

การศึกษาอัตราส่วนผสมของโซดาแอส โฟแทสเซียมเฟลด์สปาร์ และควอทซ์
ในการทำฟritสำหรับตกแต่งกระเบื้องบุผนัง

ปริญญานิพนธ์
ของ
ภัทรพล สุวรรณโณม

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา
กันยายน 2543
ลิขสิทธิ์เป็นของ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การศึกษาอัตราส่วนผสมของโซดาแอส โฟแทสเซียมเฟลด์สปาร์ และควอทซ์
ในการทำฟritสำหรับตกแต่งกระเบื้องบุผนัง

บทคัดย่อ
ของ
ภัทรพล สุวรรณโณม

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา
กันยายน 2543

ภัทรพล สุวรรณโณม. (2543), การศึกษาอัตราส่วนผสมของโซดาแอส โฟแทสเซียเฟลด์สปาร์ และควอทซ์ในการทำฟritสำหรับตกแต่งกระเบื้องบุผนัง. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
คณะกรรมการควบคุม: อาจารย์ศุภกา ปาลเปรม, ดร.อุปวิทย์ สุวคันธกุล

การทดลองหาอัตราส่วนผสมของฟritสำหรับตกแต่งกระเบื้องบุผนังจากอัตราส่วนระหว่างโซดาแอส โฟแทสเซียเฟลด์สปาร์และควอทซ์ในบรรยากาศออกซิเดชันและบรรยากาศรีดักชัน ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียสโดยแบ่งการทดลองเป็น 2 ตอน ตอนแรกเพื่อหาคุณสมบัติด้านการหลอมตัวของฟrit ความสดใสหรือสีที่เกิดขึ้น ความคงทนต่อการแตกกราน และคัดเลือกจุดที่ดีที่สุดเพื่อหาคุณสมบัติด้านดังกล่าว จากการทดลองพบว่าได้สอดคล้องกับสมมติฐานซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ ในการเผาแบบออกซิเดชัน สูตรที่13ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของโซดาแอสร้อยละ49โฟแทสเฟลด์สปาร์ร้อยละ31 และควอทซ์ร้อยละ 20 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 3และ5ตามลำดับ มีการหลอมตัวอยู่ในระดับดี ลักษณะความสดใสอยู่ในระดับดี มีสีเหลือง มีการแตกกรานระดับปานกลาง และในบรรยากาศรีดักชันพบว่าสูตรที่ 15 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของโซดาแอสร้อยละ 49 โฟแทสเฟลด์สปาร์ ร้อยละ29 และควอทซ์ร้อยละ 22 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 3และ5ตามลำดับ มีการหลอมตัวอยู่ในระดับดี ลักษณะความสดใสอยู่ในระดับดี มีสีเหลือง และมีการแตกกรานระดับปานกลาง นำผลการทดลองจากตอนแรกมาทดสอบกับกระเบื้องเพื่อหาคุณสมบัติของฟritในด้านต่างๆคือสีหลังการเผาและการเปลี่ยนแปลงของสี ลักษณะผิวหน้า หรือตำหนิที่เกิดขึ้น ความทนทานต่อสารเคมี จากการทดลองพบว่า ในการเผาแบบออกซิเดชันและบรรยากาศรีดักชัน การทดสอบสีหลังการเผาและการเปลี่ยนแปลงของสีไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง มีลักษณะผิวหน้าเรียบมีสะเก็ดเล็กน้อย และแบบออกซิเดชันเกิดตำหนิแบบรูเข็มเล็กน้อย ในการเผาแบบออกซิเดชันมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อทดสอบกับกรดไฮโดรคลอริกคือ เห็นรอยการเปลี่ยนแปลงมากกว่าระดับ A เป็นสีขุ่นด้านเล็กน้อย นอกนั้นในการแช่สารเคมีทั้งกรดซัลฟิวริกและสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์จะสังเกตการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย บรรยากาศรีดักชัน การทดสอบความทนทานต่อสารเคมีของฟritพบว่า ในบรรยากาศออกซิเดชันมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อทดสอบกับกรดซัลฟิวริกเห็นรอยการเปลี่ยนแปลงมากกว่าระดับA เป็นสีขุ่นด้านเล็กน้อย นอกนั้นในการแช่สารเคมีทั้งกรดไฮโดรคลอริกและสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์จะสังเกตการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย โดยสูตรที่ได้คัดเลือกจากการทดลองมีอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการทำฟritสำหรับกระเบื้องบุผนังที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส

A STUDY ON THE SUITABLE RATIO OF THE COMBINATION OF SODA ASH,
POTASH FELDSPAR AND QUARTZ TO MAKE GRANULATE FRITS
FOR DECORATION IN CERAMICS WALL TILE

AN ABSTRACT

โดย

PATTARAPOLE SUWUNNACHOM

Presented in partial fulfillment of the requirements
For the Master of Education degree in industrial Education
September 2000

Pattarapole suwunnachom. (Year). *A study on the suitable ratio of the combination of Soda ash, Potash feldspar and Quartz to make granulate frits for decoration in ceramics wall tile*. Master Thesis, M.Ed. (Industrial Education). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Mrs supphaka palprame, Dr. uppawit suwakhantakul.

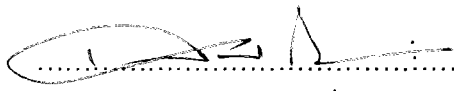
A study on the suitable ratio of the combination of soda ash, potash feldspar and quartz to make granulate frits for decoration in ceramics wall tile in oxidation and reduction firing temperature at 900 °C to research for glass melting, color and translucent and crazing resistance to used the best formula. This experiment indicated that oxidation firing in 13 formula (soda ash 49% potash feldspar 31% quartz 20% addition on barium carbonate 3% and alumina 5%) at good melting level. Color in yellow and translucent in good and crazing in medium level. Reduction firing in 15 formula (soda ash 49% potash feldspar 29% quartz 22% addition on barium carbonate 3% and alumina 5%) at good melting level. Color in yellow and translucent in good and crazing in medium level. In this first result to qualification of color test, surface test and chemical resistance. This experiment indicated that color test in oxidation and reduction firing not to change, surface test in smooth and in oxidation firing have little pin hole. Formula in oxidation firing to change after test with hydrochloric acids in level B and test acetic acid, potassium hydroxide solvent in level A (less resistance than AA but more resistance than B). Formula in reduction firing to change after test with acetic acid in level B and test hydrochloric, potassium hydroxide solvent in level A (less resistance than AA but more resistance than B). A formula in this experimental is the suitable ratio of the combination of soda ash, potash feldspar and quartz to make granulate frits for decoration in ceramics wall tile at 900 °C

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

การศึกษาอัตราส่วนผสมของโซดาแอส โปแทสเซียมเฟลด์สปาร์ และควอทซ์
ในการทำพริตสำหรับตกแต่งกระเบื้องบุผนัง

ของ
นายภัทรพล สุวรรณโณม

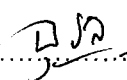
ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

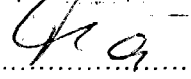
 คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

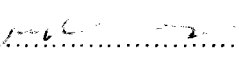
วันที่ 29 กันยายน พ.ศ. 2543

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

 ประธาน
(อาจารย์ศุภกา ปาลเปรม)

 กรรมการ
(อาจารย์ดร.อุปวิทย์ สุวคันธกุล)

 กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)

 กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ถนอมสิน ดิสถาพร)

ประกาศคุณูปการ

ขอขอบพระคุณในการสนับสนุน ความดูแลในการทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้อย่างราบรื่น โดยครอบครัวสุวรรณโณม พ่อ แม่ พี่และน้อง

ขอขอบพระคุณสำหรับท่านอาจารย์ศุภกา ปาลเปรม ประธานกรรมการควบคุม ปริญญานิพนธ์ ท่านอาจารย์ดร.อุปวิทย์ สุวคันทรกุล กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ท่านอาจารย์ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และท่านผศ.ณอมสิน ดิสถาพร ท่านผศ.เวนิช สุวรรณโมลี คุณวัชระ เลิศชาคร คุณอภิญา ลัมถวิล อาจารย์ธีรพล อิ่มใจ อาจารย์โอภาส สุขหวานในความเมตตาต่องานปริญญานิพนธ์ครั้งนี้

ขอบคุนสำหรับคุณเกียรติศักดิ์ คณะนา คุณสุภมาส รักใจ คุณวัชรพล ธารวริรา คุณประเสริฐ วุฒิรัตน์ คุณนาถวรรณ สุขชัย คุณลลิตา วงษ์สวัสดิ์ คุณพิเชษฐ กล่อมเอียง คุณชาลี อินทรชัย คุณเบญจมาศ บุญดำ คุณศรายุทธ ผุ้ตวัฒน์ ในการเอื้อเฟื้อข้อมูล สถานที่ และวัตถุดิบในการผลิต และกำลังใจอันสำคัญ

ขอบคุน มหาวิทยาลัยศิลปากร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตเพาะช่าง บริษัทอาร์ทเวย์จำกัด บริษัทไทย-เยอรมันเซรามิค มหาชนจำกัด บริษัทโสสุโก้ เซรามิคจำกัด และ บริษัทภัทราเซรามิคจำกัด ในบางสิ่งและบางส่วนของ การสนับสนุนการทำงานครั้งนี้

ท้ายสุดนี้ หากงานปริญญานิพนธ์นี้จะก่อประโยชน์ต่อส่วนรวม ผู้วิจัยขอขอบความดีทั้งปวงแด่ผู้มีพระคุณที่กล่าวมาข้างต้น ที่ช่วยสนับสนุน ผลักดันให้ผู้วิจัยมีความรู้ ความสามารถในการไปปฏิบัติหน้าที่ต่อวงการศึกษาและในสังคมต่อไป

ภัทรพล สุวรรณโณม

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
ความสำคัญของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
ตัวแปรที่ศึกษา.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการผลิตฟrit.....	10
ความสำคัญและประโยชน์ของฟritต่ออุตสาหกรรมเซรามิกส์.....	10
การนำฟritไปใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์	11
ข้อมูลต่างๆเกี่ยวกับกระเบื้อง	17
เตาและการเผาผลิตภัณฑ์.....	21
ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับวัตถุดิบของส่วนผสม	22
โซดาแอส	22
โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์	22
ควอทซ์	24
อลูมินา	25
แบเรียมคาร์บอเนต	25
การทดสอบคุณสมบัติของฟrit.....	26
การหลอมตัวของฟrit (glass melting).....	26
ความใสหรือสีที่เกิดขึ้น (colour and translucent).....	28
ความทนต่อการแตกร้าว (crazing resistance).....	28
สีหลังการเผาและการเปลี่ยนแปลงของสี (colour test).....	29
ลักษณะผิวหน้าและตำหนิที่เกิดขึ้น (surface test).....	30
ความทนทานต่อสารเคมี (chemical resistance).....	30
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	31
3 วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า.....	32

วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการทดลอง.....	32
ตัวแปรที่ศึกษา.....	34
อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	35
การดำเนินการวิจัย.....	35
สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง.....	37
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	38
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	40
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	54
บรรณานุกรม.....	64
ภาคผนวก.....	67
ภาคผนวก ก. ตารางแบบวิเคราะห์ผลการทดลองของผู้เชี่ยวชาญ.....	68
ภาคผนวก ข. กระบวนการผลิตฟรุต.....	75
ภาคผนวก ค. ผลการทดลองทำฟรุต ในบรรยากาศ ออกซิเดชันและ รีดักชัน.....	82
ภาคผนวก ง. หนังสือขอความอนุเคราะห์และประวัติผู้เชี่ยวชาญ.....	88
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	96

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 ปัญหาและการแก้ไขในการทำรูปลอกเซรามิกส์โดยวิธีซิลค์สกรีน.....	16
2 แสดงตัวอย่างส่วนผสมวัตถุดิบและจุดสุกตัวของกระเบื้องปูพื้น.....	17
3 แสดงตัวอย่างส่วนผสมวัตถุดิบและจุดสุกตัวของกระเบื้องบุผนัง.....	18
4 ผลผลิตของควอตซ์ในประเทศไทยตั้งแต่ พ.ศ. 2521-2529.....	25
5 ระดับการหลอมตัวโดยกำหนดเป็นระดับโคน	27
6 อัตราส่วนผสมของฟritสำหรับตกแต่งกระเบื้องบุผนัง.....	34
7 ผลการทดลองขั้นที่ 1 เเผที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน...	41
8 ผลการทดลองขั้นที่ 1 เเผที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส บรรยากาศรีดักชัน.....	43
9 อัตราส่วนผสมของฟritสำหรับตกแต่งกระเบื้องบุผนัง.....	46
10 ผลการทดลองขั้นที่ 2 เเผที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน...	47
11 ผลการทดลองขั้นที่ 2 เเผที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส บรรยากาศรีดักชัน.....	49
12 การทดสอบสีหลังการเผาและการเปลี่ยนแปลงของสี ในบรรยากาศออกซิเดชัน และรีดักชัน.....	51
13 การทดสอบลักษณะผิวหน้าและตำหนิที่เกิดขึ้นของฟritในบรรยากาศออกซิเดชัน และรีดักชัน.....	52
14 การทดสอบความทนทานต่อสารเคมีของฟritในบรรยากาศออกซิเดชัน และรีดักชัน	53
15 การทดลองครั้งที่ 1 เเผที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน.....	69
16 การทดลองครั้งที่ 2 เเผที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน.....	70
17 การทดลองครั้งที่ 1 เเผที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส บรรยากาศรีดักชัน.....	71
18 การทดลองครั้งที่ 2 เเผที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส บรรยากาศรีดักชัน.....	72
19 การทดสอบสีหลังการเผาและการเปลี่ยนแปลงของสีในบรรยากาศออกซิเดชัน และรีดักชัน.....	73
20 การทดสอบลักษณะผิวหน้าและตำหนิที่เกิดขึ้นของฟritในบรรยากาศออกซิเดชัน และรีดักชัน.....	73
21 การทดสอบความทนทานต่อสารเคมีของฟritในบรรยากาศออกซิเดชัน และรีดักชัน	74
22 ทู่นวัดไฟ ออร์ตัน	76

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ

หน้า

1	รูปลอกทั่ว ๆ ไปที่ผลิตออกจำหน่ายในท้องตลาด.....	12
2	ขั้นตอนในการทำรูปลอกเซรามิกส์.....	14
3	ผลงานที่ยังไม่ติดรูปลอกกับผลงานที่ติดรูปลอกแล้ว.....	14
4	เตาขนาดใหญ่ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม.....	15
5	เครื่องอัดกระเบื้องแบบไฮดรอลิก	20
6	เตาเผาเซรามิกส์แบบเตาอุโมงค์.....	21
7	เครื่องตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงของสี	29
8	อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบบนตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าจำนวน36ส่วนผสม.	33
9	ลำดับขั้นตอนการผลิตฟrit ตอนที่ 1.....	36
10	การทดสอบคุณสมบัติของฟrit ตอนที่ 2.....	37
11	การกระจายหาส่วนผสมที่ละเอียดขึ้นจากสูตรที่ดีที่สุดจากการทดลองขั้นที่1	45
12	วัตถุดิบต่างๆในการทำฟrit.....	77
13	ลักษณะของเตาที่ใช้หลอมฟrit.....	78
14	ภาชนะที่ใช้หลอมฟrit.....	78
15	การทดสอบความทนทานต่อกรดไฮโดรคลอริก.....	79
16	การทดสอบความทนทานต่อกรดซัลฟิวริก.....	79
17	การทดสอบความทนทานต่อสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์.....	79
18	การเผาฟritอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียสบรรยากาศออกซิเดชัน.....	80
19	การเผาฟritอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียสบรรยากาศรีดักชัน.....	81
20	อัตราส่วนจำนวน 36 สูตรจากการทดลองครั้งที่ 1 บรรยากาศออกซิเดชัน อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส.....	83
21	อัตราส่วนจำนวน 36 สูตรจากการทดลองครั้งที่ 2 บรรยากาศออกซิเดชัน อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส.....	84
22	อัตราส่วนจำนวน 36 สูตรจากการทดลองครั้งที่ 1 บรรยากาศรีดักชัน อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส.....	85
23	อัตราส่วนจำนวน 36 สูตรจากการทดลองครั้งที่ 1 บรรยากาศรีดักชัน อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส.....	86
24	ฟritที่ใช้ตกแต่งกระเบื้องบุผนัง.....	87
25	ฟritที่ใช้ตกแต่งกระเบื้องบุผนัง.....	87

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และเครื่องปั้นดินเผาเป็นมาเป็นเวลายาวนาน โดยการเรียนรู้และการทดลอง มนุษย์ได้ทำการปรับปรุงดัดแปลงพัฒนาเทคนิคกระบวนการผลิตมาโดยตลอด จนทำให้งานเครื่องปั้นดินเผา กลายเป็นสินค้าทางธุรกิจที่มีบทบาทต่อเศรษฐกิจอุตสาหกรรมของประเทศ (ธนาคารไทยพาณิชย์.2535 : 3) สามารถนำไปสู่ความเป็นผู้นำและได้เปรียบทางการค้าในตลาดที่มีการแข่งขันสูง การใช้ความรู้ ความสามารถ ทักษะประกอบกับการใช้เครื่องมือช่วยในการออกแบบและผลิตเป็นอุตสาหกรรม จะมีผลให้เทคโนโลยีการออกแบบและการผลิตเครื่องเคลือบดินเผา (เวนิช สุวรรณโมลี.มปป. : 10) ได้เจริญก้าวหน้าขึ้นมาก ทำให้เกิดรูปทรงและสีอันหลากหลาย อาทิเครื่องประดับตกแต่งที่มีสีสันสดใส หรือแนวสีที่ให้ความรู้สึกนุ่มนวล เจียบขริ่มแฝงด้วยสุนทรีย์แห่งความงาม (ศุภกา ปาลเปรม.2537 : 124) ที่กล่าวมานี้ล้วนเป็นสิ่งจูงใจที่ผู้ออกแบบต้องตระหนัก ซึ่งมีผลต่อความต้องการของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผา การออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ (ceramic industrial design) จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งเนื่องจากการสร้างค่านิยมที่ดีให้แก่ผู้บริโภค จึงควรส่งเสริมให้มีการศึกษางานเครื่องเคลือบดินเผาในแนววิทยาศาสตร์ (ceramic science) และแนวศิลป์ (ceramic art) ควบคู่ไปกับการประกอบการอุตสาหกรรม เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพ และความงามควบคู่กันไป (ทวี พรหมพฤษ.2523 : 2-3) การออกแบบเครื่องเคลือบดินเผาก็เช่นเดียวกับการออกแบบผลิตภัณฑ์ (product design) ต่างๆ เนื่องจากเครื่องเคลือบดินเผาเป็นผลิตภัณฑ์อย่างหนึ่ง ซึ่งมีขั้นตอนในการผลิตคล้ายกับผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆ เพียงแต่จะมีลักษณะเฉพาะของการผลิตที่เป็นไปตามลักษณะของวัสดุ คือ ดิน หิน แร่ธาตุโดยนำวัตถุดิบเหล่านี้มาผสมในอัตราส่วนที่กำหนดแล้วนำไปขึ้นรูปและนำมาผ่านกระบวนการทางความร้อน ณ จุดจุดหนึ่งตามความต้องการ หรือแนวทางที่ตั้งไว้ซึ่งอาจทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ อาทิเช่น ชุดอาหาร (table ware) เครื่องใช้ในครัวเรือน (kitchen ware) สุขภัณฑ์ (sanitary ware) วัสดุก่อสร้าง กระเบื้องปูพื้นและกระเบื้องบุผนัง (tile) (เวนิช สุวรรณโมลี.2538 : 2)

กระเบื้องบุผนังเป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ประเภทหนึ่ง ที่จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีในด้านการผลิตเพื่อการได้มาซึ่งปริมาณ และคุณภาพ การศึกษากลุ่มเป้าหมายทางการตลาดเพื่อกำหนดแนวทางการตกแต่งกระเบื้องบุผนัง จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่จะต้องคำนึง โดยเฉพาะการตกแต่งลวดลายบนกระเบื้องบุผนังที่แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ ลวดลายที่จบในตัว (Center) และลวดลายต่อเนื่อง (Boarder) การทำกระเบื้องดังกล่าวจะทำการเคลือบ และเผาเพียงครั้งเดียวที่อุณหภูมิ 950-1,000 องศาเซลเซียส เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแกร่งทนทานต่อการกระแทก

เสียดี ทนต่อการกัดกร่อนของกรดและด่าง กันการซึมผ่านของน้ำ เพิ่มความสวยงามน่าใช้ และง่ายต่อการทำความสะอาด สามารถตกแต่งลวดลายด้วยการสกรีนสีต่างๆ ลงไปบนผิวกระเบื้องได้ง่าย การใช้ฟritเป็นส่วนผสมในน้ำเคลือบและการตกแต่งกระเบื้องมีบทบาทสำคัญต่อการผลิตมาก กล่าวคือ เคลือบที่มีส่วนผสมของสารที่ละลายน้ำได้ หรืออัลคาไลน์ (Alkaline) ซึ่งได้แก่ บอแรกซ์ (Borax) โซเดียมคาร์บอเนต (Soda ash) และส่วนผสมของสารพิษ เช่น ตะกั่ว (Lead) จะมีผลให้ไม่สามารถควบคุมความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ได้ การนำสารที่ละลายน้ำได้ หรือเป็นพิษไปผ่านกระบวนการทำให้เป็นฟritเพื่อไม่ให้สารนั้นละลายน้ำ หรือลดความเป็นพิษ โดยนำมาใช้ผสมในน้ำเคลือบและตกแต่งกระเบื้อง จะช่วยให้ควบคุมความสม่ำเสมอและความคงที่ของผลิตภัณฑ์ได้(ปริดา พิมพ์ขาวชา.2535 : 201-203)

