.576	0.0395	4.93	100.00
ไฟโรฟิลไลต์	79.00	0.24	15.20	0.15	0.04	0.01	0.03	0.04	5.30	
20	15.80	0.048	3.04	0.03	0.008	0.0002	0.006	0.008	1.06	
ดินทนไฟ	47.60	0.08	36.60	1.20	0.10	0.10	1.90	0.10	12.20	
20	9.52	0.016	7.32	0.24	0.02	0.02	0.38	0.02	2.44	
อลูมินา	0.08	-	99.50	0.002	-	0.002	-	0.0003	0.42	
60	0.048	-	59.7	0.0012	-	0.0012	-	0.00018	0.252	
สูตรที่ 27	25.368	0.064	70.76	0.2712	0.028	0.0232	0.386	0.02818	3.752	100.00

อลูมินามีค่าสูงสุดคือ 67.968 และมีค่าต่ำสุดคือ 25.368 ซิลิกามีค่าสูงสุดคือ 70.76 และมีค่าต่ำสุด 25.77 กลุ่มอัลคาไลน์ มีค่าระหว่าง 0.0458 – 0.054 และกลุ่มอัลไลน์เออร์ทมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0238 – 0.576

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การทดลองครั้งนี้เป็นการทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับทำเนื้อดินปั้น เพื่อทำตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขี้ฉะเผา

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อหาอัตราส่วนผสมสำหรับทำเนื้อดินปั้นทำตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขี้ฉะเผา โดยใช้ไฟโรฟิลไลท์ ดินทนไฟ และอลูมินา เผาในอุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส เผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชันและรีดักชัน
2. เพื่อนำเนื้อดินปั้นสำหรับทำตัวรองรับผลิตภัณฑ์ไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี

ตัวแปรที่จะศึกษา

1. ตัวแปรต้น ได้แก่
 - 1.1 อัตราส่วนผสมระหว่าง ไฟโรฟิลไลท์ ดินทนไฟ อลูมินาและบรรยากาศในการเผา
2. ตัวแปรตาม ได้แก่
 - 2.1 คุณสมบัติทางกายภาพ
 - 2.1.1 ความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น
 - 2.1.2 การหดตัวของเนื้อดินปั้น
 - 2.1.3 การทนความร้อน
 - 2.1.4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกลับพลัน
 - 2.1.5 การรับน้ำหนัก
 - 2.2 คุณสมบัติทางเคมี
 - 2.2.1 ทนต่อการกัดกร่อนของด่างซึ่งมีความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยใช้โซดาไฟเป็นตัวทดลองใช้เวลา 12 ชั่วโมง
 - 2.2.2 ทนต่อการกัดกร่อนของกรดซึ่งมีความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยใช้กรดเกลือ

เป็นตัวทดลองใช้เวลา 12 ชั่วโมง

2.2.3 ทนต่อปฏิกิริยาคาร์บอนและสารประกอบซัลเฟอร์โดยการเผาใน
บรรยากาศแบบรีดักชันที่อุณหภูมิไม่เกิน 1,200 องศาเซลเซียส

วัตถุดิบที่นำมาใช้ในการวิจัย

1. อลูมินา
2. ดินเหนียว
3. ไพโรฟิลโลท์

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องจักรระบบไฟฟ้า
2. ตะแกรงร่อน
3. ภาชนะสำหรับผสมวัตถุดิบ
4. เครื่องอัดสำหรับขึ้นรูปด้วยพลังงานกล
5. เตาแก๊สทางเดินลมร้อนลง
6. เทอร์โมคัปเปิ้ล
7. ไพโรเมตริกโคน
8. ชิ้นงานทดลองขนาดความกว้าง 50 มิลลิเมตร ความหนา 15 มิลลิเมตร ความยาว