จากเหตุผลที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ฟritจึงถูกนำมาใช้มากในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อช่วยลดอุณหภูมิในการเผาเคลือบให้ต่ำลง และอยู่ในช่วงอุณหภูมิการเผาระดับกลาง ทำให้ประหยัดเชื้อเพลิงในการเผา ทำให้เคลือบมีช่วงการเผาที่กว้างขึ้นกว่าการเผาเคลือบดิบ ทำให้เคลือบมีสีสม่ำเสมอ นอกจากนี้ฟritยังถูกนำมาใช้ในการตกแต่งลวดลายบนตัวบนกระเบื้องบุผนัง และใช้เป็นตัวหลอมละลายในเนื้อดินปั้น การใช้ฟritจะช่วยลดปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ลง ลดเวลาในการชั่งวัตถุดิบอื่นๆ และลดปริมาณของฝุ่นลงได้ ตัวอย่างฟritอาจประกอบไปด้วยออกไซด์หลายตัว เช่น โซเดียม โพแทสเซียม ตะกั่ว แคลเซียมและแมกนีเซียม หรืออาจประกอบไปด้วยออกไซด์เพียงสองตัว เช่น โพแทสเซียมและแคลเซียม การหลอมตัวของฟritที่สมบูรณ์จะอยู่ในช่วงอุณหภูมิประมาณ 860-1290 องศาเซลเซียส การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกระดับอุณหภูมิในการเผาแบบเจาะจงจากช่วงอุณหภูมิดังกล่าวคือที่ระดับอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียสซึ่งเป็นระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการตกแต่งลวดลายของกระเบื้องบุผนัง(สุรศักดิ์ โกสียพันธ์. 2534 :45-47)

การพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิกส์ของประเทศไทยทั้งด้านเทคโนโลยีการผลิต และการตอบสนองในเรื่องวัตถุดิบเพื่อส่งเสริมการผลิต ความหลากหลายของวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ จึงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นเพื่อเป็นข้อมูลที่จะสนับสนุนโรงงานอุตสาหกรรมให้ใช้วัตถุดิบที่ผลิตภายในประเทศมากขึ้น ลดการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศ และสนับสนุนให้มีการผลิตวัตถุดิบขึ้นภายในประเทศ ตลอดจนส่งเสริมการตลาดอีกทางหนึ่ง ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาอัตราส่วนผสมของโซดาแอส โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ ควอทซ์ เพื่อผลิตฟritสำหรับตกแต่งผลิตภัณฑ์กระเบื้องบุผนัง ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน และรีดักชัน

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อทดลองหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของฟrit สำหรับตกแต่งกระเบื้องบุผนังจากวัตถุดิบที่ใช้คือ โซดาแอส โฟแทสเซียมเฟลด์สปาร์ และควอทซ์ เเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน และ รีดักชัน

2. เพื่อทดสอบคุณสมบัติของฟrit สำหรับตกแต่งกระเบื้องบุผนัง ที่ได้ทำการทดลองแล้วในข้อที่ 1 โดยนำมาทำการทดสอบคุณสมบัติใน 3 ด้านดังนี้

- 2.1 การหลอมตัวของฟrit
- 2.2 ความสทไสหรือสีที่เกิดขึ้น
- 2.3 ความทนต่อการแตกกราน

3. เพื่อนำอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดของการทดลองสำหรับใช้กับกระเบื้องเคลือบที่เผาในบรรยากาศออกซิเดชันและรีดักชัน โดยมีการทดสอบคุณสมบัติใน 3 ด้านดังนี้

- 3.1 สีหลังการเผาและการเปลี่ยนแปลงของสี
- 3.2 ลักษณะผิวหน้าและตำหนิที่เกิดขึ้น
- 3.3 ความทนทานต่อสารเคมี

ความสำคัญของการวิจัย

อัตราส่วนผสมของฟrit ที่ได้จากการทดลองครั้งนี้ จะเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการในวงการเซรามิกส์ ผู้ประกอบการสามารถเลือกสรรวัตถุดิบส่วนใหญ่ที่มีในประเทศไทยมาผ่านกระบวนการที่เหมาะสม เพื่อผลิตฟrit สำหรับตกแต่งกระเบื้องบุผนังได้ อีกทั้งเป็นแนวทางในการทดลองผลิตฟrit สำหรับตกแต่งกระเบื้องบุผนังในลักษณะที่พัฒนารูปแบบ ปรับปรุงอุณหภูมิ สีสน ตลอดจนวัตถุดิบอื่นๆ ได้ในโอกาสต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

เพื่อให้การทดลองครั้งนี้บรรลุจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการทดลองการทำฟrit สำหรับตกแต่งกระเบื้องบุผนัง ดังนี้คือ

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

- 1.1 โซดาแอส ที่มีความละเอียด 20 เมส แบบ (red heat)
- 1.2 โฟแทสเซียมเฟลด์สปาร์ ที่มีความละเอียด 325 เมส
- 1.3 ควอทซ์ ที่มีความละเอียด 325 เมส
- 1.4 อลูมินา ที่มีความละเอียด 200 เมส โดยในการวิจัยครั้งนี้จะใช้เพิ่ม

ในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 5

1.5 แบเรียมคาร์บอเนต ที่มีความละเอียด 325 เมส โดยในการวิจัยครั้งนี้จะใช้เพิ่มในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 3

2.การทำพริตใช้งานที่อุณหภูมิไม่เกิน 900 องศาเซลเซียส โดยใช้ไพโรเมตริกโคนมาตรฐานออร์ตัน (orton standard cone) เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิ บรรยากาศออกซิเดชัน และรีดักชัน

3.การตกแต่งผลิตภัณฑ์ ด้วยวิธีการสกรีน ให้ผงพริตติดกับแผ่นกระเบื้อง

4. การชั่งส่วนผสมวัตถุดิบ ด้วยเครื่องชั่งระบบไฟฟ้า จำนวนทศนิยม 2 ตำแหน่ง

5.การทดลองแบ่งเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่1 ทดสอบคุณสมบัติของอัตราส่วนผสมของพริตกับชิ้นงานทดลองเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาด 102x102 มม. ความหนา 6.35 มม. และตอนที่ 2 ทดสอบคุณสมบัติของอัตราส่วนผสมของพริตกับชิ้นงานขนาดผลิตภัณฑ์ทดสอบคุณสมบัติอัตราส่วนผสมของพริต ที่คัดเลือกเอาตัวอย่างที่ดีที่สุดมาทดสอบกับกระเบื้องบุผนังจริงมีขนาด 203 x 203 มม. ความหนา 6.35 มม.

6.ตัวแปรที่ศึกษา

6.1 ตัวแปรอิสระได้แก่อัตราส่วนผสมระหว่างโซดาแอส โฟแทสเซียมเฟลด์สปาร์ และ ควอทซ์ และบรรยากาศในการเผา

6.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

6.2.1คุณสมบัติของอัตราส่วนผสมของ โซดาแอส โฟแทสเซียมเฟลด์สปาร์ และ ควอทซ์ บรรยากาศออกซิเดชัน และรีดักชัน ในการทดสอบกับชิ้นทดลองมีดังนี้

6.2.1.1 การหลอมตัวของพริต

6.2.1.2 ความสทไสหรือสีที่เกิดขึ้น

6.2.1.3 ความคงทนต่อการแตกราน

6.2.2คุณสมบัติของอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดภายหลังกการเผาจากการทดลอง ตอนที่1 ของโซดาแอส โฟแทสเซียมเฟลด์สปาร์ และ ควอทซ์ บรรยากาศออกซิเดชัน และรีดักชัน ในการทดสอบกับกระเบื้องบุผนังมีดังนี้

6.2.2.1 สีหลังการเผา และการเปลี่ยนแปลงของสี

6.2.2.2 ลักษณะผิวหน้า หรือตำหนิที่เกิดขึ้น

6.2.2.3ความทนทานต่อสารเคมี

7. การสุ่มตัวอย่าง ตัวอย่างได้มาจากการสุ่มแบบเจาะจง (purposive sampling) จากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า (triaxial diagram) โดยใช้วัตถุดิบหลัก โซดาแอส โฟแทสเซียมเฟลด์สปาร์ และ ควอทซ์ จำนวน 36 จุด แต่ละจุดส่วนผสมรวมกับอลูมินา และแบเรียมคาร์บอเนตในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 5 และ 3 ตามลำดับ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ฟริตสำหรับตกแต่งกระเบื้อง หมายถึง ของผสมจากวัตถุดิบทางเซรามิกส์ ผ่านการผสมประกอบกันโดยขั้นตอนการทำฟริต และนำมาตกแต่งบนกระเบื้องเคลือบที่ผ่านการเผาแล้ว ทำการเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส อีกครั้งหนึ่ง

2. อัตราส่วนผสมของฟริต หมายถึง อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ คือ โซดาแอส โพลแทสเซียมเฟลด์สปาร์ และควอทซ์ โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนต และอลูมินา ในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 3 และ 5 ผสมเข้าด้วยกันเป็นฟริต โดยอัตราส่วนผสมที่ได้ จะได้จากการคำนวณตามตารางสามเหลี่ยม และเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน และ รีดักชัน

3. ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า หมายถึง ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า มีจุดหลัก 3 จุดที่ใช้กำหนดค่าอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ ในการทดลองทำฟริต (Hopper.1984 : 74)

4. การวัดอุณหภูมิ หมายถึง การนำเครื่องมือตรวจวัดความร้อนภายในเตาเผา โดยใช้ไพโรเมตริกโคนหรือหุ่นวัดไฟเป็นตัวตรวจสอบระดับอุณหภูมิ โดยดูจากการหลอมตัวของโคนตามอุณหภูมิที่กำหนดไว้

5. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง หมายถึง วัตถุดิบที่มีจัดจำหน่าย และใช้เป็นส่วนผสมของฟริตที่ใช้ ในการทดลองครั้งนี้ ได้แก่

5.1 โซดาแอส เป็นสารที่เดิมแล้วเป็นตัวช่วยลดจุดสุกตัวหรือจุดหลอมละลายของเคลือบให้ต่ำลง เป็นสารอนินทรีย์ ที่ทำให้เกิดการกระจายตัว (deflocculant) ใช้ในการผสมน้ำดินสำหรับหล่อแบบได้

5.2 โพลแทสเซียมเฟลด์สปาร์ เป็นสารเคมีที่เดิมแล้วเป็นตัวช่วยให้จุดสุกตัวของเคลือบลดลง ทำหน้าที่เป็นตัวช่วยในการหลอมละลายได้ดีกว่าโซเดียมเฟลด์สปาร์และมีความแข็งแรงทนต่อการกัดกร่อนของเคมีภัณฑ์ได้ดีกว่า ทำให้เคลือบสุกใสกว่าการใช้โซเดียมเฟลด์สปาร์

5.3 ควอทซ์ เป็นส่วนที่ทำให้เกิดแก้วในเคลือบ ทำให้เคลือบมีความต้านทานต่อการกัดกร่อนของแก๊ส น้ำ สารเคมี และกรดต่าง การเพิ่มควอทซ์ จะทำให้จุดหลอมละลายของเคลือบสูงขึ้น ลดการไหลตัวของเคลือบขณะหลอมละลาย และเป็นการเพิ่มความแข็งแรง มีความต้านทานต่อการกัดกร่อนของสารเคมีสูงขึ้น

5.4 แบเรียมคาร์บอเนต เป็นสารเคมีที่ทำหน้าที่เป็นตัวช่วยลดจุดหลอมละลายของเคลือบให้ต่ำลง เพิ่มดัชนีหักเหของแสงหรือการทำให้เคลือบใสเป็นเงางามปริมาณการใช้แบเรียมคาร์บอเนตปกติไม่ควรเกินร้อยละ 5 เกินปริมาณดังกล่าวจะมีผลทำให้ฟริตทนไฟมีลักษณะด้าน

5.5 อลูมินา มีคุณสมบัติเป็นตัวกลาง ทำให้เคลือบมีความหนืดเกาะติดผิวดินได้ดี ไม่ไหลจากตัวผลิตภัณฑ์ขณะเผาถึงจุดสุกตัวของเคลือบ

6.การเผาแบบบรรยากาศออกซิเดชัน (Oxidation firing) หมายถึง การเผาผลิตภัณฑ์โดยการเพิ่มออกซิเจน ทำให้เกิดเผาไหม้ที่สมบูรณ์

7.การเผาแบบบรรยากาศรีดักชัน (Reduction firing) หมายถึง การเผาผลิตภัณฑ์โดยการลดออกซิเจนทำให้เกิดเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ สีหรือออกไซด์โลหะที่เกิดขึ้นหลังเผาบางอย่างจะแตกต่างกับการเผาแบบบรรยากาศออกซิเดชันหรือการเผาไหม้แบบสมบูรณ์

8. คุณสมบัติการใช้งานตามเกณฑ์ที่ประยุกต์จากบริษัท ไทย-เยอรมัน เซรามิก อินดัสทรี หมายถึง การตรวจสอบคุณสมบัติฟริตที่ทดลองโดยการลงความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญด้านเซรามิกส์ ในเรื่องการหลอมตัว ความใสหรือสีที่เกิดขึ้น ความคงทนต่อการแตกราน สีหลังการเผาและการเปลี่ยนแปลงของสี ลักษณะผิวหน้าและตำหนิที่เกิดขึ้น และความทนทานต่อสารเคมี โดยตรวจสอบในด้านต่าง ๆ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

8.1การหลอมตัวของฟริต หมายถึง การนำอัตราส่วนผสมของโซดาแอสโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ และควอทซ์ ที่ได้จากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าไปทดสอบคุณสมบัติในเรื่องของความสามารถในการหลอมตัวของวัตถุดิบโดยวิธีอัดโคน

8.1.1 วิธีอัดโคน หมายถึง การนำอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบมาอัดตัวเป็นรูปโคน แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน และรีดักชัน และนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับระดับของโคนว่าอยู่ในระดับใด

8.1.2 ระดับของโคน (cone level) หมายถึง ลักษณะของอัตราส่วนผสมที่อัดโคน หลังจากการเผาว่าเปลี่ยนแปลงทางกายภาพเป็นอย่างไรโดยมีตารางแสดงการเปรียบเทียบ(ดูตารางหน้าที27)โดยใช้เกณฑ์การทดสอบของบริษัทไทย-เยอรมันเซรามิก อินดัสทรี (มหาชน)

8.2 ความใสหรือสีที่เกิดขึ้น หมายถึง ลักษณะขุ่นหรือโปร่งแสงหรือสีที่เกิดขึ้นหลังการเผา โดยพิจารณาจากความเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเซรามิกส์ทางภาคประกอบการหรือภาคการศึกษาจำนวน 3 คน โดยประยุกต์เกณฑ์การทดสอบของบริษัทไทย-เยอรมัน เซรามิก อินดัสทรี (มหาชน)

8.3 ความคงทนต่อการแตกราน หมายถึง ลักษณะการร้าวตัวของกระเบื้องบุผนังเมื่อผ่านการนำไปทดลองจากการนำชิ้นทดลองที่เผาแล้วมาทดสอบโดยใช้หม้ออบความดันแล้วเพิ่มความดันจนถึงจุดทดสอบ เสร็จแล้วนำออกมาทดสอบกับสารละลายเมทิลีนบลูเพื่อดูรอยการร้าว โดยประยุกต์เกณฑ์การทดสอบของบริษัทไทย-เยอรมัน เซรามิก อินดัสทรี (มหาชน)

8.4 สีหลังการเผาและการเปลี่ยนแปลงของสี หมายถึง การพิจารณาสีที่เห็นได้จากการเผาเปรียบเทียบกับสีหลังการทดลองโดยเครื่องมือตรวจการเปลี่ยนแปลงของสี โดยการหุ้มด้านหนึ่งของกระเบื้องด้วยแผ่นโลหะเช่น อลูมิเนียมฟอยล์ กับด้านที่ถูกแสงอุลตราไวโอเลตเป็นเวลา

28 วัน แล้วนำมาสังเกตพิจารณาเปรียบเทียบ โดยประยุกต์เกณฑ์การทดสอบของบริษัทไทย-เยอรมัน เซรามิค อินดัสทรี (มหาชน)

8.5 ตำหนิที่เกิดขึ้นและลักษณะผิวหน้ากระเบื้อง หมายถึง ลักษณะต่างๆ หรือตำหนิของผิวหน้ากระเบื้องที่สังเกตด้วยตาเปล่า โดยนำเกณฑ์การทดสอบของบริษัทไทย-เยอรมัน เซรามิค อินดัสทรี (มหาชน) มาประยุกต์เพื่อใช้ในการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญด้านเซรามิกส์มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ระดับ AA หมายถึง ดีมาก

ระดับ A หมายถึง ดี

ระดับ B หมายถึง ปานกลาง

ระดับ C หมายถึง ปรับปรุง

ระดับ D หมายถึง ใช้ไม่ได้

8.6 ความทนทานต่อสารเคมี หมายถึง นำกระเบื้องเคลือบที่ใช้ฟรีดในกระบวนการที่เสร็จแล้วไปทดสอบกับสารเคมีทั้งกรดและด่าง โดยทำการทดสอบจากการใส่กระเบื้องในภาชนะเติมสารละลายกรดหรือด่าง ให้มีความสูง 2 เซนติเมตรเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 25 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 7 วัน โดยเมื่อครบ 4 วันให้ทำการเปลี่ยนสารละลายใหม่ แล้วเก็บต่อจนครบ 7 วัน จึงเทสารละลายออก และล้างทำความสะอาดแล้วอบให้แห้งตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงกับกระเบื้องก่อนการทดสอบด้วยตาเปล่าตามเกณฑ์การทดสอบของบริษัทไทย-เยอรมัน เซรามิค อินดัสทรี (มหาชน)

8.6.1 สารละลายกรด หมายถึง สารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้นร้อยละ 3 เตรียม โดยใช้ กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น โดยที่ความเข้มข้นเท่ากับ 1.19 จำนวน 30 มิลลิลิตร ใส่ลงในที่วัดปริมาตร ขนาด 1000 ลูกบาศก์มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นจนครบปริมาตร และสารละลายกรดซัลฟิวริก เตรียมโดยชั่ง สารละลายกรดซัลฟิวริก 100 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1000 ลูกบาศก์มิลลิลิตร

8.6.2 สารละลายด่าง (alkali) หมายถึง สารละลายที่มีฤทธิ์เป็นด่างโดยใช้สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 3 เตรียมโดยชั่งโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 30 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1000 ลูกบาศก์มิลลิลิตร

9. ผู้เชี่ยวชาญด้านเซรามิกส์ หมายถึง ผู้ที่ทำหน้าที่พิจารณาผลจากการทดลองซึ่งเป็นผู้ที่จบการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาตรี และมีประสบการณ์ในงานเซรามิกส์ไม่ต่ำกว่า 5 ปี

สมมติฐานการวิจัย

อัตราส่วนผสมของโซดาแอส โพลีเอทเธียมเฟลด์สปาร์และควอทซ์โดยมีแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ3และ5ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน และ รีดักชัน จะได้พริตสำหรับตกแต่งกระเบื้องที่มีคุณสมบัติการใช้งานตามเกณฑ์การประยุกต์มาตรฐานของบริษัทไทย-เยอรมัน เซรามิค อินดัสทรี (มหาชน)

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้รวบรวมรายงานเอกสารรวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ไว้ดังต่อไปนี้

- 1.ฟritในอุตสาหกรรมเซรามิกส์
 - 1.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการผลิตฟrit
 - 1.2 ความสำคัญและประโยชน์ของฟritต่ออุตสาหกรรมเซรามิกส์
 - 1.3 การนำฟritไปใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์
 - 1.4 ข้อมูลต่างๆเกี่ยวกับกระเบื้อง
 - 1.5 เตาและการเผาผลิตภัณฑ์
- 2.ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับวัตถุดิบของส่วนผสม
 - 2.1 โซดาแอส
 - 2.2 โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์
 - 2.3 ควอทซ์
 - 2.4 อลูมินา
 - 2.5 แบเรียมคาร์บอเนต
 - 2.6 วัตถุดิบอื่นๆ
- 3.การทดสอบคุณสมบัติของฟrit
 - 3.1 การหลอมตัวของฟrit (glass melting)
 - 3.2 ความใสหรือสีที่เกิดขึ้น (colour and translucent)
 - 3.3 ความทนต่อการแตกกรัน (crazing resistance)
 - 3.4 สีหลังการเผาและการเปลี่ยนแปลงของสี (colour test)
 - 3.5 ลักษณะผิวหน้าและตำหนิที่เกิดขึ้น (surface test)
 - 3.6 ความทนทานต่อสารเคมี (chemical resistance)
- 4.เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.ฟritในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

ฟrit เป็นวัตถุดิบชนิดหนึ่งที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์มาก เนื่องจากสามารถนำมาผสมรวมกับวัตถุดิบชนิดอื่นที่เป็นส่วนผสมของน้ำเคลือบทำให้น้ำเคลือบที่มีลักษณะต่างๆมากมาย และฟritยังช่วยให้เกิดความสม่ำเสมอของผิวเคลือบ ทำให้ได้เคลือบที่มีคุณภาพดี นอกจากนี้ฟritยังถูกนำมาใช้ในการตกแต่งผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาเคลือบแล้วได้อีกด้วย

1.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการผลิตฟрит

ฟрит หมายถึงการนำวัตถุดิบที่สามารถละลายน้ำได้ประเภทอัลคาไลน์ เช่น โพแทสเซียม และโซเดียม หรือวัตถุดิบที่มีพิษ เช่น ตะกั่ว มาผ่านกระบวนการหลอมละลาย กลายเป็นแก้ว เพื่อให้วัตถุดิบนั้นเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำและลดการเป็นพิษของวัตถุดิบลง การทำฟริตนิยมทำในหม้อหลอมที่มีเตาเผาแบบรังผึ้งใช้น้ำมันหรือแก๊สเป็นเชื้อเพลิงซึ่งสามารถขึ้น อุณหภูมิได้สูงถึง 1600 องศาเซลเซียส การหลอมฟริตต้องทำให้ความร้อนในเตาร้อนแดงเสีย ก่อนจึงลาล้างวัตถุดิบใส่เข้าไปใส่ในช่องเปิดด้านบน และทำการหลอมในช่วงอุณหภูมิ 1,150 ถึง 1,480 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับชนิดของฟริตที่ทำการผลิตและใช้เวลาประมาณ 3-4 ชั่วโมง ผู้หลอมฟริตต้องคอยตรวจสอบการหลอมตัวเป็นระยะ ๆ ด้วยเหล็กเขี่ยยาวเพื่อดูว่าการหลอม ตัวสมบูรณ์หรือไม่ จนกระทั่งฟริตหลอมใส จึงจะเปิดจุกที่อุดจากช่องปิดหรือทางลาดให้ฟริตไหล ลงมาสู่ตะแกรงลวดในถังเก็บน้ำขนาดใหญ่เพื่อการทำให้ฟริตเย็นตัวอย่างรวดเร็วเรียกว่าการดับ (Quenching) ซึ่งมีผลให้ฟริตแตกตัวเป็นชิ้นเล็ก ๆ ง่ายต่อการนำไปบด