120 มิลลิเมตร ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส

การดำเนินการทดลอง

ในการดำเนินการทดลองวิจัยได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ

1. ขั้นเตรียมวัตถุดิบ
2. ขั้นเตรียมการเผา
3. ขั้นวิเคราะห์ผล

การวิเคราะห์ข้อมูล

ได้นำเอาชิ้นงานทดลองจำนวน 216 ชิ้นไปวิเคราะห์ผลทางกายภาพและเคมีตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในขั้นการวิเคราะห์ข้อมูล

สรุปผลการทดลอง

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลจากชิ้นงานทดลองทั้งหมด 36 สูตรที่เผาทั้งบรรยากาศแบบออกซิเดชันและรีดักชัน

1. ผลการทดสอบทางกายภาพ

1.1 ความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั้ง 36 สูตร ปรากฏว่าผ่านการทดสอบทุกสูตร

1.2 การหดตัวของเนื้อดินปั้นจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด 36 สูตร ปรากฏว่าผ่านการทดสอบจำนวน 19 สูตร ได้แก่สูตรที่ 1,2,3,4,5,6,9,10,14,15,20,21,25,26,27,28,34,35,36 และไม่ผ่านการทดสอบจำนวน 17 สูตร ได้แก่สูตรที่ 7,8,11,12,13,16,17,18,19,22,23,24,29,30,31,32,33

1.3 การทนความร้อนของเนื้อดินปั้นจากผลการวิเคราะห์ข้อมูล 36 สูตร ปรากฏว่าผ่านการทดสอบทุกสูตร

1.4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลันของเนื้อดินปั้นจากผลการวิเคราะห์ข้อมูล 36 สูตร ปรากฏว่าผ่านการทดสอบทุกสูตร

1.5 การรับน้ำหนักของเนื้อดินปั้นได้นำสูตรที่ผ่านการทดสอบเรื่องการหดตัวจำนวน 19 สูตร ได้แก่สูตร 1,2,3,4,5,6,9,10,14,15,20,21,25,26,27,28,34,35,36 นำไปวิเคราะห์เรื่องการรับน้ำหนักปรากฏว่าผ่านการทดสอบจำนวน 8 สูตร ได้แก่ สูตร 1,4,9,10,14,21,26,27

2. ผลการทดสอบทางเคมี

2.1 การทนต่อการกัดกร่อนของค่าที่มีความเข้มข้นของเนื้อดินปั้นได้นำสูตรที่ผ่านการทดลองเรื่องการรับน้ำหนักจำนวน 8 สูตร ได้แก่สูตร 1,4,9,10,14,21,26,27 ปรากฏว่าผ่านการทดสอบทั้ง 8 สูตร

2.2 การทนต่อการกัดกร่อนของกรดที่มีความเข้มข้นของเนื้อดินปั้นได้นำสูตรที่ผ่านการทดสอบเรื่องการรับน้ำหนักจำนวน 8 สูตร ได้แก่สูตร 1,4,9,10,14,21,26,27 ปรากฏว่าผ่าน

การทดสอบทั้ง 8 สูตร

2.3 การทนต่อปฏิกิริยาคาร์บอนและสารประกอบซัลเฟอร์ของเนื้อดินปั้น ได้นำสูตรที่ผ่านการทดสอบเรื่องการรับน้ำหนักจำนวน 8 สูตร ได้แก่สูตรที่ 1,4,9,10,14,21,26,27 ปรากฏว่าผ่านการทดสอบทั้ง 8 สูตร

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางกายภาพและเคมี สูตรที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดมี 8 สูตร คือ สูตรที่ 1,4,9,10,14,21,26,27 ที่สามารถนำไปทำตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผาแต่ผู้วิจัยได้เลือกเอาสูตรที่ 4 ไปทำตัวรองรับผลิตภัณฑ์ที่เผาเพราะว่าการหดตัวและการรับน้ำหนักอยู่ในเกณฑ์ดี

การอภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลของชิ้นงานทดลองสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. คุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุดิบที่ใช้ คือ โฟโรไฟไลต์ ดินทนไฟและอลูมินาถ้าผสมได้สัดส่วนตามที่กำหนดเมื่อผ่านการเผาและนำไปวิเคราะห์ข้อมูลจะพบว่าการหดตัวของเนื้อดินปั้นไม่เกินร้อยละ 7 และเรื่องการรับน้ำหนักสามารถรับน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า 50 กิโลกรัม ต่อตารางเซนติเมตร ส่วนเรื่องความทนไฟของเนื้อดินปั้น สามารถทนความร้อนได้ไม่น้อยกว่า 1,300 องศาเซลเซียส ทั้งในบรรยากาศการเผาแบบออกซิเดชัน และรีดักชัน ในส่วนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลัน เนื้อดินปั้นสามารถทนการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันที่อุณหภูมิไม่น้อยกว่า 600 องศาเซลเซียส ส่วนความแข็งแรงของเนื้อดินปั้นมีความแข็งแรงไม่น้อยกว่าซึ่งสอดคล้องกับรูดส์ (Rhodes. 1959 : 43) กล่าวว่า การหดตัวของเนื้อดินปั้นควรมีคุณสมบัติดังนี้ คือ การหดตัวก่อนเผาควรไม่เกินร้อยละ 10 และหลังเผาควรไม่เกิน ร้อยละ 15 และมีความทนไฟสูงตั้งแต่ 1,200 องศาเซลเซียสขึ้นไปทั้งในบรรยากาศการเผาแบบออกซิเดชันและรีดักชัน

2. คุณสมบัติทางเคมีของเนื้อดินปั้น ในเรื่องการทนต่อการกัดกร่อนของด่างและกรดที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 เนื้อดินปั้นสามารถทนต่อการกัดกร่อนได้มากกว่า 12 ชั่วโมง ชิ้นงานทดลองไม่มีการเปลี่ยนแปลง เรื่องการทนปฏิกิริยาคาร์บอนและสารประกอบซัลเฟอร์ ชิ้นงาน สามารถเผาในบรรยากาศการเผาแบบรีดักชันได้ไม่น้อยกว่า 1,200 องศาเซลเซียส โดยชิ้นงานทดลองไม่มีการเปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับ (Astm.Standard : 279) กล่าวว่า ผลิตภัณฑ์ชนิดทนไฟนี้จะต้องทนต่อการกัดกร่อนของด่างและกรดเกลือได้อย่างน้อย 12 ชั่วโมง และสามารถทน สารประกอบคาร์บอนและซัลเฟอร์ได้ในบรรยากาศการเผาแบบรีดักชันที่อุณหภูมิไม่น้อยกว่า 1,200 องศาเซลเซียส

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การนำผลวิจัยนี้ไปทำผลิตภัณฑ์ ตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผา ถ้านำวัตถุดิบจากแหล่งอื่น ๆ มาใช้ควรจะมีการทดลองใหม่อีกครั้งหนึ่ง

1.2 ผลการทดลองนี้สามารถนำไปใช้งานได้ ในงานอุตสาหกรรมเกี่ยวกับเซรามิกส์ทั้งอุตสาหกรรมขนาดเล็ก และใหญ่ เพราะที่ใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ในประเทศไทย คุณภาพดี และราคาถูก

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาวิจัยแหล่งวัตถุดิบจากแหล่งอื่น ๆ ที่ผู้วิจัยได้ทดลองมาแล้วเพราะว่าแนวโน้มเรื่องการใช้วัตถุดิบไฟในอุตสาหกรรมมีความต้องการมากขึ้น ทั้งในประเทศและต่างประเทศ

2.2 ควรจะศึกษาวิจัยเรื่องความทนความร้อนให้สามารถทนความร้อนได้มากกว่า 1,400 องศาเซลเซียส

2.3 ควรจะศึกษาวิจัยโดยใช้การขึ้นรูปด้วยวิธีการที่แตกต่างไปจากการวิจัยครั้งนี้ เพื่อจะได้ผลการวิจัยที่มีความหลากหลายและเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ศึกษาต่อไป

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

โกมล รัชวงศ์. วัตถุดิบที่ใช้ในงานเครื่องเคลือบดินเผาและเนื้อดินปั้น. กรุงเทพฯ ฯ :

วิทยาลัยครูพระนคร, 2531.

คณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน , สำนักงาน. ภาวะอุตสาหกรรมที่ได้รับการส่งเสริมการลงทุน

ปี 2537. กรุงเทพฯ ฯ : สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน , 2538.

จุมพล คีนดัก และคนอื่น ๆ. ดิน. กรุงเทพฯ ฯ : กองเศรษฐกิจวิเทศ. กรมทรัพยากรธรณี , 2531.

เชษฐ เอี่ยมจิตกุล. เอกสารทางวิชาการเรื่องน้ำยาเคลือบในอุตสาหกรรมเซรามิกส์. กรุงเทพฯ ฯ :

ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิกส์ กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2531.

ทวี พรหมพุกษ์. เครื่องปั้นดินเผาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ ฯ : โอเดียนสโตร์, 2523.

ปรีดา พิมพ์ขาวดำ. เซรามิกส์. กรุงเทพฯ ฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2535.

วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา, ศูนย์ . เทคโนโลยีเซรามิกส์เบื้องต้น. กรุงเทพฯ ฯ :

องค์การทหารผ่านศึก , 2529.

วิทยาศาสตร์บริการ , กรม. “ผลิตภัณฑ์โบนไชน่า”, วารสารวิทยาศาสตร์บริการ. 17(18) : 3;

กันยายน 2531.

สุชาดา สุขชี. การทดลองเนื้อดินปั้นโบนไชน่า. ปรินซิปีนิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ ฯ : มหาวิทยาลัย

ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร , 2534. อัดสำเนา.

สมบุญ สารสิทธิ์. การทดลองเนื้อดินปั้นจากดินแดงจังหวัดนครศรีธรรมราช. ปรินซิปีนิพนธ์

กศ.ม. กรุงเทพฯ ฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร , 2539. อัดสำเนา.

สมศักดิ์ ขวาลวันชัย. การพัฒนาสีในเนื้อดินปั้นสำหรับผลิตภัณฑ์เซรามิกส์โดยใช้สีย้อมโลหะตาม

สูตรแผนภาพไตรดุลยภาพ. ปรินซิปีนิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ ฯ : มหาวิทยาลัย

ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร , 2535. อัดสำเนา

สมศักดิ์ วงศ์ศิริกุล. การทดลองเนื้อดินปั้นจังหวัดกำแพงเพชรเพื่อใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผา

ประเภทสโตนแวร์. ปรินซิปีนิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ ฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประสานมิตร, 2534. อัดสำเนา.

สมหวัง นรพลก “เนื้อดินปั้น”, ในอนุสรณ์พระราชทานเพลิงศพ นอ. สมหวัง นรพลก

หน้า 36. กรุงเทพฯ ฯ : อัมรินทร์การพิมพ์ , 2527.

สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพฯ ฯ : ไทยวัฒนาพานิช , 2534.

อายุวัฒน์ สว่างผล. เซรามิกส์เบื้องต้น. กำแพงเพชร : วิทยาลัยครูกำแพงเพชร , 2536.

American Society for testing and material annual book of ASTM. STANDARD 1986 Printed

In Easton MD U.S.A.

Fournier. Robert. Illustrated Dictionary of Practical Pottery. New York : Van Nostrand

Reinhold company, 1977.

Hopper , Robin. The ceramics Spectrum A Simplified Approach to Glaze and color

Development. Pennsylvania : chilton Book Company , 1972.

Orton , Edward Jr. The properties and uses pyrometric cone. 4 th ed. ohio state : orton

memorial Laboratory , 1965.

Rhodes, Daniel. clay and Glaze for the pottery. London: pitman publishing company , 1972.