ปัจจุบันการทำฟริตถูกหลอมในเตาเผาแบบต่อเนื่อง ซึ่งวัตถุดิบจะเข้าในเตาหลอมด้วย อัตราเร็วคงที่โดยผ่านสายพานลำเลียงส่วนที่ทำการหลอมถูกทำให้ร้อนด้วยไฟฟ้าหรือแก๊สซึ่งมี การควบคุมอุณหภูมิอย่างใกล้ชิด สารหลอมละลายจะไหลมาตามรางสู่ลูกกลิ้งอัดฟริตจากเตา หลอมให้มีลักษณะเป็นแผ่นเมื่อเย็นตัวลงจะถูกทำให้แตก โดยสายพานแบบสั่นสะเทือนซึ่งฟริ ตจะถูกนำไปบรรจุลงในรูปเกล็ดขนาดครึ่งนิ้ว (สัณฐาน ดังโพธิ์สุวรรณ.2534 : 5 -7)

1.2 ความสำคัญและประโยชน์ของฟริตต่ออุตสาหกรรมเซรามิกส์

การทำเคลือบในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ บางครั้งอาจจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบที่ละลายน้ำ หรือวัตถุดิบที่มีพิษ เป็นส่วนผสมของน้ำเคลือบ ซึ่งการนำวัตถุดิบดังกล่าวมาใช้อาจก่อให้เกิดผล ต่อผิวเคลือบคือ วัตถุดิบที่ละลายในน้ำเคลือบมีผลให้เคลือบที่ผิวผลิตภัณฑ์ไม่เรียบ เนื่องจาก เกลือที่ละลายน้ำได้และทำหน้าที่เป็นตัวช่วยในการหลอมละลายในเคลือบถูกดูดซับไว้ในผลิต ภัณฑ์เนื่องจากธรรมชาติของการเผาทำให้ผลิตภัณฑ์มีความพรุนตัวมีผลให้ผิวเคลือบมีความ ทนไฟเพิ่มขึ้นและไม่หลอมตัว ณ อุณหภูมิที่ต้องการด้วยสาเหตุดังกล่าวจึงทำให้ผิวเคลือบไม่ เรียบ เนื่องจากเกลือที่ละลายน้ำได้ปรากฏขึ้นบนผิวเคลือบขณะทำการเผา ตะกั่วก็เช่นเดียว กันจะถูกนำมาหลอมรวมกับซิลิกาและอลูมินาให้เป็นฟริตก่อนนำไปใช้งาน เนื่องจากตะกั่วเป็น สารพิษและมีแนวโน้มที่จะแยกตัวกับส่วนผสมของน้ำเคลือบเนื่องจากน้ำหนักตัวของมันเอง ดัง นั้นการใช้ตะกั่วผสมในน้ำเคลือบจึงต้องทำการกวนอย่างสม่ำเสมอเพื่อมิให้ตะกั่วตกตะกอน จึงจะได้เคลือบที่สม่ำเสมอ แต่หากใช้ตะกั่วในรูปของฟริต ปัญหาดังกล่าวก็จะหมดไปทำให้ ปฏิบัติการในการเผาสมบูรณ์ยิ่งขึ้นเนื่องจากฟริตส่วนมากถูกออกแบบให้ใช้งานในช่วงอุณหภูมิ 1,010-1,150 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิของการเผาผลิตภัณฑ์ประเภทงานศิลปะ ส่วน เครื่องถ้วยชาม และผลิตภัณฑ์กระเบื้องดินเผาจะเผาที่อุณหภูมิ 1,200-1,290 องศาเซลเซียส

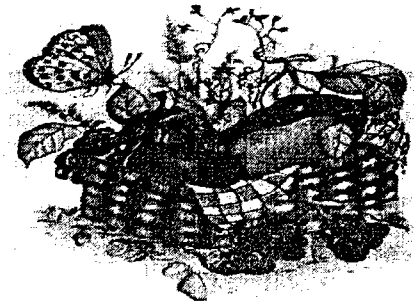
การใช้ฟritในการทำเคลือบจึงต้องผสมกับวัตถุดิบอื่น เช่น ซิลิกา และดินขาว เพื่อให้จุดหลอมละลายของเคลือบสูงขึ้น การเลือกใช้ฟritที่เหมาะสมจึงควรพิจารณาถึงระดับอุณหภูมิและบรรยากาศในการเผา สี ส่วนผสมของฟritและผลิตภัณฑ์ที่จะเคลือบ การรวมฟritเข้ากับวัตถุดิบอื่นจะทำให้สามารถทำเคลือบได้มากมาย และสามารถกำหนดระดับอุณหภูมิตั้งแต่ 860-1,290 องศาเซลเซียส ได้ตามความต้องการ การใช้ฟritที่มีต่างสูงจะมีผลให้สีแดง น้ำเงิน และม่วงในน้ำเคลือบได้ผลดี การใช้ฟritในการผลิตเคลือบเพื่อเป็นตัวช่วยในการหลอมละลาย ช่วยลดปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ ลดเวลาในการชั่งวัตถุดิบอื่น และลดปริมาณฝุ่นในการเตรียมเคลือบลงด้วย นอกจากนี้ฟritยังช่วยให้เคลือบมีสีสันสดใสและแปลกตาช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความน่าสนใจมากขึ้น(สุวีณา ตั้งโพธิ์สุวรรณ.2534 : 9-12)

1.3 การนำฟritไปใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์

การนำฟritไปใช้ในการผลิตกระเบื้องสามารถทำได้ทั้งส่วนเดิมในเคลือบ และในชั้นตกแต่งบนผิวกระเบื้อง โดยผู้ทำจะต้องมีความรู้ในเรื่องเทคนิคการซิลค์สกรีนเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการสกรีนจากสีเป็นผงฟritในคราวต่อไป

กรรมวิธีการผลิตรูปลอกโดยวิธีซิลค์สกรีน

การผลิตรูปลอกบนเคลือบ สำหรับงานอุตสาหกรรมเซรามิกส์จะใช้กระบวนการพิมพ์โดยวิธีสกรีนซึ่งสามารถสร้างผลงานออกมาได้ อย่างหลากหลายลักษณะวิธี การพิมพ์จะมีชื่อเรียกต่างๆ กัน เช่น แม่พิมพ์หิน, ซิลค์สกรีน, และ การพิมพ์ลงโดยตรง การพิมพ์โดยวิธีซิลค์สกรีนเป็นวิธีหนึ่งในหลายวิธีของการพิมพ์เพื่อการผลิตรูปลอกสำหรับงานเซรามิกส์และแก้ว สาเหตุที่ต้องมีการทำรูปลอกขึ้นก็อาจจะมีความต้องการความรวดเร็วในการผลิตจำนวนมาก ๆ เพื่อตกแต่งให้สวยงามและเพิ่มสเนียมสำหรับผู้บริโภคเพื่อดึงดูดความสนใจในสินค้าที่ผลิตขึ้นเพื่อสนองความต้องการของผู้บริโภค ฉะนั้นการผลิตรูปลอกก็ได้เริ่มพัฒนาต่อจากการพิมพ์ที่กระทำโดยตรงต่อพื้นผิวของงานเซรามิกส์



ภาพประกอบ 1 รูปลอกทั่ว ๆ ไปที่ผลิตออกจำหน่ายในท้องตลาด

รูปลอกเซรามิกส์(Decalcomanias)เป็นสิ่งที่ใช้ติดบนผิวเคลือบเซรามิกส์ที่ผ่านการเผาเคลือบแล้วเพื่อเป็นการตกแต่งแล้วนำไปเผาอบเพื่อให้สีบนเคลือบที่ทำเป็นรูปลอกหลอมติดกับผิวงานเกือบจะเป็นเนื้อเดียวกันเลยทีเดียว และสีจะคงทนอยู่ได้นาน การใช้รูปลอกนี้ได้รับความนิยมมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1800 จนกระทั่งช่วงปลายศตวรรษที่ 19 ในฝรั่งเศสและอังกฤษ ได้ทำกันอย่างเป็นล่ำเป็นสันและทำกันอย่างเร่งด่วนในแต่ละวัน รูปลอกโดยทั่วไปเป็นงานเพื่อการตกแต่ง ไม่ว่าจะเป็นใช้สีบนเคลือบ หรือสีใต้เคลือบ การตกแต่งนี้โดยมากจะใช้ตกแต่งชุดอาหาร, งานศิลปะ, พอร์ซเลน, แก้ว, กระเบื้อง, วงจรอิเล็กทรอนิกส์, ที่เขียนหรือ ฯลฯ

การทำรูปลอกเซรามิกส์ผู้ทำจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับการจัดงานศิลปะของกระบวนการพิมพ์ มีเดียที่ใช้ผสมสีเซรามิกส์, การพิมพ์, รวมถึงความรู้เกี่ยวกับฟิล์มที่ใช้ฉาบลงบนกระดาษเพื่อลอกลงบนผิวงานเซรามิกส์ด้วย เวลาพิมพ์รูปลอกควรอยู่ในสถานที่ที่มีมาตรฐาน อุณหภูมิที่ปฏิบัติงานควรอยู่ในระหว่าง 68 ถึง 75 องศาฟาเรนไฮต์ ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณร้อยละ 40-60 หรือควรอยู่ในห้องปรับอากาศ (Air Conditioned) กระดาษที่ใช้พิมพ์รูปลอกจะต้องเตรียมพิเศษ กระดาษรูปลอกจะต้องมีสารละลาย, กาว, เจลลาติน ฉาบไว้บนด้านหนึ่งของกระดาษ

การพิมพ์โดยใช้หมึกเซรามิกส์ในงานรูปลอกเซรามิกส์ จะคล้ายกับการพิมพ์บนผิวเซรามิกส์โดยตรง น้ำหมึกที่ใช้พิมพ์ประกอบด้วย ผงสีออกไซด์ของโลหะที่มีความละเอียดมากอย่างหนึ่ง ฟริต และตัวหลอมละลาย ซึ่งมีความละเอียดมากกว่า 325 เมส (Mesh) อาจจะใช้ความละเอียดอ่อนของสีประมาณ 200 เมส ก็ได้ สำหรับงานพิมพ์รูปลอกเซรามิกส์การผสมสีเพื่อใช้เป็นหมึกพิมพ์ โดยที่สี หมายถึง สีบนเคลือบที่เผาที่อุณหภูมิประมาณ 700-900 องศาเซลเซียส และ มีเดียม (Medium) หมายถึง พาหะ, ตัวช่วยละลาย, สีผสม หรือน้ำมันผสมสี ในการผสมสีเพื่อทำเป็นน้ำหมึก จะต้องมียัตราส่วนที่แน่นอนโดยการชั่ง ส่วนผสมตามอัตราส่วนที่กำหนด แล้วนำไปบดในหม้อบดเพื่อให้สีจับรวมตัวกันกับมีเดียมเป็นเนื้อเดียว มีความเหนียวข้น แห้งเร็ว สามารถแบ่งเป็นขั้นตอนการทำได้ดังนี้

ขั้นตอนการออกแบบ การออกแบบเพื่อทำรูปลอกเซรามิกส์ก็เหมือนกับการออกแบบเพื่อทำรูปลอกทั่ว ๆ ไป เราสามารถพิมพ์เป็นลักษณะสีเดียวหรือหลายสีในลักษณะรูปเหมือนก็

ได้ ถ้าต้องการพิมพ์สีเดียวก็ออกแบบเป็นรูปขาวดำ แล้วนำไปทำบล็อกซิลด์สกรีนเพียงครั้งเดียว ถ้าเป็นรูปสีก็ต้องออกแบบโดยการให้สีลักษณะที่ต้องการแล้วนำไปแยกสีทำบล็อกสกรีน

ขั้นการเตรียมวัตถุดิบ กระทำโดยการเตรียมวัตถุดิบจำพวกสีบนเคลือบ, น้ำมันต่าง ๆ ที่จะใช้ผสม, เตรียมกระดาษรูปลอก เตรียมบล็อกสกรีน ยางปาด ที่ผสมสีกับน้ำมัน และเตรียมอุปกรณ์การบดหรือกวนสีให้เข้ากับน้ำมัน

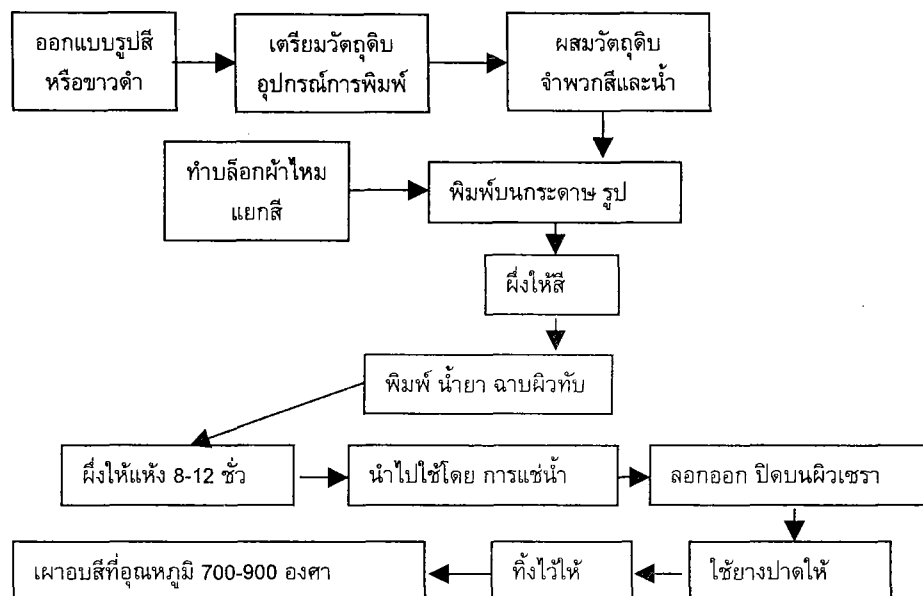
ขั้นผสมวัตถุดิบจำพวกสีและน้ำมัน เมื่อเตรียมวัตถุดิบเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ก็ถึงขั้นที่จะต้องผสมสีเพื่อทำเป็นน้ำหมึกสำหรับพิมพ์ลงบนกระดาษ การผสมสีบนเคลือบ เพื่อให้เป็นสีต่าง ๆ ก็ให้หลักของการผสมสีโดยทั่ว ๆ ไปหรืออาจจะใช้แม่สีผสมกันก็ได้ ถ้าเป็นการพิมพ์หลาย ๆ สี หรือสอตสีที่ใช้บล็อกสกรีนแยกสีก็ใช้สีตามที่กำหนด เมื่อพิมพ์แต่ละสีรวมกันแล้วก็จะเกิดเป็นรูปสีที่ต้องการ

การผสมระหว่างสีกับน้ำมันนั้น ดังได้กล่าวไว้ในตอนต้นแล้วว่า อัตราส่วนโดยประมาณตามที่ได้กำหนดก็จะทำให้น้ำมันกลายเป็นหมึกพิมพ์ที่มีความหนืดพอเหมาะ แต่เมื่อผสมทำเป็นน้ำหมึกแล้วยังมีส่วนที่ยังเป็นเม็ดสีอยู่หรือยังมีส่วนที่ยังไม่รวมตัวกันดีนำไปบดในหม้อบดหรือบดในโกร่ง ประมาณ 3-8 ชั่วโมง แล้วแต่ความหยาบละเอียดของสีที่ผสม เมื่อบดได้ที่แล้วก็นำไปใส่ภาชนะมีฝาปิดมิดชิดเพื่อรอการนำไปใช้

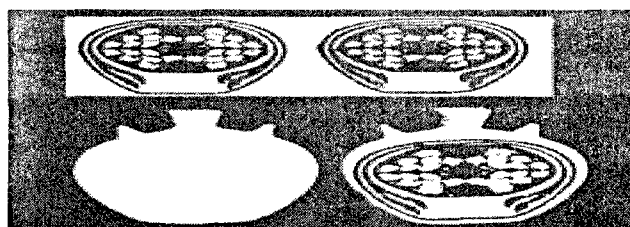
ขั้นตอนการพิมพ์สีลงบนกระดาษรูปลอก ถ้าใช้กระดาษรูปลอกชนิดฉาบขาว ก็ต้องพิมพ์หมึกที่ได้เตรียมไว้ลงไปในด้านที่มีกาวติดอยู่ด้านหนึ่ง ถ้าพิมพ์สอตสีก็ต้องพิมพ์สีให้เสร็จครบถ้วนทุกสีก่อน ปัญหาในการพิมพ์ที่พบบ่อย ๆ คือ การพิมพ์ไม่คมชัด หรือสกปรก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับหมึกพิมพ์เป็นสำคัญ เพราะการพิมพ์โดยหมึกพิมพ์ที่มีความเข้มข้นไม่เหมาะสมมักจะก่อให้เกิดปัญหาย่อย ๆ ปัญหารองลงมาคือ บล็อกซิลค์กรีนมีความมีความละเอียดไม่เหมาะสมบางครั้งพิมพ์ไปได้ไม่กี่ครั้งหมึกก็แห้ง อุดตัน จนไม่สามารถพิมพ์ต่อไปได้ ฉะนั้นสิ่งสำคัญในการพิมพ์รูปลอกก็คือ น้ำหมึกพิมพ์และบล็อกสกรีนต้องมีความเหมาะสม

ขั้นการพิมพ์ น้ำยาฉาบผิว(Covered Coat)นั้น เป็นตัวฉาบที่ลงบนสีที่พิมพ์อีกทีหนึ่งเพื่อเป็นตัวช่วยให้สีหลุดออกมาจากกระดาษโดยไม่เสียรูปทรง

ซึ่งสามารถแสดงเป็นแผนภาพได้ดังนี้



ภาพประกอบ 2 ขั้นตอนในการทำรูปลอกเซรามิกส์



ภาพประกอบ 3 ผลงานที่ยังไม่ติดรูปลอกกับผลงานที่ติดรูปลอกแล้ว

วิธีการใช้รูปลอกเซรามิกส์ และการเผาอบเพื่อให้สีจากรูปลอกติดแน่น หลังจากที่ได้ทำรูปลอกจนสำเร็จเรียบร้อยแล้ว ก็มาถึงขั้นสุดท้ายคือ การนำรูปลอกมาใช้ในการนำรูปลอกมาใช้นี้ต่างกับรูปลอกโดยทั่ว ๆ ไป วิธีการใช้รูปลอกมีดังนี้

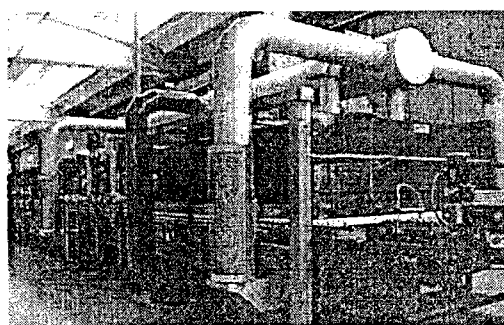
1. นำรูปลอกที่พิมพ์เสร็จแล้วแช่ลงในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิปกติ หลังจากแช่ไว้ประมาณ 1-2 นาที รูปลอกที่เป็นส่วนของน้ำยาฉาบผิวกับหมึกพิมพ์จะค่อย ๆ หลุดออกจากกระดาษขาว แต่เวลาจะใช้ควรใช้ขณะที่ยังไม่หลุดร่อนออกจากกระดาษ

2. เลื่อนแถบน้ำยาฉาบผิวกับหมึกพิมพ์ออกจากกระดาษโดยใช้มือค่อย ๆ เลื่อนออก พร้อมกับวางทาบลงบนผิวเซรามิกส์ที่เคลือบแล้ว

3. ใช้ยางปาดชนิดอ่อนหรือแปรงอ่อน ๆ รีดเพื่อไล่น้ำหรือฟองอากาศออก โดยรีดจากตรงกลางของรูปสู่ส่วนริมของรูป ไม่ต้องกดแรงมากนักเพราะถ้ากดแรงมากรูปจะบิดเบี้ยวได้

4.หลังจากการรีดเรียบดีแล้ว ก็นำไปผึ่งให้แห้งโดยใช้เวลาประมาณ 8-12 ชั่วโมงก่อนที่จะนำไปเผาอบในเตาเผา

5.การอบสีเพื่อให้สีของรูปลอกคงทนถาวร โดยอบสีที่อุณหภูมิประมาณ 950-1550 องศาเซลเซียส สีที่ใช้เป็นสีบนเคลือบ จะหลอมละลายติดกับพื้นผิวของเซรามิกส์เกือบจะเป็นเนื้อเดียวกันการชุบสีเพื่อให้สีลอกออกทำได้โดยยาก การอบสีนี้จะทำให้น้ำยาฉาบผิวสลายตัวออกไปในช่วงอุณหภูมิประมาณ 800 องศาเซลเซียส



ภาพประกอบ 4 เตาขนาดใหญ่ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

อย่างไรก็ตามสีที่อบอาจจะเกิดเป็นฟองอากาศหรือแตกกระแหงได้ ถ้าอุณหภูมิที่ใช้เผาอบไม่เหมาะสม การให้ความร้อนในการอบสูงขึ้นกว่า 30 องศาเซลเซียส ต่อนาที ในช่วง 500-700 องศาเซลเซียส จะมีผลให้สีพุพองหรือแตกกระแหงได้เช่นกัน แต่ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับสีที่ใช้ผสม ถ้าเป็นสีที่ทางโรงงานผลิตขึ้นเพื่อขาย จะมีข้อบ่งชี้กำกับอยู่ด้วยว่าให้ใช้ที่อุณหภูมิเท่าไร จึงจะเหมาะสม การเผาเผาในลักษณะไหน ระยะเวลาประมาณเท่าไร อย่างนี้เป็นต้น
(เวนิช สุวรรณโมลี.2527 : 51-58)

ตาราง 1 ปัญหาและการแก้ไขในการทำรูปลอกเซรามิกส์โดยวิธีซิลค์สกรีน

ขั้นตอน	สาเหตุ	ผลกระทบ	การป้องกัน/แก้ไข
1. การขึงผ้า	-ความตึงต่ำกว่ามาตรฐาน -ความตึงสูงกว่ามาตรฐาน	-หากทาวัดได้หนากว่าปกติ -หากทาวัดได้บางกว่าปกติ	-ขึงผ้าให้ได้ความตึงตามมาตรฐาน -ขึงผ้าให้ได้ความตึงตามมาตรฐาน
2. การทาเคลือบ	-กรอบสกรีนมีคราบขาวเกาะติดอยู่มาก	-ผ้าสกรีนหลุดระหว่างการนำกรอบไปใช้อัดสกรีนหรือใช้ในสายเคิลอบ	-ทำความสะอาดกรอบสกรีนอย่างสม่ำเสมอ เพื่อไม่ให้มีคราบขาวเกาะอยู่มากเกินไป
3. การติดฟิล์ม	-ทาได้บางหรือหนากว่ามาตรฐาน	-เก็บรายละเอียดของลวดลายได้แตกต่างกันไปเมื่อใช้เวลาในการฉายแสงเท่ากัน	-หากทาวัดให้ได้ความหนาตามมาตรฐาน
4. การฉายแสง	-กรอบขนาดเดียวกันติดฟิล์มได้ระยะต่างกันเกิน 2 มิลลิเมตร	-ในการพิมพ์ไม่สามารถตั้งลายให้ ตำแหน่ง ตรงกันได้	-ระมัดระวังการติดฟิล์ม และตรวจสอบไม่ให้ติดฟิล์มห่างกันเกิน 2 มม.
5. การฉีคล้าง	-ฟิล์มมีรอยถลอก หรือเป็นรอยตรงตำแหน่งที่เป็นลวดลาย	-สกรีนอุดตันในลาย	-ตรวจเช็คและเก็บรักษาฟิล์มให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์
6. การอุดลาย	-ใช้เวลาถ่ายต่างกันสำหรับการถ่ายสกรีนที่ใช้ฟิล์มเดียวกัน	-เก็บรายละเอียดของลวดลายได้ต่างกัน สกรีนจะมีความหนาต่างกัน	-เลือกใช้เวลาถ่ายให้ถูกต้องตามที่กำหนด
7. ปัญหาอื่น ๆ	-วิธีการฉีคล้างไม่สม่ำเสมอ	-สกรีนเดียวกันแต่เก็บรายละเอียดของลวดลายได้ไม่เท่ากัน	-ใช้วิธีในการฉีคล้างให้เหมือนกันทั้งหมด คือความแรงของน้ำต้องเท่ากันและสม่ำเสมอ
8. การอุดรอยร้าว	-การอุดรอยร้าว รอยตำแหน่งที่ไม่ได้ดูเปรียบเทียบกับฟิล์ม	-เกิดความแตกต่างของตำแหน่งที่อุดสำหรับสกรีนที่ใช้ฟิล์มเดียวกัน	-ใช้วิธีในการฉีคล้างให้เหมือนกันทั้งหมด คือความแรงของน้ำต้องเท่ากันและสม่ำเสมอ
9. ปัญหาอื่น ๆ	-กระจกมีคราบสกปรกติดอยู่ -ฟิล์มที่นำมาถ่ายมีฝุ่นเกาะหรือคราบสกปรกติดอยู่ -ฟิล์มต้นแบบมีจุดหรือลวดลายที่เกินจากลักษณะที่ต้องการ -บริเวณลวดลายของฟิล์มมีรอยขีดข่วนหรือเป็นช่องที่แสงทะลุผ่าน	-สกรีนมีรอยร้าว -เกิดปัญหาสกรีนร้าว	-ตรวจสอบรอยร้าวหรือ ตำแหน่งให้ยึดถือลักษณะตามฟิล์มเป็นหลัก -ต้องคอยตรวจสอบ ทำความสะอาดฟิล์ม และกระจกของเครื่องถ่ายอย่างสม่ำเสมอหรือทุกครั้งก่อนที่จะนำมาใช้งาน

1.4 ข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับกระเบื้อง

ผลิตภัณฑ์กระเบื้องบุผนังและปูพื้น กระเบื้องบุผนังจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำระหว่างร้อยละ 8 ถึง 18 กระเบื้องอาจมีเคลือบสีขาวหรือสีอื่น ๆ ส่วนกระเบื้องปูพื้นจะต้องไม่มีการดูดซึมน้ำ เนื้อผลิตภัณฑ์อาจมีสีขาวหรือสีอื่น ๆ เนื้อกระเบื้องมีลักษณะใกล้เคียงจะเป็นแก้ว ปัจจุบันผนังห้องน้ำส่วนมาก มักกรุด้วยกระเบื้องบุผนัง และพื้นก็มักปูด้วยกระเบื้องปูพื้น นอกจากนี้อาจใช้ในที่อื่น ๆ เช่น ในครัวบางแห่ง บริเวณนั่งเล่นรอบบ้าน หรือแม้แต่สระว่ายน้ำ เป็นต้น การใช้กระเบื้องก็มีข้อดี คือ ช่วยทำให้เกิดความสวยงาม เรียบร้อยและทำความสะอาดได้ง่าย

ส่วนผสมของเนื้อกระเบื้อง

ส่วนผสมของเนื้อดินปั้นกระเบื้องปูพื้นศึกษาได้ตามตาราง

ตาราง 2 แสดงตัวอย่างส่วนผสมวัตถุดิบและจุดสุกตัวของกระเบื้องปูพื้น

วัตถุดิบ	1	2	3	4
เฟลด์สปาร์	58	58	60	55
ควอทซ์	9	8	-	15
ดินขาว	32	32	38	25
ทัลคัม	-	2	2	-
แคลเซียมคาร์บอเนต	1	-	-	-
ดินเหนียว	-	-	-	5
จุดสุกตัว โคน	10	9	12	9

ปรีดา พิมพ์ขาว (2535:418)

จะเห็นว่าเนื้อดินปั้นเป็นชนิดไตรแอกเซียลและมีเฟลด์สปาร์เป็นส่วนผสมที่สูงเมื่อเผา ระหว่างโคน 9 และ 12 จะได้เนื้อผลิตภัณฑ์มีลักษณะใกล้เคียงจะเป็นแก้ว ไม่มีการดูดซึมน้ำถ้าต้องการกระเบื้องสี ก็เติมสีเซรามิกส์เข้าไปในเนื้อดินปั้นนั้นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นกระเบื้องบุผนังเตรียมได้ตามตาราง

ตาราง 3 แสดงตัวอย่างส่วนผสมวัตถุดิบและจุดสุกตัวของกระเบื้องบุผนัง

วัตถุดิบ	1	2	3	4	5	6	7
เฟลด์สปาร์	11	3	4	-	-	-	-
ควอทซ์	33	25	20	-	-	-	-
ไฟโรฟิลไลต์	-	15	15	-	-	-	-
ดินขาว	27	22	31	25	-	-	-
ดินเหนียว	29	25	20	25	40	28	30
ทัลคัม	-	10	10	30	60	67	70
วอลแลสโตไนท์	-	-	-	20	-	5	-
จุดสุกตัว โคน	10	6	5	01	03	03	03

ปรีดา พิมพ์ขาวขำ(2535:419)

จะเห็นว่าส่วนผสมเนื้อดินปั้นกระเบื้องบุผนังมีการเปลี่ยนแปลงได้หลายแบบ ปัจจุบันไม่นิยมใช้เนื้อดินปั้นชนิดไตรแอกเซียล ส่วนใหญ่มักใช้ทัลคัมผสม นอกจากนี้ก็มีไฟโรฟิลไลต์และวอลแลสโตไนท์ การเผาเนื้อดินปั้นชนิดไตรแอกเซียลจะต้องเผาถึงโคน 6 หรือ 10 แต่ในเนื้อดินปั้นที่มีทัลคัมเป็นส่วนผสมสูง ๆ จะเผาเพียงโคน 03 ถึง 1 ซึ่งจะทำให้กระเบื้องมีการดูดซึมระหว่างร้อยละ 8 ถึง 18

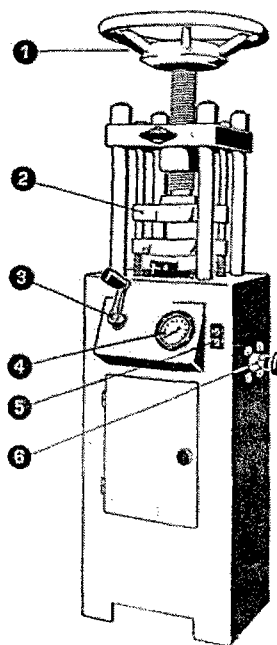
เคลือบที่ใช้กับกระเบื้องบุผนัง

ส่วนผสมของเคลือบสำหรับกระเบื้องบุผนังจะมีจุดสุกตัวต่ำประกอบด้วยฟritร้อยละ 20 ถึง 50 เคลือบควรมีการหดตัวปานกลางในขณะที่ปล่อยให้เย็นตัวลงผิวเคลือบอาจเป็นมันด้านหรือมีรูปร่างพิเศษ และอาจมีสีต่าง ๆ กัน ในอดีตการรานตัวของเคลือบเป็นปัญหามาก ถ้าเราสำรวจฝาผนังที่ได้บุกระเบื้องมานาน ๆ เราจะพบว่ากระเบื้องแทบทุกแผ่นมีการรานตัวมีหลายสาเหตุที่ทำให้เคลือบเกิดการรานตัว เป็นต้นว่า แรงเค้นเกิดจากการยึดกันระหว่างกระเบื้องกับฝาผนัง ซึ่งจะทำให้เกิดความเครียดขึ้นในกระเบื้อง และผลของการคลายความเครียดก็คือ การรานตัวของเคลือบบนแผ่นกระเบื้อง สาเหตุที่สำคัญอีกอันหนึ่งก็คือ ความชื้นทำให้เนื้อกระเบื้องขยายตัวจึงดึงเคลือบให้เกิดการรานตัว อุตสาหกรรมกระเบื้องบุผนังสมัยใหม่หันมาใช้เนื้อดินปั้นผสมด้วยทัลคัมเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาเรื่องการรานตัวได้มาก

กระบวนการผลิตกระเบื้อง

การผลิตกระเบื้องมีทั้งการผลิตแบบการทำเนื้อดินปั้นให้เป็นน้ำดินก่อน และแบบการผลิตแบบอัดดินแห้ง ๆ การผลิตแบบแรกเราสามารถใช้อัตตุบที่มีราคาถูก การผลิตแบบหลังวัตตุบดินแต่ละอย่างต้องเตรียมมาอย่างดี วัตตุบ สำหรับการผลิตแบบทำให้เป็นน้ำดินก่อน ดินจะถูกส่งมายังโรงงานเป็นก้อน ๆ แต่ถ้าการผลิตแบบผสมวัตตุบดินแห้ง ๆ ดินจะต้องผ่านการล้างมาเรียบร้อยแล้ว ส่วนพวกทอลล์และวัตตุบอื่น ๆ จะผ่านการบดมาจนได้ขนาด การเตรียมเนื้อดินปั้นโดยการทำให้เป็นน้ำดินก่อนนั้นเริ่มจากการชั่งวัตตุบ การกวนผสม การร่อนผ่านตะแกรง การอัดกรองเนื้อดินปั้น การอบเนื้อดินปั้นให้มีความชื้นร้อยละ 6 ถึง 10 ทำเนื้อดินปั้นให้เป็นผงละเอียด และร่อนอีกครั้งหนึ่ง แต่ปัจจุบันการเตรียมดินปั้นจะตัดการอัดกรองออกไป และให้น้ำดินผ่านไปยังเครื่องสเปรย์แห้ง เพื่ออบแห้งให้เป็นผง ผงนี้จะมีลักษณะเป็นเม็ดกลมเล็ก ๆ มีความชื้นที่พอเหมาะและมีการเคลื่อนตัวได้ดีเวลาอัดในแบบ

การเตรียมเนื้อดินปั้นโดยการผสมแห้ง วิธีนี้วัตตุบจะต้องผ่านการเตรียมมาเรียบร้อยแล้วมีขนาดละเอียดและแห้ง ชั่งวัตตุบตามส่วนผสมและผสมกันด้วยเครื่องผสม พร้อมกับพรมน้ำลงไปปริมาณที่ถูกต้องแล้วเข้าเครื่องทำให้เป็นฝุ่น แล้วจึงร่อนเก็บไว้ขึ้นรูปแผ่นกระเบื้องโดยวิธีอัด การอัดแผ่นกระเบื้อง ในโรงงานเล็ก ๆ หรือโรงงานเก่า ๆ อาจใช้เครื่องอัดด้วยมือชนิดขึ้นเกลียว ส่วนมากใช้กับแผ่นกระเบื้องที่มีรูปร่างพิเศษเท่านั้น ปัจจุบันจะใช้วิธีการขึ้นรูปด้วยการอัดแผ่นกระเบื้องโดยใช้เครื่องอัดโนมิตหรือกึ่งอัดโนมิต ซึ่งเครื่องอัดอาจเป็นแบบขึ้นเกลียวหรือใช้ไฮดรอลิก และเป็นที่นิยมใช้กันแพร่หลาย เครื่องนี้ทำงานโดยอาศัยความเสียดทาน ซึ่งควบคุมโดยอัดโนมิตและทำให้มีการอัดกระเบื้อง 2 จังหวะ จังหวะแรกจะเป็นการปล่อยให้อากาศในเนื้อดินปั้นหนีออกไป การอัดจังหวะที่สองจะทำให้แผ่นกระเบื้องแน่นยิ่งขึ้นเครื่องอัดขนาดใหญ่สามารถอัดกระเบื้อง ขนาด 8×8 นิ้วครึ่งละ 6 แผ่น และอัตราเร็วจะอัดได้ถึงนาทีละ 30 ครั้ง การทำให้แผ่นกระเบื้องมีความหนาแน่นสม่ำเสมอทั้งแผ่นจะต้องป้อนเนื้อดินปั้นลงในแบบให้เรียบเสมอกัน ซึ่งจะทำให้ได้โดยการใช้เนื้อดินปั้นที่มีการเคลื่อนตัวได้ดีและการออกแบบเครื่องป้อนเนื้อดินปั้นให้มีการสั่นที่เหมาะสม



ภาพประกอบ 5 เครื่องอัดกระเบื้องแบบไฮดรอลิก (ไทย-เยอรมันเซรามิค.2542 : 8-1)

จากภาพหมายเลข 1 คือ แป้นหมุนแบบบน

จากภาพหมายเลข 2 คือ แบบบน

จากภาพหมายเลข 3 คือ ที่หมุนให้มอเตอร์ขับเคลื่อนให้แบบล่างขึ้นประกบแบบบน

จากภาพหมายเลข 4 คือ เกจบอกค่าของความดัน

จากภาพหมายเลข 5 คือ สวิตช์ เปิด - ปิด มอเตอร์

จากภาพหมายเลข 6 คือ ตัวเร่งแรงดัน

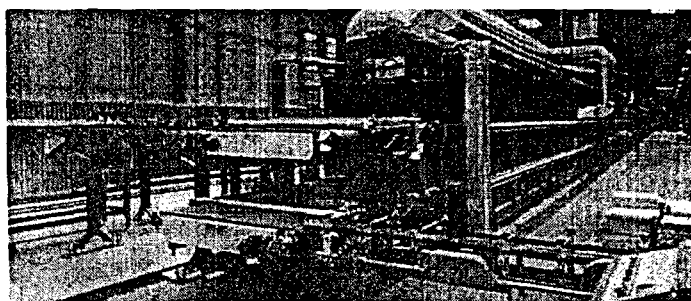
แผ่นกระเบื้องมักจะมีขอบมน แบบสำหรับอัดแผ่นกระเบื้องทำด้วยเหล็กหล่อ ที่มีอายุการใช้งานนาน ซึ่งทำด้วยโลหะผสมระหว่างเหล็กกล้ากับโครเมียมทำให้มีความแข็งแรงโดยการทำให้เย็นโดยเร็วในอากาศ การทำความสะอาดแผ่นกระเบื้องหลังจากการอัด เมื่อแผ่นกระเบื้องออกมาจากแบบตามขอบกระเบื้องจะมีครีบทึบติดอยู่ แต่ก่อนครีบทึบนี้ถูกขจัดออกไปโดยใช้เครื่องทำความสะอาดอัตโนมัติซึ่งมีหลายชนิด ขณะที่กระเบื้องเคลื่อนที่มาตามสายพาน ขอบทั้งสองข้างของกระเบื้องจะถูกับแถบของวัตถุที่ใช้สำหรับขัด อาจเป็นตะแกรงโลหะหรือที่ขัดที่ทำด้วยทั้งสแตนเลสสตีล แล้วกระเบื้องจะหมุนตัว 90 องศา และการปิดขอบของกระเบื้องก็ดำเนินไปอีกครั้งหนึ่ง

การเผาดิบ กระเบื้องบุผนังจะเรียงในหีบดินเรียงซ้อน ๆ กัน และเข้าเตาเผาได้เลย กระเบื้องจะไม่ติดกันเพราะการเผาดิบเผาที่อุณหภูมิต่ำ แต่กระเบื้องปูพื้นระหว่างแผ่นกระเบื้อง ต้องโรยด้วยทรายหรือซิลิกา เพราะว่กระเบื้องปูพื้นเผาอุณหภูมิสูงทรายจะช่วยทำให้แผ่นกระเบื้องไม่ติดกัน การเผามักจะทำในเตาอุโมงค์

การเคลือบ สมัยก่อนการชุบเคลือบกระเบื้องกระทำโดยการจุ่มแผ่นกระเบื้องลงในถังน้ำเคลือบ แต่ปัจจุบันการชุบเคลือบกระเบื้องทำโดยเครื่องพ่นอัตโนมัติลงบนแผ่นกระเบื้องซึ่งเคลื่อนที่มาบนสายพาน น้ำเคลือบที่ไม่เคลือบแผ่นกระเบื้องจะมีประมาณร้อยละ 30 ซึ่งสามารถเก็บรวบรวมกลับมาใช้ได้ใหม่ นอกจากจะเคลือบโดยวิธีการพ่นแล้ว อาจใช้วิธีปล่อยให้ น้ำเคลือบตกลงมาเป็นมันลงบนแผ่นเคลือบก็ได้ (สุชาติ ปลอดเปลื้อง.2513 : 38-58)

1.5 เตาและการเผาผลิตภัณฑ์กระเบื้อง

การเผากระเบื้องเผาเพียงครั้งเดียวจนถึงอุณหภูมิที่เนื้อกระเบื้องมีความแข็งแรงไม่ดูดซึมน้ำ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับส่วนผสมของเนื้อดินแต่ละส่วนผสม ซึ่งจะใช้อุณหภูมิการเผาแตกต่างกันออกไป การเผาดังต้องใช้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นช้า ๆ สม่าเสมอกันไม่เกินประมาณชั่วโมงละ 150 องศาเซลเซียส การเร่งให้อุณหภูมิเพิ่มเร็วเกินไปจะทำให้กระเบื้องแตกเสียหายและบิดเบี้ยวได้ โดยง่ายการจัดกระเบื้องเข้าเตาเผา ถึงแม้ว่ากระเบื้องที่ผลิตขึ้นจะไม่ได้ทำการเคลือบแต่ก็จะเป็นต้องใช้หีบดินที่ออกแบบเป็นพิเศษสำหรับใช้เผากระเบื้องโดยเฉพาะให้สีสม่ำเสมอ การเผาเคลือบ แผ่นกระเบื้องที่ชุบเคลือบแล้วจะเรียงไว้บนอุปกรณ์ดินเผาลักษณะกล่องสี่เหลี่ยมเป็นชั้น ๆ ไม่สัมผัสกัน แล้วจึงตั้งบนรถเพื่อเข้าเตาเผา ให้ความร้อนผ่านด้านล่างของกระเบื้องได้สะดวกทั่วถึงกัน ต้องปล่อยให้เย็นลงช้า ๆ จนถึงอุณหภูมิประมาณ 150 องศาเซลเซียส แล้วจึงนำผลิตภัณฑ์ออกจากเตาเผาได้



ภาพประกอบ 6 เตาเผาเซรามิกส์แบบเตาอุโมงค์

เตาเผาที่ใช้สำหรับเผากระเบื้องนั้น เห็นควรจะใช้เป็นเตาสี่เหลี่ยมหรือเตากลมแบบทางระบายความร้อนลง แต่ถ้าเป็นโรงงานขนาดใหญ่ ที่มีปริมาณการผลิตค่อนข้างสูง เตาเผา

แบบเตาอุโมงค์จะทำให้การเผาสะดวกรวดเร็ว เพิ่มผลผลิตมากขึ้น และต้นทุนในการเผาจะต่ำกว่าการเผาในเตาเผาแบบอื่น ที่จะต้องเสียเวลาในการบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผา เสียเวลาในการรอให้ผลิตภัณฑ์ ในเตาเผาเย็นหลังจากการเผาแล้ว และเสียเวลาในการเอาผลิตภัณฑ์ออกจากเตาซึ่งต้องใช้เวลาอย่างน้อย 7-10 วันต่อครั้ง(สุชาติ ปลอดเปลื้อง.2513 : 60-61)

บรรยากาศที่ใช้ในการเผา สามารถแบ่งภาวะการเผาได้เป็น 2 แบบ คือ การเผาแบบออกซิเดชัน และการเผาแบบรีดักชัน

การเผาแบบออกซิเดชัน หรือการเผาแบบสันดาปสมบูรณ์ คือ การเผาที่มีปริมาณออกซิเจนในอากาศภายในเตาขณะเผามีความพอดีกับการทำปฏิกิริยาต่อเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผานั้น เป็นการเผาชนิดที่ไม่มีควัน ตัวอย่างเช่น เตาไฟฟ้า หรือเตาเชื้อเพลิงอื่น เช่น แก๊ส หรือน้ำมัน แต่ต้องมีการปรับเพิ่มอากาศอย่างเหมาะสมต่อการเผา

การเผาแบบรีดักชัน หรือการเผาแบบสันดาปไม่สมบูรณ์ คือ การเผาที่มีปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้มากกว่าปริมาณออกซิเจนในอากาศภายในเตา ก่อให้เกิดต่าง ๆ จากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์นี้ เช่น แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมบางสี เช่น จากสนิมเหล็ก เป็นต้น การเผาเช่นนี้จะสามารถพบควันให้เห็น ตัวอย่างเตาที่ใช้เผาบรรยากาศนี้ เช่น เตาแก๊ส เตาน้ำมัน เป็นต้น

2. ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับวัตถุดิบของส่วนผสม

ในการทำฟritเพื่อการทำให้เป็นสารไม่ละลายน้ำ หรือความไม่เป็นพิษก็ตาม เพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ จำเป็นต้องรู้คุณสมบัติของสารเคมีประเภทต่าง ๆ ซึ่งมีคุณสมบัติที่ต่างกันไปใน การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการทำฟritดังต่อไปนี้