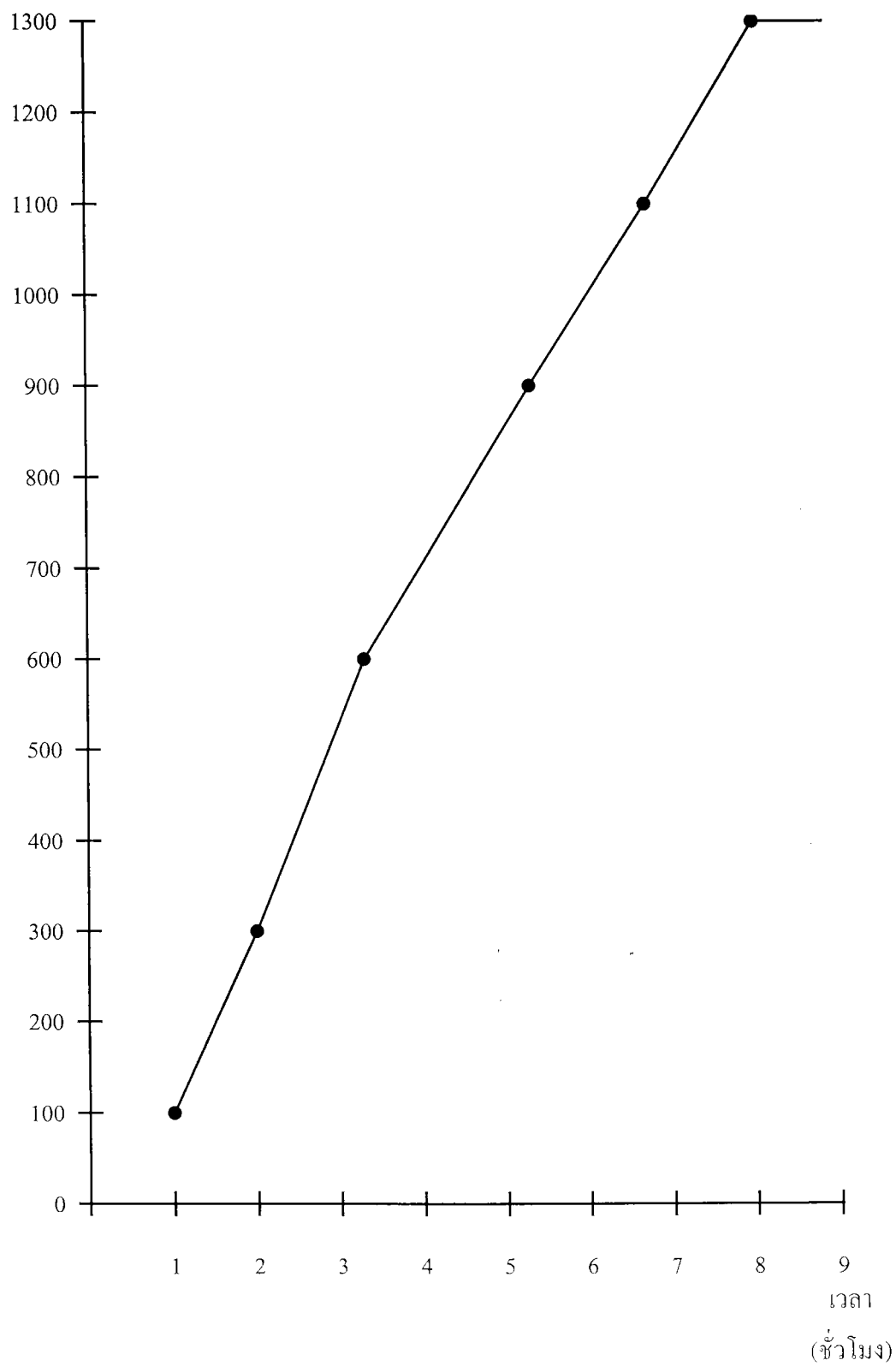
Singer, felix and Sonja S. Singer. Industrial Caramics. London: Champan and Hall ltd, 1960.