2.1 โซดาแอส

โซดาแอส (Soda ash) หรือ โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) เป็นสารประกอบที่มีความบริสุทธิ์สูงเป็นต่างอย่างแรง สามารถเตรียมได้จากน้ำทะเล หรือเตรียมจากกระบวนการทำแอมโมเนียมคาร์บอเนตไดออกไซด์ เป็นวัตถุดิบที่ราคาไม่แพง ละลายน้ำได้ดีใช้เป็นส่วนผสมของเคลือบได้ ทำหน้าที่เป็นฟลักซ์ นอกจากนั้นสามารถนำโซดาแอส ไปใช้เป็นตัวทำให้กระจาย (Defluculant) ในน้ำสลิปได้ดี การนำเอาโซดาแอสไปใช้ผสมทำเคลือบ จะให้ได้ผลดีควรจะเปลี่ยนสภาพให้อยู่ในรูปของฟrit เพราะสารชนิดนี้จะละลายน้ำได้ดี โซดาแอส จึงนิยมนำมาใช้ในปริมาณน้อยสำหรับเป็นสารลดแรงตึงผิวในของเหลวเช่นน้ำดิน และยังเพิ่มคุณสมบัติยึดหยุ่นในเนื้อดินตลอดจนยังทำให้เนื้อดินหดตัวน้อยลงอีกด้วย นอกจากนี้โซดาแอสยังเป็นสารสำคัญที่ให้โซเดียมซึ่งใช้ในการผลิตแก้วและฟrit(ปยุตพันธ์ พิชญ์ไพบุลย์.2538 : 143)

2.2 โพลีเทสเซียมเฟลด์สปาร์

เฟลด์สปาร์หรือแร่หินฟันม้าเป็นสารประกอบของอลูมิเนียมซิลิเกตของอัลคาไลด์และอัลคาไลด์เอิร์ท ที่พบและใช้มากในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ซึ่งเฟลด์สปาร์ใช้ในอุตสาหกรรมเซรา

มิกส์เพื่อเป็นตัวเริ่มก่อให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดเนื้อแก้วในผลิตภัณฑ์ ดังนั้นเฟลด์สปาร์จึงเป็นตัวเร่งและส่งเสริมให้มีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นแก้วและช่วยส่งเสริมให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติโปร่งแสงดีขึ้น เฟลด์สปาร์เป็นแหล่งให้อัลคาไลต์และอลูมินาแก่เคลือบและข้อดีที่ทำให้อุตสาหกรรมเซรามิกส์นำมาใช้ก็คือเฟลด์สปาร์มีราคาถูกและเป็นสารประกอบอัลคาไลต์ที่ไม่ละลายน้ำ (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์.2537: 18)

แร่เฟลด์สปาร์ที่พบมี 3 ชนิด คือ ออธोเคลส(Orthoclase)อัลไบต์(Abite)อนอไรต์ (Anorthite) เฟลด์สปาร์มีความสำคัญในการนำมาใช้เป็นส่วนผสมของเคลือบทุกชนิดโดยเฉพาะเคลือบไฟสูง และเป็นฟลักซ์สำคัญใช้ในการผสมเคลือบและดินปั้น เฟลด์สปาร์เป็นส่วนประกอบของหินแกรนิตซึ่งมีปรากฏอยู่โดยทั่วไปตามธรรมชาติ สารที่เป็นส่วนประกอบของแร่เฟลด์สปาร์ได้แก่ โซเดียม โพแทสเซียม หรือแคลเซียม อลูมินาและซิลิกา สูตรของเฟลด์สปาร์คือ โพแทสเซเฟลด์สปาร์($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$), โซเดียมเฟลด์สปาร์($Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$) ,แร่แอนนอร์ไรต์($CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$) ,แร่สปอดูมีน ($Li_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$)จะเห็นได้ว่าเฟลด์สปาร์แต่ละชนิดมีองค์ประกอบที่แตกต่างกันออกไป เฟลด์สปาร์ที่มีส่วนผสมของโซเดียมเป็นเฟลด์สปาร์ที่เหมาะสมอย่างยิ่งในการนำมาใช้เตรียมเคลือบ เนื่องจากการมีจุดหลอมตัวต่ำ

เฟลด์สปาร์มีประโยชน์อย่างยิ่งในการเตรียมเคลือบเพราะมีจุดหลอมตัวต่ำ เนื่องจากประกอบด้วยสารประเภทต่างของโพแทสเซียมและโซเดียม จึงใช้เป็นตัวช่วยในการหลอมละลายได้อย่างดี เมื่อเฟลด์สปาร์ได้รับความร้อนจนหลอมตัวลงก็จะทำให้สารตัวอื่น ๆ ในเนื้อเคลือบมีจุดหลอมตัวที่ต่ำลงกว่าเดิม เช่น การเติมสารไวทิงและโดโลไมต์ประมาณร้อยละ 5-10 เป็นผลทำให้เฟลด์สปาร์มีจุดหลอมตัวลดลงประมาณ 30 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่า การหลอมตัวของเฟลด์สปาร์ขึ้นอยู่กับปริมาณของโซเดียมโพแทสเซียม และลิเทียม ที่มีอยู่ในหินพื้นผิวแต่ละชนิด การเผาเคลือบที่อุณหภูมิสูง เช่น โคน 10 หรือสูงกว่า เคลือบที่มีส่วนผสมของเฟลด์สปาร์ในปริมาณมากจะง่ายต่อการรานและไหลตัวเนื่องจากปริมาณของโซเดียมและโพแทสเซียมมีมาก และยังให้สีค่อนข้างขุ่นหรือทึบแสงเล็กน้อย แร่บางชนิดมีปริมาณของโซเดียมและโพแทสเซียมที่สัมพันธ์กับปริมาณซิลิกาในตัวของมันเองทำให้มีคุณสมบัติคล้ายเฟลด์สปาร์เช่น แร่เนเฟลิไนไซยาไนต์ (Nepheline Syenite) ซึ่งมีจุดหลอมตัวต่ำ จึงนิยมใช้ผสมลงในเนื้อเคลือบโดยเฉพาะเคลือบที่เผาที่อุณหภูมิระดับกลาง นอกจากนี้ยังนิยมใช้เป็นส่วนประกอบของเนื้อดินอีกด้วย

การทำเหมืองแร่และการแต่งแร่เฟลด์สปาร์ โดยการระเบิดแหล่งแร่แล้วทำการคัดเลือกเสร็จจึงส่งไปยังโรงแต่งแร่ ส่วนประกอบของเฟลด์สปาร์ ส่วนใหญ่มีส่วนประกอบคงที่พอสมควรเว้นแต่อัตราส่วนของ โซเดียมและโพแทสเซียมเท่านั้นที่เปลี่ยนไป เฟลด์สปาร์ที่มีส่วนผสมของโซเดียมสูงจะใช้ในการผลิตแก้วและเคลือบ เฟลด์สปาร์ที่มีส่วนผสมของโพแทสเซียมสูงใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อดินปั้น เฟลด์สปาร์ที่มีส่วนผสมของเหล็กต่ำเหมาะสมสำหรับทำผลิตภัณฑ์ที่มีความขาว ใช้ในเคลือบที่ไม่ต้องการให้มีสีและใช้ในการผลิตแก้ว ประเทศไทยมีแหล่งเฟลด์สปาร์หลายแหล่งเช่น ที่จังหวัดตาก อุทัยธานี ราชบุรี เป็นต้น (วุฒิกานต์ สุขเสริม.2530 : 5 -17)

2.3 ควอทซ์

ควอทซ์หรือซิลิกา SiO_2 จุดหลอมละลาย 1,750 องศาเซลเซียส เป็นทรายแก้ว หรือ หินแก้วผลึกของแร่ควอทซ์ มีค่าความแข็ง 7 ทำให้บดละเอียดได้ยาก มีคุณสมบัติเป็นกรด ทำหน้าที่เป็นตัวทนไฟ ลดการไหลตัวของน้ำเคลือบทำให้ผิวเคลือบมีความแข็งแกร่งทนต่อรอยขีดข่วน ทนแรงกระแทก ทนฤทธิ์กรด และด่างได้ดี ในเคลือบอุณหภูมิสูงทุกชนิดมีปริมาณของควอทซ์ในสูตรร้อยละ 25-30 วัตถุดิบที่ให้ควอทซ์ได้แก่ หินควอทซ์, ฟลินท์, ซิลิกา ทรายแก้วบริสุทธิ์ และเฟลด์สปาร์ทุกชนิด มีการนำควอทซ์ไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง ทั้งนี้เนื่องมาจากควอทซ์เป็นแร่ที่หาง่ายและมีคุณสมบัติพิเศษทางกายภาพและทางเคมีที่แร่อื่นไม่มี ประโยชน์หลักของควอทซ์นอกเหนือจากการนำควอทซ์มาใช้ประโยชน์ในการก่อสร้าง เช่น เป็นมวลผสมในคอนกรีต และทำอิฐก่อสร้างได้แก่ การนำควอทซ์มาทำเป็นเครื่องประดับ เป็นวัสดุสำคัญในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และเครื่องมือทางแสง เป็นวัตถุดิบสำคัญในอุตสาหกรรมแก้วและอุตสาหกรรมเซรามิกส์อื่น ๆ เป็นสารขัดถูในอุตสาหกรรมขัดถู เป็นสารเติมในอุตสาหกรรมต่าง ๆ และเป็นวัตถุดิบพื้นฐานในการเตรียมสารประกอบซิลิกอน การแกะสลักและเจียรในควอทซ์เพื่อนำมาใช้เป็นเครื่องใช้และเครื่องประดับต่าง ๆ ในปัจจุบัน การแกะสลักควอทซ์เพื่อนำมาเป็นเครื่องใช้ที่มีความงามพิเศษนั้นเหลืออยู่น้อยมาก ยังคงเหลืออยู่แต่การนำควอทซ์มาเจียรในเป็นเครื่องประดับเท่านั้นควอทซ์ที่ใช้เป็นรัตนชาติเป็นควอทซ์ผลึกละเอียดที่มีความมันวาวและมีสีสวยตามความนิยม

ควอทซ์ที่อยู่ในรูปของทรายแก้วหรือทรายเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในอุตสาหกรรมแก้วและอุตสาหกรรมเซรามิกส์อื่น ๆ ในอุตสาหกรรมแก้วจะใช้ทรายแก้วในอัตราส่วนประกอบประมาณร้อยละ 35 ของวัตถุดิบทั้งหมดที่จะหลอมเป็นเนื้อแก้ว ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์อื่น ๆ ปริมาณของทรายแก้วที่ใช้ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบอื่นที่มีสารซิลิกาอยู่มากน้อยเท่าไร สารซิลิกาทั้งหมดในเนื้อเซรามิกส์ต่าง ๆ จะมีอยู่ประมาณร้อยละ 25 ของเนื้อเซรามิกส์ทั้งหมด การที่ทรายแก้วเป็นวัตถุดิบสำคัญในการทำแก้วมากกว่าควอตซ์ในรูปอื่น ๆ นั้นมีเหตุผลเนื่องมาจากทรายแก้วตามธรรมชาติมีขนาดเหมาะสมสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบโดยตรงอยู่แล้ว โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบด ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูง ควอทซ์มีซิลิกอนและออกซิเจน มีความคงทนทางเคมี ในสภาวะกดดันสูงจะละลายได้เล็กน้อยในสารละลายที่เป็นด่างและค่อนข้างทนทานต่อสารละลายของกรด แต่ละลายได้ดีในกรดกัดแก้ว (HF) ควอทซ์เกือบจะเป็นสารประกอบทางเคมีที่มีความบริสุทธิ์มากที่สุดและก็มีคุณสมบัติทางฟิสิกส์ที่คงที่ อย่างไรก็ตามจากผลวิเคราะห์โดยใช้สเปกโตรกราฟ แสดงให้เห็นว่าผลึกที่สมบูรณ์แบบก็ยังมีร่องรอยของธาตุอื่น ๆ ปนอยู่ด้วย เช่น ลิเทียม โซเดียม โพแทสเซียม อะลูมิเนียม เหล็ก แมงกานีส และไทเทเนียม(วิชัย กักเจริญทรัพย์ และคณะ.2535 : 6 -11)

ตัวอย่างแหล่งควอทซ์เขาด่าง ตำบลหินเหล็กไฟ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เกิดเป็นสายควอทซ์แทรกขึ้นมาในหินไนส์ กว้างประมาณ 4-10 เมตร ยาวประมาณ 100 เมตร

มีลักษณะคล้ายรูปเลนส์ ผลการวิเคราะห์ทางเคมี มีซิลิการ้อยละ 99.8 คาดว่ามีปริมาณแร่สำรองมากกว่า 91,000 เมตริกตัน

ตาราง 4 ผลผลิตของควอทซ์ในประเทศไทยตั้งแต่ พ.ศ. 2522-2529

	2522	2523	2524	2525	2526	2527	2528	2529
ตาก	-	-	-	1,280	2,780	1,240	342	-
ประจวบฯ	17,250	5,468	-	6,148	12,219	19,287	26,776	17,061
ราชบุรี	4,930	2,290	20	103	160	160	187	350
เพชรบุรี	-	-	-	-	-	-	-	657
ระยอง	60	70	-	-	-	-	-	-
รวมผลิต (เมตริกตัน)	22,240	7,828	20	7,531	15,159	20,687	27,325	18,068
มูลค่า(ล้านบาท)	5.3	1.9	0.005	1.8	3.6	12.9	26.7	10.6

กองเศรษฐกิจและเผยแพร่ กรมทรัพยากรธรณี พ.ศ.2535

2.4 อลูมินา

อลูมินาหรืออลูมิเนียมออกไซด์ จุดหลอมละลายที่ 2,050 องศาเซลเซียส มีคุณสมบัติเป็นตัวกลาง ทำให้เคลือบหนืดเกาะติดผิวดินได้ดีไม่ไหลจากตัวผลิตภัณฑ์ขณะเผาถึงจุดสุกตัวหลอม ละลาย ช่วยให้เคลือบที่ขังไม่ได้เผามีความแข็งแรงสามารถเกาะติดผิวผลิตภัณฑ์ได้แน่น ไม่หลุดเป็นฝุ่นติดมือขณะที่จับ หรือทำให้เคลือบมีตำหนิได้ง่าย ปกติเราใช้ดินขาวเป็นวัตถุดิบที่ให้อลูมินาในเคลือบ เคลือบเกือบทุกชนิด มีดินขาวอยู่ประมาณร้อยละ 10 ในสูตร เพื่อช่วยให้เคลือบลอยตัวไม่ตกตะกอน และช่วยให้เคลือบไม่หลุดเป็นฝุ่นและมีคุณสมบัติหนืดตัวในขณะที่เคลือบหลอมละลาย วัตถุดิบที่ให้อลูมินาได้แก่ ดินขาว ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ,อลูมินาไฮดรอกไซด์ ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์.2537 : 19)

2.5 แบเรียมคาร์บอเนต

แบเรียมคาร์บอเนต (BaCO_3) เป็นวัตถุดิบที่มีจุดหลอมละลายที่ 1,923 องศาเซลเซียส มีคุณสมบัติเป็นตัวหลอมละลายที่อุณหภูมิปานกลางถึงอุณหภูมิสูง 1,180–1,250 องศาเซลเซียส โดยปกติแล้วแบเรียมไม่ใช้ตัวหลอมละลายหลักจึงใช้เป็นตัวเร่งตัวหนึ่งในการหลอมละลายของเคลือบแต่ใช้ในปริมาณเพียงเล็กน้อยร้อยละ 3 ถ้าใช้เกินกว่านั้นก็ไม่ทำให้เคลือบ ละลายเร็วขึ้น ถ้าใช้เกินร้อยละ 20 ขึ้นไปในเคลือบ มักจะให้ผิวเคลือบด้านแทน เคลือบที่มีปริมาณของแบเรียมสูง ถ้าเผาเกินอุณหภูมิไปเล็กน้อย 20 - 30 องศาเซลเซียส จะเกิดตำหนิเป็นฟองบนผิวเคลือบ

หรือเคลือบเดือดพองปูด ๆ จึงต้องระวังในการเผาเป็นพิเศษโดยเผาต่ำกว่าอุณหภูมิเดิมสัก 20-30 องศาเซลเซียส แล้วใช้เวลาที่อุณหภูมิสูงสุดไว้ 10 นาที เคลือบจะมีคุณภาพดี ไม่เกิดตำหนิเป็นหลังการเผา (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์.2537 : 18)

แบบเรียมคาร์บอเนตเป็นแหล่งที่สำคัญของแบบเรียมออกไซด์ในน้ำเคลือบ การเตรียมแบบเรียมคาร์บอเนตทำได้โดยการสกัดจากแร่แบไรท์ โดยการตกตะกอนร่วมกับโซดาแอช และขจัดสารซัลไฟด์ออกไป แบบเรียมคาร์บอเนตมีคุณสมบัติเป็นสารทนความร้อนสูงทำให้เคลือบไฟต่ำที่ผสมสารตัวนี้มีพื้นผิวที่ด้าน แต่ที่อุณหภูมิสูงแบบเรียมคาร์บอเนตจะเปลี่ยนตัวเองเป็นสารฟลักซ์อย่างแรงตัวหนึ่ง แบบเรียมคาร์บอเนตเป็นสารมีพิษจึงควรใช้ความระมัดระวังในการจับถือ

3. การทดสอบคุณสมบัติของฟrit

ในการทดสอบคุณสมบัติต่างๆของฟrit สามารถแบ่งเป็นหัวข้อได้ดังต่อไปนี้

3.1 การหลอมตัวของฟrit

การทดสอบการหลอมตัวโดยใช้วิธีอัดโคน โดยนำเข้าเผาในเตาแล้วนำออกมาทิ้งไว้ให้เย็น ซึ่งพิจารณาจากการหลอมตัวที่สังเกตได้ในเรื่องความมันของผิว และรูปร่างของตัวอย่างเมื่อเผาแล้ว ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 8 ระดับดังนี้

ตาราง 5 ระดับการหลอมตัวโดยกำหนดเป็นระดับการหลอมตัวของโคน

ระดับการหลอมตัว	รูปทรงที่เกิดขึ้น	สิ่งที่ปรากฏ
1		ไม่หลอมผิวร่วนเปราะ
2		ไม่หลอม แต่มีการหดตัว ผิวด้าน เนื้อแน่น
3		เริ่มมีการหลอมตัวบ้างเล็กน้อย ผิวเริ่มเป็นมัน ยอดโคนแหลม
4		หลอมตัวดี ผิวมัน ยอดโคนแหลม
5		หลอมตัวดี ผิวมันยอดโคนเริ่มมน
6		หลอมตัวดี ผิวมัน ยอดโคนมน ฐานของโคนเริ่มโค้งมน
7		หลอมตัวดี ผิวมัน ยอดโคนหายไป ฐานของโคนขยายออกมาก ยังคงรูปทรงอยู่
8		หลอมตัวดีมาก ผิวมัน ลักษณะ โคนหายไป โดยแผ่ออกเป็นแผ่น ไม่มีรูปทรง

(ไทย-เยอรมันเซรามิค.2540 : 3-3)

การพิจารณา โดยใช้ระดับของโคน 5 ระดับคือ

โคนระดับ 7 เท่ากับ หลอมตัวดีมาก (AA)

โคนระดับ 6 เท่ากับ หลอมตัวดี (A)

โคนระดับ 5 เท่ากับ หลอมตัวบ้าง (B)

โคนระดับ 4 เท่ากับ หลอมตัวบ้าง ยอดโคนยังแหลม (C)

โคนระดับ 3 เท่ากับ เริ่มหลอมตัว(D)

3.2 ความสดใสหรือสีที่เกิดขึ้น

การตรวจสอบลักษณะความสดใสหรือสีที่เกิดขึ้นของผู้เชี่ยวชาญ โดยจัดทำตารางสำหรับการตรวจสอบคุณสมบัติตามรายละเอียดของระดับลักษณะความสดใส ซึ่งประยุกต์เกณฑ์การทดสอบจากบริษัทไทย-เยอรมัน เซรามิค อินดัสทรี (มหาชน) โดยแทนค่าได้ดังนี้

ระดับ AA หมายถึง ดีมาก

ระดับ A หมายถึง ดี

ระดับ B หมายถึง ปานกลาง

ระดับ C หมายถึง ปรับปรุง

ระดับ D หมายถึง ใช้ไม่ได้

3.3 ความคงทนต่อการแตกราน

การทดสอบการร้าว จะทำตามวิธีการดังนี้

- 1.จำนวนชิ้นทดสอบอย่างน้อย 3 แผ่น ในกรณีที่กระเบื้องมีขนาดใหญ่ให้ตัด แต่ควรนำกระเบื้องทุกชิ้นที่ถูกตัดมาทดสอบตามวิธี
- 2.ทำความสะอาดชิ้นทดลอง
- 3.ตรวจตำแหน่งบริเวณผิวหน้ากระเบื้อง(ชิ้นทดลองต้องไม่มีตำหนิใดๆที่ผิวหน้า)
- 4.นำชิ้นทดสอบใส่ในหม้ออบความดัน โดยไม่ให้ชิ้นงานแต่ละชิ้นสัมผัสกัน จากนั้นเพิ่มความดันเข้าไปถึงระดับ150PSI (159 ± 1 องศาเซลเซียส) และคงไว้เป็นเวลา 1 ชม.
- 5.ปิดความดัน ปลดปล่อยให้ความดันลดลงจนถึงความดันปกติและเก็บชิ้นทดสอบไว้ในหม้ออบความดันเป็นเวลา 30 นาที
- 6.นำชิ้นทดลองออกจากหม้ออบความดัน และปล่อยให้เย็น
- 7.นำสารละลายเมทาครีน บลูความเข้มข้นร้อยละ1ทาบริเวณผิวหน้ากระเบื้องทิ้งไว้ 1 นาทีจากนั้น ใช้ผ้าชุบน้ำเช็ดออก
- 8.ตรวจดูบริเวณผิวหน้ากระเบื้องว่ามีรอยร้าวหรือไม่

การตรวจสอบลักษณะลักษณะการร้าวของผู้เชี่ยวชาญ โดยจัดทำตารางสำหรับการตรวจสอบคุณสมบัติตามรายละเอียดของระดับลักษณะการร้าว ซึ่งประยุกต์เกณฑ์การทดสอบจากบริษัทไทย-เยอรมัน เซรามิค อินดัสทรี (มหาชน) โดยแทนค่าได้ดังนี้

ระดับ AA หมายถึง ดีมาก

ระดับ A หมายถึง ดี

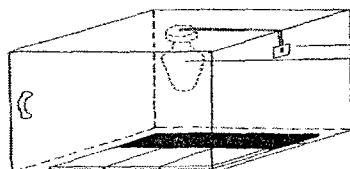
ระดับ B หมายถึง ปานกลาง

ระดับ C หมายถึง ปรับปรุง

ระดับ D หมายถึง ใช้ไม่ได้

3.4 สีหลังการเผาและการเปลี่ยนแปลงของสี

ตรวจสอบโดยใช้เครื่องมือ FASTNESS TESTER หลักการเป็นวิธีการทดสอบการเปลี่ยนแปลงของสีของกระเบื้องเคลือบเซรามิกส์โดยการพิจารณาสีที่เห็นเปรียบเทียบระหว่างด้านที่ไม่ถูกแสงซึ่งจะหุ้มแผ่นฟอยล์ กับด้านที่ถูกแสงอุลตรา ไวโอเลต เป็นเวลานาน 28 วัน



ภาพประกอบ 7 เครื่องตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงของสี

วิธีทดสอบ

1. นำกระเบื้องที่ต้องการทดสอบมาล้างให้สะอาดทำให้แห้ง
2. หุ้มกระเบื้องไว้ครึ่งหนึ่งโดยใช้ อลูมิเนียมฟอยล์ เป็นต้น เพื่อปิดไม่ให้กระเบื้องส่วนนี้ถูกแสง
3. นำไปวางไว้ในกล่องทดสอบโดยให้หลอดไฟห่างจากกระเบื้องทดสอบ 500 มม.
4. เปิดหลอดไฟให้แสงถูกกระเบื้องนาน 28 วัน อีก 4 ชั่วโมง (676 ชม.) โดยควบคุมให้อุณหภูมิที่หน้ากระเบื้องไม่เกิน 38 องศาเซลเซียส (ถ้าจำเป็นอาจทำให้เย็นโดยใช้ลมเป่าช่วย) เมื่อครบตามเวลาให้นำกระเบื้องออกมาแกะเอาฟอยล์ที่ปิดด้านหนึ่งออกเปรียบเทียบกับส่วนที่ถูกแสง

การตรวจสอบลักษณะลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสีของผู้เชี่ยวชาญ โดยจัดทำตารางสำหรับการตรวจสอบคุณสมบัติตามรายละเอียดของระดับลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสี ซึ่งประยุกต์เกณฑ์การทดสอบจากบริษัทไทย-เยอรมัน เซรามิค อินดัสทรี (มหาชน) โดยแทนค่าได้ดังนี้

- ระดับ AA หมายถึง ดีมาก
- ระดับ A หมายถึง ดี
- ระดับ B หมายถึง ปานกลาง
- ระดับ C หมายถึง ปรับปรุง
- ระดับ D หมายถึง ใช้ไม่ได้

3.5 ลักษณะผิวหน้าและตำหนิที่เกิดขึ้น

การตรวจสอบลักษณะลักษณะผิวหน้าและตำหนิที่เกิดขึ้นของผู้เชี่ยวชาญ โดยจัดทำตารางสำหรับการตรวจสอบคุณสมบัติตามรายละเอียดของระดับลักษณะผิวหน้าและตำหนิที่เกิดขึ้นซึ่งประยุกต์เกณฑ์การทดสอบจากบริษัทไทย-เยอรมัน เซรามิค อินดัสทรี (มหาชน) โดยแทนค่าได้ดังนี้

- ระดับ AA หมายถึง ดีมาก
- ระดับ A หมายถึง ดี
- ระดับ B หมายถึง ปานกลาง
- ระดับ C หมายถึง ปรับปรุง
- ระดับ D หมายถึง ใช้ไม่ได้

โดยที่ระดับลักษณะตำหนิ สามารถแทนค่าได้ดังนี้

- ตำหนิริ้วเข็มหมายถึง ลักษณะผิวของฟريتที่มีรอยรูเล็กๆเหมือนเข็มแทง
- เคลือบร่น หมายถึง ลักษณะฟريتที่มีการหลอมตัวติดกระเบื้องเป็นบางส่วน
- ฟองอากาศหมายถึง ลักษณะฟองที่ผิวของฟريت

3.6 ความทนทานต่อสารเคมี

การทดสอบความทนทานต่อสารเคมีของกระเบื้องโดยที่สารละลายกรดใช้กรดไฮโดรคลอริกและกรดซัลฟิวริก สารละลายด่าง ใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

การเตรียมสารละลายที่ใช้ในการทดสอบ

สารละลายกรด

1. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้นร้อยละ 3 เตรียมโดยใช้ กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น โดยที่ความเข้มข้นเท่ากับ 1.19 จำนวน 30 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นจนครบปริมาตร

2. สารละลายกรดซัลฟิวริก เตรียมโดยชั่ง สารละลายกรดซัลฟิวริก 100 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร

สารละลายด่าง

สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 3 เตรียมโดยชั่งโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 30 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร

การทดสอบความทนทานต่อกรด-ด่าง

1. วางแช่ กระเบื้อง ลงในภาชนะที่ใส่สารเคมี
2. เติมสารละลายกรด หรือ ด่าง ในภาชนะให้มีความสูง 2 เซนติเมตร

3.เก็บไว้ในห้อง (ประมาณ 25 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 7 วัน โดยเมื่อครบ 4 วันให้ทำการเปลี่ยนสารละลายใหม่ แล้วเก็บต่อจนครบ 7 วัน จึงเทสารละลายออก และล้างทำความสะอาดแล้วอบให้แห้ง

4.สังเกตความเปลี่ยนแปลงของผิวกระเบื้องที่สัมผัสกับสารละลายกรด-ด่าง

5.บันทึกการเปลี่ยนแปลง สังเกตการเปลี่ยนแปลงด้วยตา

การตรวจสอบลักษณะลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสีของผู้เชี่ยวชาญ โดยจัดทำตารางสำหรับการตรวจสอบคุณสมบัติตามรายละเอียดของระดับลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสี ซึ่งประยุกต์เกณฑ์การทดสอบจากบริษัทไทย-เยอรมัน เซรามิค อินดัสทรี (มหาชน) โดยแทนค่าได้ดังนี้

AA หมายถึง ความต้านทานดี ไม่มีสิ่งใดเปลี่ยนแปลง

A หมายถึง สังเกตการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

B หมายถึง สังเกตเห็นรอยที่เปลี่ยนแปลงมากกว่า A

C หมายถึง สังเกตเห็นรอยที่เปลี่ยนแปลงมากกว่า B

D หมายถึง เห็นรอยที่เปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน

(ไทย-เยอรมันเซรามิค.2542 : 1-14)

4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผลการทดลองของจุติโชติ บุญโชติ(2541:37) เรื่องการทำสีผงสำเร็จรูป โดยการนำกากตะกอนโลหะหนักของโรงงานชุบโลหะด้วยไฟฟ้า อลูมินา ควอर्थ และดินขาวระนอง ใช้เป็นวัตถุดิบ พบว่า สาเหตุที่ทำให้เคลือบเกิดการร้าว คือ เนื้อดินและน้ำเคลือบมีการหดตัว หรือขยายตัวไม่เท่ากัน สามารถแบ่งลักษณะการร้าวเป็น 2 อย่างใหญ่ๆ คือ การร้าวเป็นเส้นผอย และการร้าวเป็นเส้นห่าง วิธีแก้การร้าวทำได้ โดยลดปริมาณของฟลักซ์และเพิ่มควอर्थหรือแก้โดยเผาขึ้นไฟให้เวลานานขึ้นอีก หรือจะแก้โดยการไม่นำผลิตภัณฑ์ออกจากเตาในขณะที่มีความร้อนสูงอยู่

ผลการทดลองของสุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ (2534:45-47) พบว่า ในสูตรพริตมีส่วนผสมของโซดาแอส ร้อยละ22.4 บอแร็กซ์ ร้อยละ 52.4 เฟลสปาร์ ร้อยละ5.6 ควอर्थร้อยละ16.1 ไวทิงอีกร้อยละ 3.5 สามารถนำไปใช้เป็นเคลือบพริตโดยนำไปผสมกับไวทิงและควอर्थในอัตราส่วนดังนี้พริตร้อยละ40 ไวทิงร้อยละ 45และควอर्थร้อยละ15 สามารถลดอุณหภูมิการเผาเคลือบลง โดยเป็นการเผาที่ โคน 6

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองเพื่อหาอัตราส่วนผสมของฟริตที่เหมาะสมกับกระเบื้องบุผนัง มีขั้นตอนการทดลองดังนี้

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

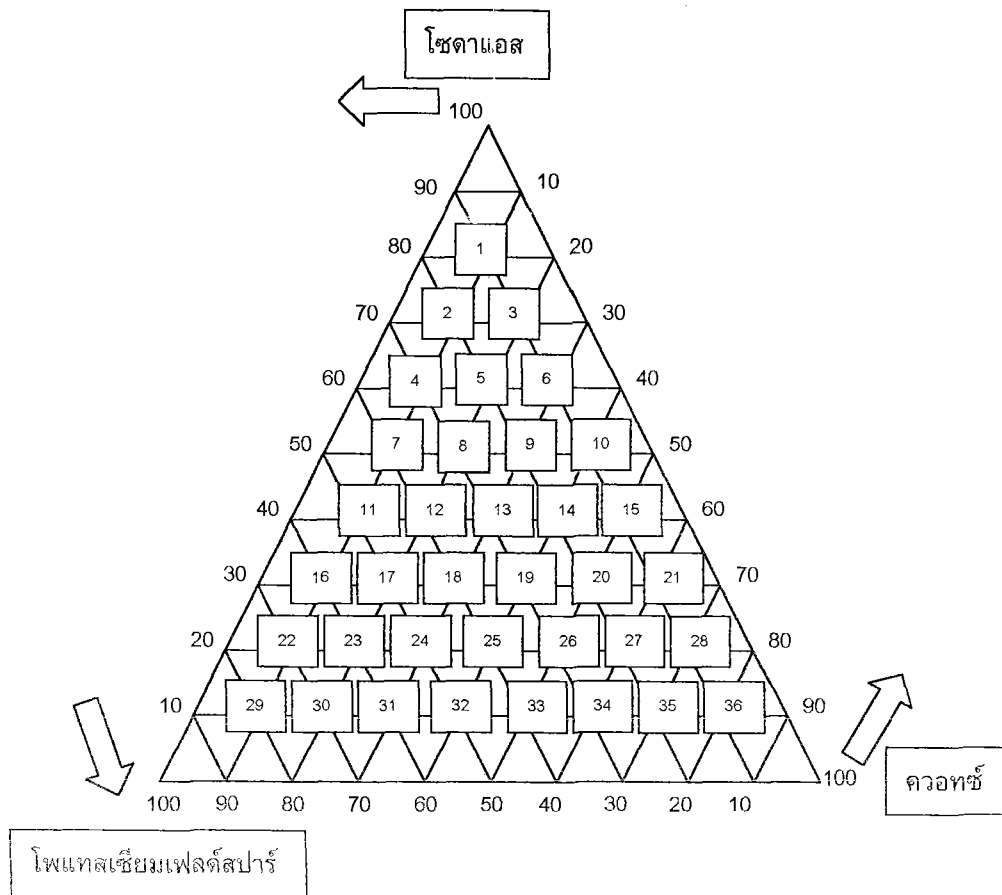
1.วัตถุดิบที่ใช้ทดลอง

ประกอบด้วยวัตถุดิบดังนี้คือ

1.1การทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าในการหาอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบดังนี้

- 1.1.1 โซดาแอส ที่มีความละเอียด 20 เมส
- 1.1.2 โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ จากจังหวัดตาก ที่มีความละเอียด 325 เมส
- 1.1.3 ควอทซ์ จากจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ที่มีความละเอียด 325 เมส
- 1.1.4 อลูมินา ที่มีความละเอียด 200 เมส
- 1.1.5 แบเรียมคาร์บอเนต ที่มีความละเอียด 325 เมส

1.2 การสุ่มตัวอย่างหาอัตราส่วนผสมระหว่างโซดาแอส โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ และควอทซ์ โดยใช้ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า และสุ่มตัวอย่างแบบจำเพาะเจาะจง ทั้งหมด 36 จุด ดังนี้



ภาพประกอบ 8 แสดงอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบบนตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าจำนวน 36 ส่วนผสม

ตาราง 6 แสดงอัตราส่วนผสมของพรีตสำหรับตกแต่งกระเบื้องบุผนังโดยการอ้างอิงจากภาพประกอบ 8

อัตราส่วนผสมที่ สูตรที่	วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมคิดเป็นจำนวนร้อยละ			
	โซดาแอส	โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์	ควอทซ์	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
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 การทดลองวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดตัวแปรดังนี้

2.1 ตัวแปรอิสระคือ อัตราส่วนผสมระหว่าง โซดาแอส โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ และ ควอทซ์ และบรรยากาศในการเผา

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

2.2.1 คุณสมบัติของอัตราส่วนผสมของ โซดาแอส โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ และ ควอทซ์ ในบรรยากาศออกซิเดชัน และรีดักชัน การทดสอบกับชิ้นทดลองมีดังนี้

2.2.1.1 การหลอมตัวของฟrit

2.2.2.2 ความสดใสหรือสีที่เกิดขึ้น

2.2.2.3 ความคงทนต่อการแตกราน

2.2.2 คุณสมบัติของอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดจากการทดลองตอนที่ 1 ของ โซดาแอส โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ และ ควอทซ์ ในบรรยากาศออกซิเดชัน และรีดักชัน ในการทดสอบกับกระเบื้องบุผนังมีดังนี้

2.2.2.1 สีหลังการเผาและการเปลี่ยนแปลงของสี

2.2.2.2 ลักษณะผิวหน้า หรือตำหนิที่เกิดขึ้น

2.2.2.3 ความทนทานต่อสารเคมี

3. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.1 เตาไฟฟ้า (electric kiln)

3.2 เตาแก๊ส (gas kiln)

3.3 เครื่องชั่งไฟฟ้าชนิดละเอียด มีหน่วยเป็นกรัมและมิลลิกรัม

3.4 หม้ออบเคลือบชนิดความเร็วสูง

3.5 ตะแกรงร่อนขนาด 120 และ 200 เมช

4. การดำเนินการวิจัย

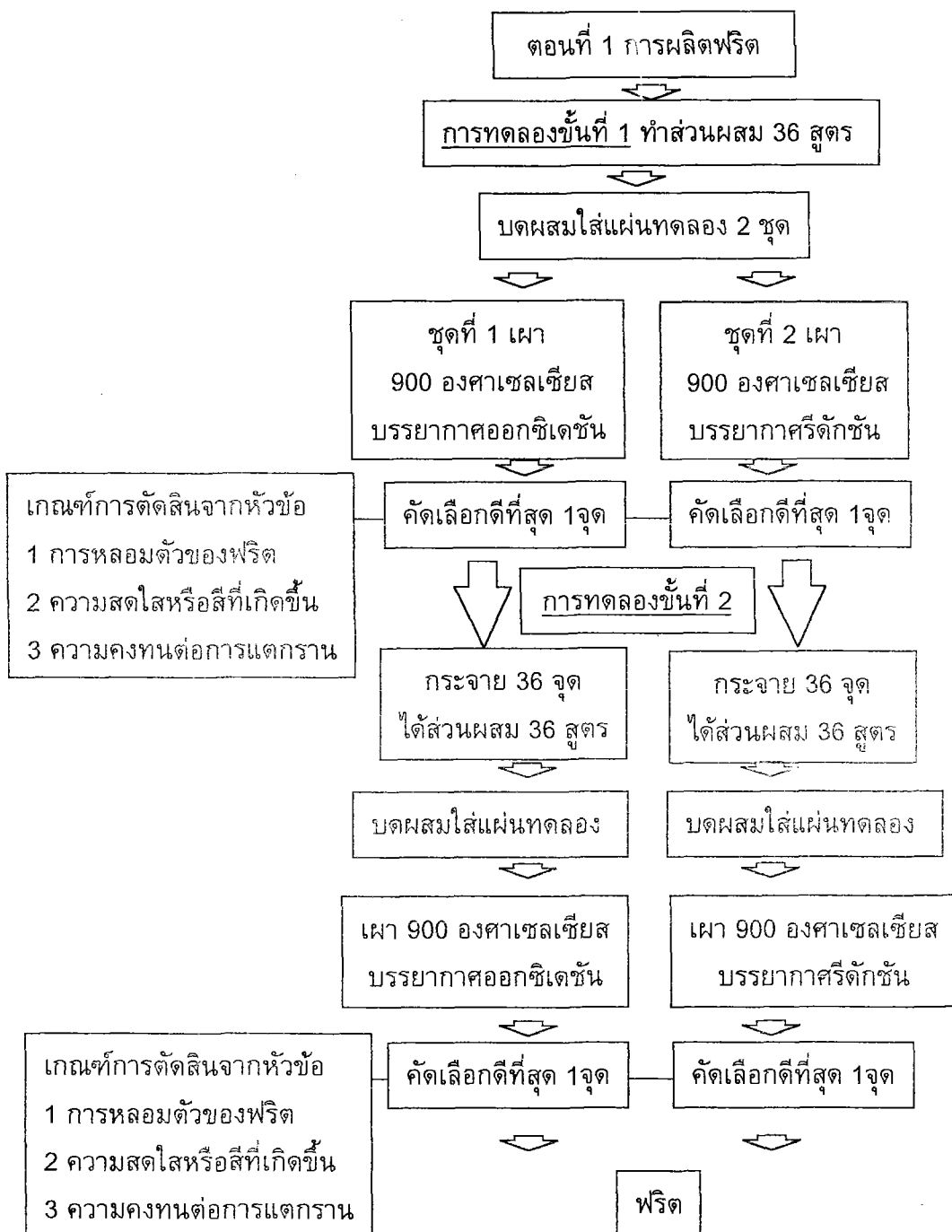
ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งการทดลองเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 การผลิตฟrit ทำได้ดังนี้คือ

การทดลองตอน 1 ขั้นที่ 1

1. นำวัตถุดิบมาชั่งตามอัตราส่วนผสมของฟrit จำนวน 1 กลุ่มทั้งหมด 36 สูตร จำนวน 2 ชุด เพื่อทดลองเผาที่ 2 บรรยากาศ
2. เผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส แบบบรรยากาศออกซิเดชันและรีดักชัน
3. คัดเลือกอัตราส่วนที่ดีที่สุดในการทดลอง

การทดลองตอน 1 ขั้นที่ 2

1. นำสูตรที่ดีที่สุดที่ได้จากการคัดเลือกมาหาอัตราส่วนผสมที่ละเอียดขึ้น
2. คัดเลือกอัตราส่วนที่ดีที่สุดจะได้ฟrit สำเร็จรูปดังเสนอโดยภาพประกอบ 9



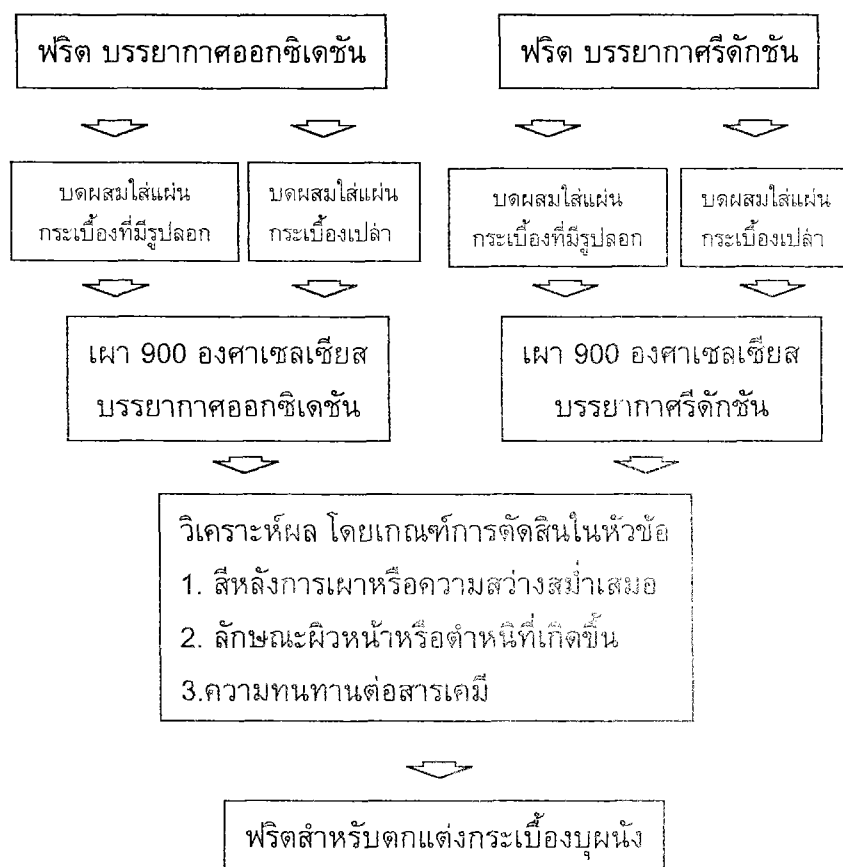
ภาพประกอบ 9 แสดงลำดับขั้นตอน 1 การผลิตฟริต

ตอนที่ 2 การทดสอบฟริตกับกระเบื้อง 203x203 มม. (ภาพประกอบ 10)

1. นำอัตราส่วนผสมจากขั้นตอนที่ 1 สู่ขั้นตอนการสกรีนลงบนแผ่นกระเบื้องเคลือบ
2. สกรีนผงฟริตทับให้เกาะติดกับการสุตรละ 2 ชุด และติดรูปลอกก่อนนำฟริตสกรีนทับสูตรละ 2 ชุด
3. นำไปเผาบรรยากาศออกซิเดชัน และรีดักชันที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส

4. ได้ชิ้นทดลองผลิตภัณฑ์ที่ใช้พริตตกแต่ง

5. นำมาวิเคราะห์ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญเทียบคุณสมบัติที่เกิดขึ้น



ภาพประกอบ 10 การทดสอบคุณสมบัติของพริต ตอนที่ 2

5. สถานที่และระยะเวลาที่ทำการทดลอง

5.1 สถานที่ในการทดลองครั้งนี้ ได้แก่

5.1.1 ภาควิชาเครื่องเคลือบดินเผา คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม

5.1.2 บริษัท บริมสโตน จำกัด ตั้งอยู่ที่ 111/97 หมู่ 6 ซอยโพธิ์แก้ว ถนนสุขุมวิท 111
แขวงคลองกุ่ม เขตบึงกุ่ม กรุงเทพมหานคร 10240

5.2 ระยะเวลาที่ทดลอง ผู้วิจัยดำเนินการทดลอง เป็นระยะเวลา 5 เดือน คือตั้งแต่
เดือนพฤศจิกายน 2542 ถึงมีนาคม 2543

6.การวิเคราะห์ข้อมูล

การทดลองครั้งนี้ผู้ทดลองได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามตารางการทดลองที่กำหนดขึ้น มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

6.1 การทดลองผลิตพริตโดยแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

6.1.1 การวิเคราะห์หาการหลอมตัวของพริต หลังการเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส โดยเปรียบเทียบผลกับตารางการหลอมตัวของโคน โดยการประยุกต์เกณฑ์ของบริษัทไทย-เยอรมัน เซรามิก จำกัดซึ่งมีอยู่ 5 ระดับ คือ