ภาคผนวก

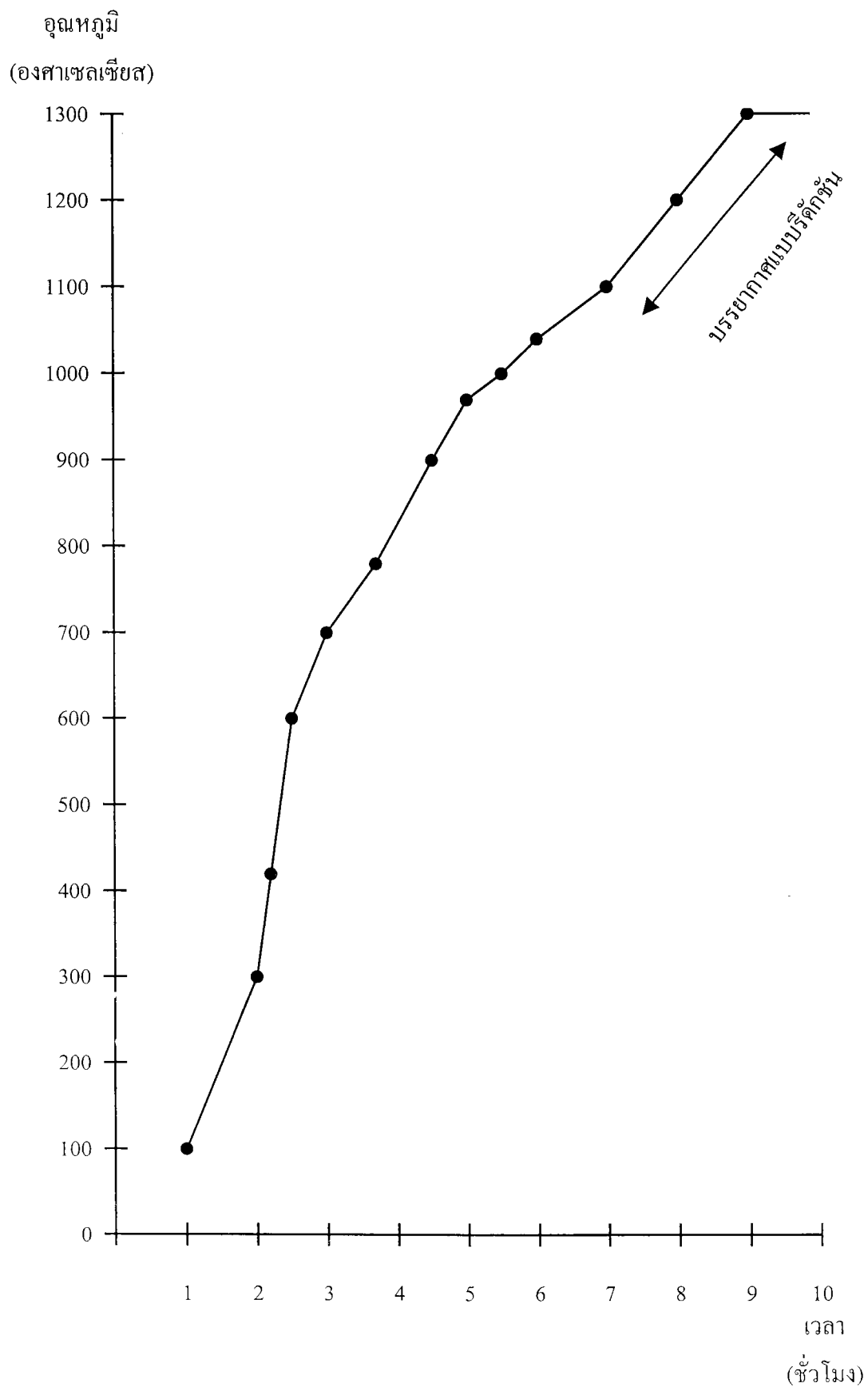
ภาคผนวก ก

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเนื้อดินปั้นและตารางแสดงผลการวิเคราะห์ทางเคมีของวัตถุดิบ