ระดับ AA หมายถึง ดีมาก หลอมตัวดีมาก

ระดับ A หมายถึง ดี หลอมตัวดี

ระดับ B หมายถึง ปานกลาง หลอมตัวดี ฐานเริ่มมน

ระดับ C หมายถึง ปรับปรุง หลอมตัวดียอดโคนเริ่มมน

ระดับ D หมายถึง ใช้ไม่ได้ หลอมตัวดี ยอดโคนแหลม

6.1.2 การตรวจสอบลักษณะความสดใสหรือสีที่เกิดขึ้นของผู้เชี่ยวชาญ โดยจัดทำตารางสำหรับการตรวจสอบคุณสมบัติตามรายละเอียดของระดับลักษณะความสดใส ซึ่งประยุกต์เกณฑ์การทดสอบจากบริษัทไทย-เยอรมัน เซรามิก อินดัสทรี (มหาชน) โดยแทนค่าได้ดังนี้

ระดับ AA หมายถึง ดีมาก

ระดับ A หมายถึง ดี

ระดับ B หมายถึง ปานกลาง

ระดับ C หมายถึง ปรับปรุง

ระดับ D หมายถึง ใช้ไม่ได้

6.1.3 การตรวจสอบลักษณะลักษณะการรานตัวของผู้เชี่ยวชาญ โดยจัดทำตารางสำหรับการตรวจสอบคุณสมบัติตามรายละเอียดของระดับลักษณะการรานตัว ซึ่งประยุกต์เกณฑ์การทดสอบจากบริษัทไทย-เยอรมัน เซรามิก อินดัสทรี (มหาชน) โดยแทนค่าได้ดังนี้

ระดับ AA หมายถึง ดีมาก

ระดับ A หมายถึง ดี

ระดับ B หมายถึง ปานกลาง

ระดับ C หมายถึง ปรับปรุง

ระดับ D หมายถึง ใช้ไม่ได้

6.2 การวิเคราะห์ผลผลการทดสอบพริต โดยแบ่งเป็นหัวข้อดังนี้

6.2.1 การวิเคราะห์สีหลังการเผาและการเปลี่ยนแปลงของสีกระเบื้อง โดยการพิจารณาสีที่เห็นได้จากการเผาเปรียบเทียบกับสีหลังการทดลอง การตรวจสอบลักษณะลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสีของผู้เชี่ยวชาญ โดยจัดทำตารางสำหรับการตรวจสอบคุณสมบัติตามราย

ละเอียดของระดับลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสี ซึ่งประยุกต์เกณฑ์การทดสอบจากบริษัทไทย-เยอรมัน เซรามิค อินดัสทรี (มหาชน) โดยแทนค่าได้ดังนี้

- ระดับ AA หมายถึง ดีมาก
- ระดับ A หมายถึง ดี
- ระดับ B หมายถึง ปานกลาง
- ระดับ C หมายถึง ปรับปรุง
- ระดับ D หมายถึง ใช้ไม่ได้

6.2.2 ลักษณะผิวหน้าและตำหนิที่เกิดขึ้นกระเบื้อง ลักษณะต่างๆหรือตำหนิของผิวหน้ากระเบื้องที่สังเกตด้วยตาเปล่า จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญด้านเซรามิกส์ การตรวจสอบลักษณะลักษณะผิวหน้าและตำหนิที่เกิดขึ้นของผู้เชี่ยวชาญ โดยจัดทำตารางสำหรับการตรวจสอบคุณสมบัติตามรายละเอียดของระดับลักษณะผิวหน้าและตำหนิที่เกิดขึ้นซึ่งประยุกต์เกณฑ์การทดสอบจากบริษัทไทย-เยอรมัน เซรามิค อินดัสทรี (มหาชน) โดยแทนค่าได้ดังนี้

- ระดับ AA หมายถึง ดีมาก
- ระดับ A หมายถึง ดี
- ระดับ B หมายถึง ปานกลาง
- ระดับ C หมายถึง ปรับปรุง
- ระดับ D หมายถึง ใช้ไม่ได้

โดยที่ระดับลักษณะตำหนิ สามารถแทนค่าได้ดังนี้

- ตำหนิรูเข็ม หมายถึง ลักษณะผิวของฟrit ที่มีรอยรูเล็กๆเหมือนเข็มแทง
- เคลือบร่น หมายถึง ลักษณะฟritที่มีการหลอมตัวติดกระเบื้องเป็นบางส่วน
- ฟองอากาศ หมายถึง ลักษณะฟองที่ผิวของฟrit

6.2.3 ความทนทานต่อสารเคมี โดยการนำกระเบื้องเคลือบที่ใช้ฟritในกระบวนการที่เสร็จสิ้นแล้วไปทดสอบกับสารเคมีในรูปสารละลายทั้งกรดและด่าง โดยตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงกับกระเบื้องหลังการทดสอบด้วยตาเปล่า การตรวจสอบลักษณะลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสีของผู้เชี่ยวชาญ โดยจัดทำตารางสำหรับการตรวจสอบคุณสมบัติตามรายละเอียดของระดับลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสี ซึ่งประยุกต์เกณฑ์การทดสอบจากบริษัทไทย-เยอรมัน เซรามิค อินดัสทรี (มหาชน) โดยแทนค่าได้ดังนี้

- ระดับ AA หมายถึง ความต้านทานดี ไม่มีสิ่งใดเปลี่ยนแปลง
- ระดับ A หมายถึง สังเกตการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย
- ระดับ B หมายถึง สังเกตเห็นรอยที่เปลี่ยนแปลงมากกว่า A
- ระดับ C หมายถึง สังเกตเห็นรอยที่เปลี่ยนแปลงมากกว่า B
- ระดับ D หมายถึง เห็นรอยที่เปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาอัตราส่วนผสมของฟริตสำหรับตกแต่งกระเบื้องบุผนังจากอัตราส่วนระหว่าง โซดาแอส โพแทสเซียม เฟลด์สปาร์และควอทซ์ ในอัตราส่วนร้อยละ 10-80 โดยใช้อัตราส่วนผสมที่ได้จากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งการวิจัยออกเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 การผลิตฟริต เป็นการทดลองเพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม โดยหาจุดที่ดีที่สุดตามเกณฑ์การผลิตฟริตโดยแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

- 1 การหลอมตัวของฟริต
- 2 ความสทใสหรือสีที่เกิดขึ้น
- 3 ความคงทนต่อการแตกราน

โดยที่การผลิตฟริตในตอนนี้ ทำได้ดังนี้คือ

การทดลองขั้นที่ 1

1. นำวัตถุดิบมาชั่งตามอัตราส่วนผสมของฟริตจำนวน 1 กลุ่มทั้งหมด 36 สูตร จำนวน 2 ชุด เพื่อทดลองเผาที่ 2 บรรยากาศ
2. เผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เผาแบบบรรยากาศออกซิเดชัน และรีดักชัน
3. คัดเลือกอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดในการทดลอง

การทดลองขั้นที่ 2

1. นำจุดที่ดีที่สุดที่ได้จากการคัดเลือกอัตราส่วนผสมจากการทดลองครั้งที่ 1 มาหาอัตราส่วนผสมที่ละเอียดขึ้น

2. คัดเลือกอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดจะได้ฟริต

ตอนที่ 2 การทดสอบฟริต เป็นการนำฟริตที่ได้จากตอนที่ 1 ไปทำการทดลองกับกระเบื้องขนาด 203x203 มม. ทั้งแบบมีรูปลอกติดและแบบไม่มีรูปลอกติดโดยแบ่งเป็นหัวข้อการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

- 1 สีหลังการเผาและการเปลี่ยนแปลงของสี
- 2 ดำหนึ่ที่เกิดขึ้นและลักษณะผิวหน้ากระเบื้อง
- 3 ความทนทานต่อสารเคมี

การทดสอบฟริตกับกระเบื้อง ทำได้ดังนี้คือ

1. นำอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดจากขั้นตอนที่ 1 ทำการสกรีนลงบนแผ่นกระเบื้องเคลือบ
2. สกรีนผงฟริตให้เกาะติดกับกาวสูตรละ 2 ชุด และติดรูปลอกก่อนนำฟริตสกรีนทับสูตรละ 2 ชุด

- 3.นำไปเผาบรรยากาศออกซิเดชัน และรีดักชันที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส
- 4.ได้ผลทดลองที่ใช้ฟritตกแต่งกับผลิตภัณฑ์กระเบื้องบุผนัง
- 5.นำผลทดลองมาวิเคราะห์ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญเทียบคุณสมบัติที่เกิดขึ้น

ตอนที่ 1

การทดลองขั้นที่ 1

นำวัตถุดิบมาซึ่งตามอัตราส่วนผสม แล้วนำไปเผาหลอมโดยเตาหลอมฟrit ได้ทั้งหมด 36 สูตรจำนวน 2 ชุด นำไปเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส ที่บรรยากาศออกซิเดชันและรีดักชัน ผลการทดลองโดยการประยุกต์เกณฑ์ของบริษัทไทยเยอรมันเซรามิกส์ โดยการใช้การลงความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน แสดงตามตาราง 7 และ 8 ตามลำดับ

ตาราง 7 ค่าเฉลี่ยของผลการทดลองขั้นที่ 1 เผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชันโดยการลงความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

สูตร ที่	การหลอมตัวของฟrit					ลักษณะความสไล					สีที่เกิดขึ้น	ความคงทนต่อการแตกราน					หมายเหตุ
	D	C	B	A	AA	D	C	B	A	AA		D	C	B	A	AA	
	ใช้ไม่ได้	ปรับปรุง	ปานกลาง	หลอมได้ดี	หลอมดีมาก	ใช้ไม่ได้	ปรับปรุง	ปานกลาง	ดี	ดีมาก		ใช้ไม่ได้	ปรับปรุง	ปานกลาง	ดี	ดีมาก	
1					/					/	เหลือง		/				
2					/					/	เหลือง		/				
3					/					/	เหลือง		/				
4					/					/	น้ำตาล		/				
5					/					/	น้ำตาล		/				
6				/						/	น้ำตาล		/				
7				/						/	น้ำตาล		/				
8***				/						/	น้ำตาล			/			สูตรที่เลือก
9				/					/		น้ำตาล			/			
10			/					/			น้ำตาล			/			
11			/					/			น้ำตาล			/			
12			/					/			น้ำตาล			/			
13		/				/					น้ำตาล						ไม่หลอมตัว
14		/				/					น้ำตาล						ไม่หลอมตัว
15		/				/					ขาว						ไม่หลอมตัว
16		/				/					ขาว						ไม่หลอมตัว
17		/				/					ขาว						ไม่หลอมตัว
18		/				/					ขาว						ไม่หลอมตัว
19		/				/					ขาว						ไม่หลอมตัว
20		/				/					ขาว						ไม่หลอมตัว
21		/				/					ขาว						ไม่หลอมตัว
22		/				/					ขาว						ไม่หลอมตัว

ตาราง 7(ต่อ)

สูตรที่	การหลอมตัวของฟริต					ลักษณะความสดใส					สีที่เกิดขึ้น	ความคงทนต่อการแตกราน					หมายเหตุ
	D	C	B	A	AA	D	C	B	A	AA		D	C	B	A	AA	
	ใช้ไม่ได้	ปรับปรุง	ปานกลาง	หลอมตัวดี	หลอมดีมาก	ใช้ไม่ได้	ปรับปรุง	ปานกลาง	ดี	ดีมาก		ใช้ไม่ได้	ปรับปรุง	ปานกลาง	ดี	ดีมาก	
23		/				/					ขาว						ไม่หลอมตัว
24		/				/					ขาว						ไม่หลอมตัว
25		/				/					ขาว						ไม่หลอมตัว
26		/				/					ขาว						ไม่หลอมตัว
27		/				/					ขาว						ไม่หลอมตัว
28	/					/					ขาว						ไม่หลอมตัว
29	/					/					ขาว						ไม่หลอมตัว
30	/					/					ขาว						ไม่หลอมตัว
31	/					/					ขาว						ไม่หลอมตัว
32	/					/					ขาว						ไม่หลอมตัว
33	/					/					ขาว						ไม่หลอมตัว
34	/					/					ขาว						ไม่หลอมตัว
35	/					/					ขาว						ไม่หลอมตัว
36	/					/					ขาว						ไม่หลอมตัว

จากตาราง 7 แสดงว่าผลการทดสอบอัตราส่วนผสมฟริตที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน พบว่า ระดับการหลอมตัวของสูตรที่ 1-5 หลอมตัวดีมาก สูตรที่ 6-9 หลอมตัวดี สูตรที่ 10-12 หลอมตัวปานกลาง สูตรที่ 13-27 การหลอมตัวต้องปรับปรุงและ สูตรที่ 28-36 การหลอมตัวใช้ไม่ได้ ลักษณะความสดใสของสูตรที่ 1-8 ในระดับดีมาก สูตรที่ 9 ในระดับดี สูตรที่ 10-12 ในระดับปานกลาง สูตรที่ 13-36 ในระดับใช้ไม่ได้ สีที่เกิดขึ้นของสูตรที่ 1-3 มีลักษณะสีเหลือง และสูตรที่ 4-14 มีสีน้ำตาล (light brown) และสูตรที่ 15-36 มีสีขาว และผลการทดสอบผลของความคงทนต่อการแตกรานของสูตรที่ 1-7 มีการแตกรานระดับปรับปรุง สูตรที่ 8-12 มีการแตกรานปานกลาง และสูตรที่ 13-36 สังเกตไม่พบการร้าวเนื่องจากไม่มีการหลอมตัว โดยผู้เชี่ยวชาญได้คัดเลือกสูตรที่ 8 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของโซดาแอสร้อยละ 50 โพแทสเซิลด์สปาร์ ร้อยละ 30 และควอทซ์ร้อยละ 20 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 3 และ 5 ตามลำดับ เนื่องจากลักษณะความสดใสมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดจากการลงความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ โดยอยู่ในระดับดีมาก เพื่อนำไปหาส่วนที่ละเอียดในการทดลองขั้นที่ 2 ต่อไป

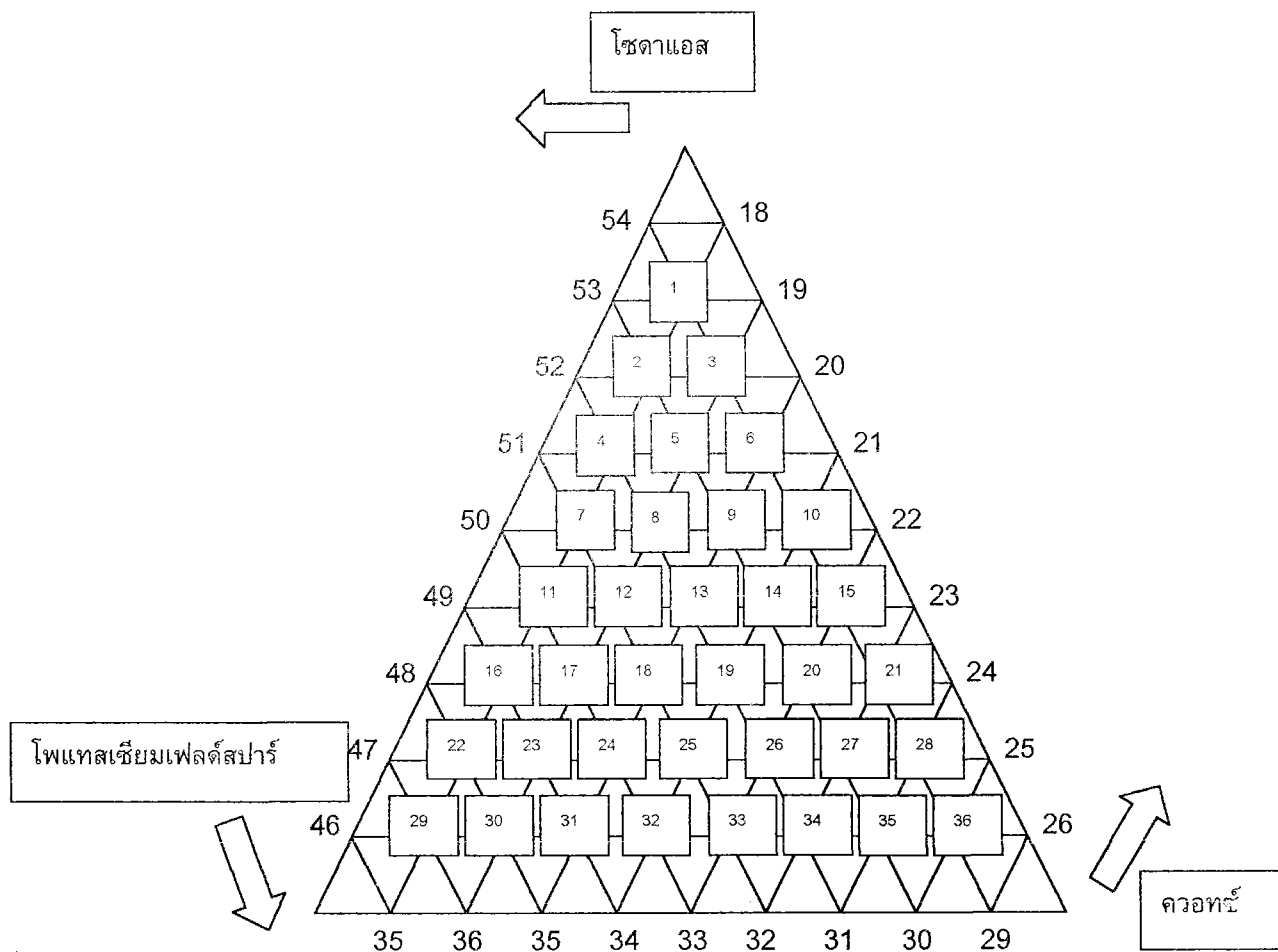
ตาราง 8 ค่าเฉลี่ยผลการทดลองขั้นที่ 1 เฝ้าที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส บรรยากาศ
รีดักชันโดยการลงความชื้นของผู้เชี่ยวชาญ

สูตร ที่	การหลอมตัวของฟrit					ลักษณะความสดใส					สิ่งที่เกิดขึ้น	ความคงทนต่อการแตกราน					หมายเหตุ
	D	C	B	A	AA	D	C	B	A	AA		D	C	B	A	AA	
	ใช้ไม่ได้	ปรับปรุง	ปานกลาง	หลอมตัวดี	หลอมดีมาก	ใช้ไม่ได้	ปรับปรุง	ปานกลาง	ดี	ดีมาก		ใช้ไม่ได้	ปรับปรุง	ปานกลาง	ดี	ดีมาก	
1					/					/	เหลือง		/				
2					/					/	เหลือง		/				
3					/					/	เหลือง		/				
4					/					/	เหลือง		/				
5					/					/	น้ำตาล		/				
6					/					/	น้ำตาล		/				
7				/						/	น้ำตาล		/				
8***				/						/	น้ำตาล		/				สูตรที่เลือก
9				/						/	น้ำตาล		/				
10				/						/	น้ำตาล		/				
11				/					/		น้ำตาล		/				
12				/					/		น้ำตาล		/				
13			/					/			น้ำตาล		/				
14			/					/			น้ำตาล		/				
15			/				/				ขาว		/				
16			/			/					ขาว		/				
17			/			/					ขาว		/				
18			/			/					ขาว		/				
19			/			/					ขาว						ไม่หลอมตัว
20		/				/					ขาว						ไม่หลอมตัว
21		/				/					ขาว						ไม่หลอมตัว
22		/				/					ขาว						ไม่หลอมตัว
23		/				/					ขาว						ไม่หลอมตัว
24	/					/					ขาว						ไม่หลอมตัว
25	/					/					ขาว						ไม่หลอมตัว
26	/					/					ขาว						ไม่หลอมตัว
27	/					/					ขาว						ไม่หลอมตัว
28	/					/					ขาว						ไม่หลอมตัว
29	/					/					ขาว						ไม่หลอมตัว
30	/					/					ขาว						ไม่หลอมตัว
31	/					/					ขาว						ไม่หลอมตัว
32	/					/					ขาว						ไม่หลอมตัว
33	/					/					ขาว						ไม่หลอมตัว
34	/					/					ขาว						ไม่หลอมตัว
35	/					/					ขาว						ไม่หลอมตัว
36	/					/					ขาว						ไม่หลอมตัว

จากตาราง 8 แสดงว่าผลการทดสอบอัตราส่วนผสมพริตที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส บรรยายการสัณฐาน พบว่า ระดับการหลอมตัวของสูตรที่ 1-6 หลอมตัวดีมาก สูตรที่ 7-12 และ 14 หลอมตัวดี สูตรที่ 13 และ 15-19 หลอมตัวปานกลาง สูตรที่ 20-23 การหลอมตัวต้องปรับปรุง และ สูตรที่ 24-36 การหลอมตัวใช้ไม่ได้ ลักษณะความสโตยของสูตรที่ 1-10 ในระดับดีมาก สูตรที่ 11, 12 ในระดับดี สูตรที่ 13, 14 ในระดับปานกลาง สูตรที่ 16-36 ในระดับใช้ไม่ได้ สีที่เกิดขึ้นของสูตรที่ 1-4 มีลักษณะสีเหลืองและสูตรที่ 5-14 มีสีน้ำตาล และสูตรที่ 15-36 มีสีขาว และผลการทดสอบผลของความคงทนต่อการแตกกรันของสูตรที่ 1-18 ระดับปรับปรุงและสูตรที่ 19-36 สังเกตไม่พบการร้าวเนื่องจากไม่มีการหลอมตัว โดยผู้เชี่ยวชาญได้คัดเลือกสูตรที่ 8 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของโซดาแอสร้อยละ 50 โพแทสเซิลด์สปาร์ร้อยละ 30 และควอทซ์ร้อยละ 20 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 3 และ 5 ตามลำดับ เนื่องจากลักษณะความสโตยมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดจากการลงความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ โดยอยู่ในระดับดีมาก เพื่อนำไปหาส่วนที่ละเอียดในการทดลองขั้นที่ 2 ต่อไป

การทดลองขั้นที่ 2

เป็นการนำสูตรที่ดีที่สุดของการทดลองครั้งที่ 1 มากระจายหาส่วนผสมที่จะเอียงขึ้น ดังภาพประกอบ 11 และนำไปเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส ที่บรรยากาศออกซิเดชันและรีดักชัน ซึ่งใช้เกณฑ์ประยุกต์จากบริษัทไทย-เยอรมันเซรามิค โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญ 3 คนในการแสดงความคิดเห็น ผลการทดลองแสดงตามตาราง 10 และ 11 ตามลำดับ



ภาพประกอบ 11 การกระจายหาส่วนผสมที่จะเอียงขึ้น จากสูตรที่ 8 ซึ่งเป็นสูตรที่ดีที่สุดที่สุดของการทดลองขั้นที่ 1