อุณหภูมิ
(องศาเซลเซียส)



ภาพประกอบ 14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการเผาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเนื้อปูนบรรยากาศออกซิเดชัน



ภาพประกอบ 15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการเผาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเนื้อปูนบรรยากาศรีดักชัน

ตาราง 15 แสดงผลการวิเคราะห์ทางเคมีของวัตถุดิบ

วัตถุดิบ	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	L.O.I
ไฟโรฟิลไลต์	79.00	0.24	15.20	0.15	0.04	0.01	0.03	0.04	5.03
ดินทนไฟ	47.60	0.08	36.60	1.20	0.10	0.10	1.90	0.10	12.20
อลูมินา	0.08	-	99.50	0.002	-	0.002	-	0.0003	0.42

ภาคผนวก ข

หนังสือขอความอนุเคราะห์สถานที่ทำการวิจัย

ที่ ทม 1007/ จ 641



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑๑ มิถุนายน 2541

เรื่อง ข้าราชการที่ทดสอบเพื่อการวิจัย

เรียน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือการวิจัย

ด้วย นายปรีชา แก้วศรี นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การทดลองอัตราส่วนผสมของอูมิโน ดินเหนียว และโพรฟิลาइट สำหรับทำเนื้อดินปั้น เพื่อทำตัวรองรับผลิตภัณฑ์กะเพรา" โดยมีคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ คือ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์โถมล รักษ์วงศ์

ประธาน

ดร.บรรชา รัตนชัย

กรรมการ

บัณฑิตวิทยาลัยเรียน เพื่อขอความกรุณาให้นิสิตใช้เครื่อง TEST เครื่องวัดความแข็ง และเครื่องอัด TEST PIECE ในระหว่างเดือนกรกฎาคม - กันยายน 2541 เพื่อเป็นข้อมูลในการทำปริญญานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่าน และขอขอบคุณเป็นอย่างสูง
มา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร. เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานเลขานุการบัณฑิตวิทยาลัย

โทรสาร/โทร. 258-4119

ที่ ทม 1007/ ๒๕๔๖



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๖๐ มิถุนายน 2541

เรื่อง ขอลำโพงสถานที่ทดสอบเพื่อการวิจัย

เรียน คณะบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันราชภัฏพระนคร

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือการวิจัย

ด้วย นายปรีชา แก้วศรี นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ๑ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญาโท เรื่อง "การทดลองอัตราส่วนผสมของอลูมินา ดินเหนียว และโพธิ์ฟิลเลอร์ สำหรับทำเนื้อดินปั้น เพื่อทำตัวรองรับผลิตภัณฑ์เซรามิก" โดยมีคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญาโท คือ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์เกษม รัชนีวงศ์

ประธาน

ดร.บรรชา รัตนชัย

กรรมการ

บัณฑิตวิทยาลัยเรียนมาเพื่อขอความกรุณาให้สิทธิใช้เตาเผาไฟฟ้า, เตาเผาแก๊ส และเครื่องวัดการหดตัว ในระหว่างเดือนกรกฎาคม - กันยายน 2541 เพื่อเป็นข้อมูลในการทำปริญญาโท

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่าน และขอขอบคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร. เสริมศักดิ์ วิเศษธรรม)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานเลขานุการบัณฑิตวิทยาลัย

โทรสาร/โทร. 258-4119

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ นายปรีชา แก้วศรี
 เกิด วันที่ 1 มกราคม 2506
 สถานที่เกิด จังหวัดกำแพงเพชร
 สถานที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 50/108 หมู่ 8 ซอย 10 ถ. สุวรรณศร ต. ห้วยทราย
 อ. หนองแค จ. สระบุรี 18230
 ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน เจ้าหน้าที่เทคนิคประจำแผนกพัฒนาผลิตภัณฑ์
 สถานที่ทำงานปัจจุบัน บริษัท สยามซานิทารีแวร์อินดัสทรีจำกัด (COTTO)
 33/4 หมู่ 2 ถ. สุวรรณศร ต. โลกแย้ อ. หนองแค
 จ. สระบุรี 18230

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2524 ม.ศ.5 จากโรงเรียนคลองขลุงราษฎร์รังสรรค์ จังหวัดกำแพงเพชร
 พ.ศ.2526 ป.กศ. สูง อุดสาหกรรมศึกษาจากสถาบันราชภัฏกำแพงเพชร
 จังหวัด กำแพงเพชร
 พ.ศ.2532 ค.บ. วิชาเอกศิลปหัตถกรรม
 สาขาเครื่องปั้นดินเผาจากสถาบันราชภัฏพระนคร
 กรุงเทพมหานคร
 พ.ศ.2542 กศ.ม. วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา จากมหาวิทยาลัย
 ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

การทดลองอัตราส่วนผสมของไฟฟ้ลไลท์ ดินทนไฟ และอลูมินาสำหรับทำเนื้อดินปั้น
เพื่อทำตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขะณะเผา

บทคัดย่อ
ของ
ปรีชา แก้วศรี

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา
กุมภาพันธ์ 2542

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมาย เพื่อหาอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบในประเทศไทยโดยใช้ไฟโรฟิลไลท์ ดินทนไฟ และอลูมินา สำหรับทำเนื้อดินปั้นเพื่อทำตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผาที่อุณหภูมิไม่เกิน 1,300 องศาเซลเซียสในบรรยากาศการเผาแบบออกซิเดชันและรีดักชัน กลุ่มตัวอย่างได้จากการสุ่มตัวอย่างบนตารางสามเหลี่ยมอัตราส่วนผสมของไฟโรฟิลไลท์ ดินทนไฟ และอลูมินา จำนวน 36 สูตร นำมาทดลองตามกระบวนการทดลอง และนำชิ้นงานทดลองมาวิเคราะห์ผลทางกายภาพและเคมีพบว่าสูตรที่มีคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีที่ดีคือสูตรที่ 1 , 4 , 9 , 10 , 14 , 21 , 26 และ 27 ได้ทำการคัดเลือกเอาสูตรที่มีคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีที่ดีที่สุดจำนวน 1 สูตร คือสูตรที่ 4 มีอัตราส่วนผสมของไฟโรฟิลไลท์ร้อยละ 60 ดินทนไฟร้อยละ 30 และอลูมินาร้อยละ 10 นำมาทดลองทำตัวรองรับผลิตภัณฑ์ขณะเผา

ผลการวิจัย สรุปได้ว่าการใช้ไฟโรฟิลไลท์ ดินทนไฟ และอลูมินาผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสมจะทำให้เกิดความแข็งแรง และทนความร้อนสามารถทำเป็นตัวรองรับน้ำหนักผลิตภัณฑ์ขณะเผาได้

AN EXPERIMENTAL STUDY OF PYROPHYLLITE , FIRECLAY , AND
ALUMINA MIXTURE FOR FIRING SETTER BODY

AN ABSTRACT
BY
PREECHA KAEWSRI

Presented in partial fulfillment of the requirements for the
Master of Education degree in Industrial Education
at Srinakharinwirot University

February 1999

This experimental research was to find out the appropriate mixture of local materials for making setter body. Three local materials were used : pyrophyllite, fireclay, and alumina that could be fired up to 1,300 °C under oxidation and reduction atmosphere. Various mixture in triaxial diagram of 36 formulas were used as primary sample. The products were tested and analyzed for physical and chemical properties. It was found that eight formulas showed good results. They were the formula number 1 , 4 , 9 , 10 , 14 , 21 , 26 and 27. The best result, formula number 4 , was the composition of pyrophyllite 60% , fireclay 30% and alumina 10%. This is a selected mixture to be formed into a firing setter body for further experiment.

The study showed that the mixture of pyrophyllite, fireclay, and alumina could be formed into firing setter body with efficient strength, refractoriness, and load sustainability.