ตาราง 9 อัตราส่วนผสมของพรีตสำหรับตกแต่งกระเบื้องปูผนัง อ้างอิงจากภาพประกอบ 11

สูตรที่	วัสดุที่ใช้เป็นส่วนผสมคิดเป็นจำนวนร้อยละ			
	โซดาแอส	โพแทสเซียม เฟลด์สปาร์	ควอทซ์	รวม
1	53	29	18	100
2	52	30	18	100
3	52	29	19	100
4	51	31	18	100
5	51	30	19	100
6	51	29	20	100
7	50	32	18	100
8	50	31	19	100
9	50	30	20	100
10	50	29	21	100
11	49	33	18	100
12	49	32	19	100
13	49	31	20	100
14	49	30	21	100
15	49	29	22	100
16	48	34	18	100
17	48	33	19	100
18	48	32	20	100
19	48	31	21	100
20	48	30	22	100
21	48	29	23	100
22	47	35	18	100
23	47	34	19	100
24	47	33	20	100
25	47	32	21	100
26	47	31	22	100
27	47	30	23	100
28	47	29	24	100
29	46	36	18	100
30	46	35	19	100
31	46	34	20	100
32	46	33	21	100
33	46	32	22	100
34	46	31	23	100
35	46	30	24	100
36	46	29	25	100

ตาราง 10 ค่าเฉลี่ยผลการทดลองขั้นที่ 2 เฝ้าที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส บรรยากาศ
ออกซิเจนโดยการลงความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

สูตร ที่	การหลอมตัวของพรีต					ลักษณะความสโต					สีที่เกิดขึ้น	ความคงทนต่อการแตกกราน					หมายเหตุ
	D	C	B	A	AA	D	C	B	A	AA		D	C	B	A	AA	
	ใช้ไม่ได้	ปรับปรุง	ปานกลาง	หลอมดี	หลอมดีมาก	ใช้ไม่ได้	ปรับปรุง	ปานกลาง	ดี	ดีมาก		ใช้ไม่ได้	ปรับปรุง	ปานกลาง	ดี	ดีมาก	
1				/					/		น้ำตาล		/				
2				/					/		น้ำตาล		/				
3				/					/		น้ำตาล		/				
4				/					/		น้ำตาล		/				
5				/					/		น้ำตาล		/				
6				/					/		น้ำตาล		/				
7				/					/		น้ำตาล		/				
8				/					/		เหลือง		/				
9				/					/		เหลือง		/				
10				/					/		เหลือง		/				
11				/					/		เหลือง		/				
12				/					/		เหลือง			/			
13**				/						/	เหลือง			/			สูตรที่เลือก
14				/					/		เหลือง			/			
15				/					/		เหลือง			/			
16				/					/		น้ำตาล			/			
17				/					/		น้ำตาล			/			
18				/					/		น้ำตาล			/			
19				/					/		น้ำตาล			/			
20				/					/		น้ำตาล			/			
21				/					/		น้ำตาล			/			
22				/					/		น้ำตาล		/				
23				/					/		น้ำตาล		/				
24				/					/		น้ำตาล		/				
25				/					/		น้ำตาล		/				
26				/					/		น้ำตาล		/				
27				/					/		น้ำตาล		/				
28				/					/		น้ำตาล		/				
29				/					/		น้ำตาล		/				
30				/					/		น้ำตาล		/				
31				/					/		น้ำตาล		/				
32				/					/		น้ำตาล		/				
33				/					/		น้ำตาล		/				
34				/					/		น้ำตาล		/				
35				/					/		น้ำตาล		/				
36				/					/		น้ำตาล		/				

จากตาราง 10 แสดงว่าผลการทดสอบอัตราส่วนผสมพรีตที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน พบว่า ระดับการหลอมตัวของจุดที่ 1-36 หลอมตัวดี ลักษณะความสดใสของสูตรที่ 1-12 และ 14-36 ในระดับดี สูตรที่ 13 ในระดับดีมาก สีที่เกิดขึ้นของสูตรที่ 1-7 และสูตรที่ 16-36 มีลักษณะสีน้ำตาล และสูตรที่ 8-15 มีสีเหลือง และผลการทดสอบผลของความคงทนต่อการแตกรานของสูตรที่ 1-11 และ 22-36 มีการแตกรานระดับปรับปรุง สูตรที่ 12-20 มีระดับปานกลาง โดยผู้เชี่ยวชาญได้เลือกสูตรที่ 13 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของโซดาแอสร้อยละ 49 โพแทสเซิลด์สปาร์ร้อยละ 31 และควอทซ์ร้อยละ 20 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 3 และ 5 ตามลำดับ เนื่องจากลักษณะความสดใสมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดจากการลงความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก เพื่อทำการตรวจสอบคุณสมบัติในการทดลองตอนที่ 2 ต่อไป

ตาราง 11 ผลค่าเฉลี่ยการทดลองขั้นที่ 2 เมาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส บรรยากาศ
ออกซิเดชัน โดยการลงความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

สูตร ที่	การหลอมตัวของพรีต					ลักษณะความสดใส					สีที่เกิดขึ้น	ความคงทนต่อการแตกกราน					หมายเหตุ
	D	C	B	A	AA	D	C	B	A	AA		D	C	B	A	AA	
	ใช้ไม่ได้	ปรับปรุง	ปานกลาง	หลอมตัวดี	หลอมดีมาก	ใช้ไม่ได้	ปรับปรุง	ปานกลาง	ดี	ดีมาก		ใช้ไม่ได้	ปรับปรุง	ปานกลาง	ดี	ดีมาก	
1				/					/		น้ำตาล		/				
2				/					/		น้ำตาล		/				
3				/					/		น้ำตาล		/				
4				/					/		น้ำตาล		/				
5				/					/		น้ำตาล		/				
6				/					/		น้ำตาล		/				
7				/						/	น้ำตาล		/				
8				/						/	น้ำตาล		/				
9				/					/		น้ำตาล		/				
10				/					/		น้ำตาล			/			
11				/					/		น้ำตาล			/			
12				/					/		เหลือง			/			
13				/					/		เหลือง			/			
14				/					/		เหลือง			/			
15**				/					/		เหลือง			/			สูตรที่เลือก
16				/					/		เหลือง			/			
17				/					/		เหลือง			/			
18				/					/		เหลือง			/			
19				/					/		น้ำตาล			/			
20				/					/		น้ำตาล			/			
21				/					/		น้ำตาล			/			
22				/					/		น้ำตาล			/			
23				/					/		น้ำตาล		/				
24				/					/		น้ำตาล		/				
25				/					/		น้ำตาล		/				
26				/					/		น้ำตาล		/				
27				/					/		น้ำตาล		/				
28				/					/		น้ำตาล		/				
29				/					/		น้ำตาล		/				
30				/					/		น้ำตาล		/				
31				/					/		น้ำตาล		/				
32				/					/		น้ำตาล		/				
33				/					/		น้ำตาล		/				
34				/					/		น้ำตาล		/				
35				/					/		น้ำตาล		/				
36				/					/		น้ำตาล		/				

จากตาราง 11 แสดงว่าผลการทดสอบอัตราส่วนผสมฟริตที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส บรรยายการรืแตกชั้น พบว่า ระดับการหลอมตัวของสูตรที่ 1-36 หลอมตัวดี ลักษณะความสโตไล ของสูตรที่ 1-6 และ 9-36 ในระดับดี สูตรที่ 7 และ 8 ในระดับปานกลาง สีที่เกิดขึ้นของสูตรที่ 1-11 และสูตรที่ 19-36 มีลักษณะสีน้ำตาลและสูตรที่ 12-18 มีสีเหลือง และผลการทดสอบผลของความ คงทนต่อการแตกรานของสูตรที่ 1-9 และ 23-36 ระดับต้องปรับปรุง สูตรที่ 10-22 มีการแตกราน ระดับปานกลาง โดยผู้เชี่ยวชาญได้เลือกสูตรที่ 15 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของโซดาแอส ร้อยละ 49 โพแทสเซิลด์สปาร์ร้อยละ 29 และควอทซ์ร้อยละ 22 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนต และอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 3 และ 5 ตามลำดับ เนื่องจากค่าเฉลี่ยในเรื่องความคงทนต่อ การแตกรานมีค่ามากที่สุดจากการลงความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ โดยอยู่ในระดับปานกลาง โดย จะนำไปทำการตรวจสอบคุณสมบัติต่อไปในการทดลองตอนที่ 2

ตอนที่ 2

เป็นการทดสอบฟริต โดยนำฟริตที่ได้จากตอนที่ 1 โดยที่บรรยายการออกซิเดชันเลือก สูตรที่ 13 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของโซดาแอสร้อยละ 49 โพแทสเซิลด์สปาร์ร้อยละ 31 และควอทซ์ ร้อยละ 20 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 3 และ 5 ตามลำดับ และบรรยายการรืแตกชั้นเลือกสูตรที่ 15 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของโซดาแอสร้อยละ 49 โพแทสเซิลด์สปาร์ร้อยละ 29 และควอทซ์ร้อยละ 22 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตรา ส่วนคงที่ร้อยละ 3 และ 5 ตามลำดับไปทำการทดลองกับกระเบื้องขนาด 203x203 มม. การ ทดสอบฟริตกับกระเบื้อง ทำได้ดังนี้คือ

1. นำอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดจากขั้นตอนที่ 1 ทำการสกรีนลงบนแผ่นกระเบื้องเคลือบ
2. สกรีนผงฟริตให้เกาะติดกับกาวสูตรละ 2 ชุด และตีรูปลอกก่อนนำฟริตสกรีนทับ

สูตรละ 2 ชุด

3. นำไปเผาบรรยายการออกซิเดชัน และรืแตกชั้นที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส
4. ได้ผลทดลองที่ใช้ฟริตตกแต่งกับผลิตภัณฑ์กระเบื้องบุผนัง
5. นำผลทดลองมาวิเคราะห์ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญเทียบคุณสมบัติที่เกิดขึ้น

การทดสอบคุณสมบัติของฟริตในหัวข้อต่อไปนี้

- 1 การวิเคราะห์สีหลังการเผาและการเปลี่ยนแปลงของสีกระเบื้อง
- 2 การวิเคราะห์ตำหนิที่เกิดขึ้นและลักษณะผิวหน้ากระเบื้อง
- 3 การวิเคราะห์ความทนทานต่อสารเคมี

ตาราง 12 ผลค่าเฉลี่ยการทดสอบสีหลังการเผาการเปลี่ยนแปลงของสีชั้นที่ 2 เเผที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชันโดยการลงความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

บรรยากาศในการเผา	การทดสอบสีหลังการเผาการเปลี่ยนแปลงของสี				
	ใช้ไม่ได้	ปรับปรุง	ปานกลาง	ดี	ดีมาก
ออกซิเดชัน(สูตรที่13)					/
รีดักชัน(สูตรที่15)					/

จากตาราง 12 แสดงว่า ฟริตที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียสบรรยากาศออกซิเดชัน (สูตรที่ 13 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของโซดาแอสร้อยละ 49 โพแทสเซิลด์สปาร์ร้อยละ 31 และควอทซ์ ร้อยละ 20 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 3 และ 5 ตามลำดับ) และรีดักชัน(สูตรที่15ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของโซดาแอสร้อยละ 49 โพแทสเซิลด์สปาร์ร้อยละ 29 และควอทซ์ร้อยละ 22 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 3 และ 5 ตามลำดับ)หลังผ่านการทดสอบด้านสีหลังการเผาและการเปลี่ยนแปลงของสีไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ตาราง 13 การทดสอบลักษณะผิวหน้าหรือตำหนิที่เกิดขึ้นของฟريتในบรรยากาศออกซิเดชัน
และรีดักชัน

บรรยากาศ ในการเผา	ลักษณะผิวหน้า					ตำหนิที่เกิดขึ้น				หมายเหตุ
	ใช้ไม่ได้	ปรับปรุง	ปานกลาง	ดี	ดีมาก	รูเข็ม	เคลือบร่น	ฟองอากาศ	อื่นๆ	
1. ออกซิเดชัน(สูตรที่13)				/		/				
2. รีดักชัน(สูตรที่15)				/						

จากตาราง 13 แสดงว่าการเผาฟريتที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียสบรรยากาศออกซิเดชัน(สูตรที่ 13 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของโซดาแอสร้อยละ 49 โพแทสเฟลด์สปาร์ร้อยละ31 และควอทซ์ร้อยละ 20 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 3และ5ตามลำดับ) และรีดักชัน(สูตรที่15ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของโซดาแอสร้อยละ49โพแทสเฟลด์สปาร์ร้อยละ 29 และควอทซ์ร้อยละ 22 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 3และ5ตามลำดับ) โดยการทดสอบลักษณะผิวหน้าหรือตำหนิที่เกิดขึ้น มีลักษณะผิวหน้าเรียบในระดับดี และการทดลองในบรรยากาศออกซิเดชันมีตำหนิเข็มเกิดขึ้นเล็กน้อย สาเหตุจากการเผาเย็นไฟในเวลาที่สั้นเกินไป

ตาราง 14 การทดสอบความทนทานต่อสารเคมีของฟรุตในบรรยากาศออกซิเดชันและรีดักชัน

บรรยากาศ ในการเผา	กรดไฮโดร คลอริก					กรดซัลฟิวริก					สารละลาย โพแทสเซียม ไฮดรอกไซด์					หมายเหตุ
	เห็นรอยเปลี่ยนแปลงชัดเจน	เห็นรอยเปลี่ยนแปลงมากกว่าB	เห็นรอยเปลี่ยนแปลงมากกว่าA	สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย	ไม่มีสิ่งใดเปลี่ยนแปลง	เห็นรอยเปลี่ยนแปลงชัดเจน	เห็นรอยเปลี่ยนแปลงมากกว่าB	เห็นรอยเปลี่ยนแปลงมากกว่าA	สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย	ไม่มีสิ่งใดเปลี่ยนแปลง	เห็นรอยเปลี่ยนแปลงชัดเจน	เห็นรอยเปลี่ยนแปลงมากกว่าB	เห็นรอยเปลี่ยนแปลงมากกว่าA	สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย	ไม่มีสิ่งใดเปลี่ยนแปลง	
ออกซิเดชัน(สูตรที่13)			/						/					/		
รีดักชัน(สูตรที่15)				/				/						/		

จากตาราง 14 แสดงว่าการเผาฟรุตที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียสบรรยากาศออกซิเดชัน (สูตรที่ 13 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของโซดาแอสร่อยละ 49 โพแทสเซิลด์สปาร์ร่อยละ 31 และควอทซ์ร่อยละ 20 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร่อยละ 3 และ 5 ตามลำดับ) และรีดักชัน(สูตรที่15ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของโซดาแอสร่อยละ49โพแทสเซิลด์สปาร์ร่อยละ 29 และควอทซ์ร่อยละ 22 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร่อยละ 3 และ 5 ตามลำดับ)การทดสอบความทนทานต่อสารเคมีของฟรุตพบว่า ชั้นทดลองในบรรยากาศออกซิเดชันมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อแช่กรดไฮโดรคลอริกเห็นรอยการเปลี่ยนแปลงมากกว่าระดับA เป็นสีขุ่นด้านเล็กน้อย นอกนั้นในการแช่สารเคมีทั้งกรดซัลฟิวริกและสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย บรรยากาศรีดักชัน การทดสอบความทนทานต่อสารเคมีของฟรุตพบว่า ชั้นทดลองในบรรยากาศออกซิเดชันมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อแช่กรดซัลฟิวริกเห็นรอยการเปลี่ยนแปลงมากกว่าระดับA เป็นสีขุ่นด้านเล็กน้อย นอกนั้นในการแช่สารเคมีทั้งกรดไฮโดรคลอริกและสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

บทที่ 5

สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาอัตราส่วนผสมของฟริตสำหรับตกแต่งกระเบื้องบุผนังจากอัตราส่วนผสมระหว่าง โซดาแอส โปแทสเซียม เฟลด์สปาร์และควอทซ์ ในอัตราส่วนร้อยละ 10-80 โดยใช้อัตราส่วนผสมที่ได้จากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า

สังเขปความมุ่งหมาย สมมุติฐาน และวิธีการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อทดลองหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของฟริตสำหรับตกแต่งกระเบื้องบุผนังจากวัตถุดิบที่ใช้ คือ โซดาแอส โปแทสเซียมเฟลด์สปาร์ และควอทซ์ เเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน และ รีดักชัน

2. เพื่อทดสอบคุณสมบัติของฟริตสำหรับตกแต่งกระเบื้องบุผนัง ที่ได้ทำการทดลองแล้วในข้อที่ 1 โดยนำมาทำการทดสอบคุณสมบัติใน 3 ด้านดังนี้

- 2.1 การหลอมตัวของฟริต
- 2.2 ความสดใสหรือสีที่เกิดขึ้น
- 2.3 ความคงทนต่อการแตกกราน

3. เพื่อนำอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดของการทดลองสำหรับใช้กับกระเบื้องเคลือบที่เผาในบรรยากาศออกซิเดชันและรีดักชัน โดยมีการทดสอบคุณสมบัติใน 3 ด้านดังนี้

- 3.1 สีหลังการเผาและการเปลี่ยนแปลงของสี
- 3.2 ลักษณะผิวหน้าและตำหนิที่เกิดขึ้น
- 3.3 ความทนทานต่อสารเคมี

ตัวแปรที่ศึกษา

การทดลองวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดตัวแปรดังนี้

ตัวแปรอิสระ คืออัตราส่วนผสมระหว่าง โซดาแอส โปแทสเซียมเฟลด์สปาร์ และ ควอทซ์ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส และบรรยากาศในการเผา

ตัวแปรตาม ได้แก่

คุณสมบัติของอัตราส่วนผสมของโซดาแอส โปแทสเซียมเฟลด์สปาร์ และ ควอทซ์ ในบรรยากาศออกซิเดชัน และรีดักชัน ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส การทดสอบมีดังนี้

1. การหลอมตัวของฟริต
2. ความสดใสหรือสีที่เกิดขึ้น
3. ความคงทนต่อการแตกกราน

คุณสมบัติของอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดจากการทดลองตอนที่ 1 ของโซดาแอส โปแทสเซียมเฟลด์สปาร์ และ ควอทซ์ ในบรรยากาศออกซิเดชัน และรีดักชัน ในการทดสอบกับกระเบื้องบุผนังมีดังนี้

1. สีหลังการเผาและการเปลี่ยนแปลงของสี
2. ลักษณะผิวหน้า หรือตำหนิที่เกิดขึ้น
3. ความทนทานต่อสารเคมี

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าในการหาอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ ซึ่งประกอบด้วยวัตถุดิบดังนี้คือ

- โซดาแอส ที่มีความละเอียด 20 เมส
- โปแทสเซียมเฟลด์สปาร์ จากจังหวัดตาก ที่มีความละเอียด 325 เมส
- ควอทซ์ จากจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ที่มีความละเอียด 325 เมส
- อลูมินา ที่มีความละเอียด 200 เมส
- แบเรียมคาร์บอเนต ที่มีความละเอียด 325 เมส

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. เตาไฟฟ้า
2. เตาแก๊ส
3. เครื่องชั่งไฟฟ้าชนิดละเอียด มีหน่วยเป็นกรัมและมิลลิกรัม
4. หม้ออบเคลือบชนิดความเร็วสูง
5. ตะแกรงร่อนขนาด 120 และ 200 เมช
6. เครื่องวัดอุณหภูมิโดยใช้ไพโรเมตริกโคน

การดำเนินการวิจัย

ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งการทดลองเป็น 2 ตอน คือ
 ตอนที่ 1 การผลิตฟrit เป็นการทดลองเพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม โดยหาจุดที่ดีที่สุดตามเกณฑ์การผลิตฟrit การผลิตฟritในขั้นตอนนี้ ทำได้ดังนี้คือ
 การทดลองครั้งที่ 1

1. นำวัตถุดิบมาชั่งตามอัตราส่วนผสมของฟrit ที่คำนวณจากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า ทั้งหมด 36 สูตร จำนวน 2 ชุด เพื่อทดลองเผาที่ 2 บรรยากาศ
2. เผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เผาแบบบรรยากาศออกซิเดชัน และรีดักชัน

3.คัดเลือกอัตราส่วนที่ดีที่สุดในการทดลอง

การทดลองครั้งที่ 2

- 1.นำจุดที่ดีที่สุดที่ได้จากการคัดเลือกมาหาอัตราส่วนผสมที่จะเอียงขึ้น
- 2.คัดเลือกอัตราส่วนที่ดีที่สุดจะได้ฟริต

ตอนที่ 2 การทดสอบฟริต เป็นการนำฟริตที่ได้จากการทดลองตอนที่ 1 ไปทำการทดลองกับกระเบื้องขนาด 203x203 มม.ทั้งแบบมีรูปลอกติดและแบบไม่มีรูปลอกติด การทดสอบฟริตกับกระเบื้อง ทำได้ดังนี้คือ

- 1.นำอัตราส่วนผสมจากขั้นตอนที่ 1 สู่ขั้นตอนการสกรีนลงบนแผ่นกระเบื้องเคลือบ
- 2.สกรีนผงฟริตทับให้เกาะติดกับกาวสูตรละ 2 ชุด และติดรูปลอก นำฟริตทับลงไป
- 3.นำไปเผาบรรยากาศออกซิเดชัน และรีดักชันที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส
- 4.การทดสอบขั้นทดลองผลิตภัณฑ์ที่ใช้ฟริตตกแต่ง
- 5.นำขั้นทดลองมาวิเคราะห์ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญเทียบคุณสมบัติที่เกิดขึ้น

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการทดลองครั้งนี้ผู้ทดลองได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามตารางการทดลองที่กำหนดขึ้น มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

6.1 การทดลองผลิตฟริตโดยแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

6.1.1 การวิเคราะห์หาการหลอมตัวของฟริต หลังการเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส โดยเปรียบเทียบกับตารางการหลอมตัวของโคน โดยการประยุกต์เกณฑ์ของบริษัทไทย-เยอรมัน เซรามิค จำกัดซึ่งมีอยู่ 5 ระดับ คือ

- ระดับ AA หมายถึง ดีมาก หลอมตัวดีมาก
- ระดับ A หมายถึง ดี หลอมตัวดี
- ระดับ B หมายถึง ปานกลาง หลอมตัวดี ฐานเริ่มมน
- ระดับ C หมายถึง ปรับปรุง หลอมตัวดียอดโคนเริ่มมน
- ระดับ D หมายถึง ใช้ไม่ได้ หลอมตัวดี ยอดโคนแหลม

6.1.2 การตรวจสอบลักษณะความสดใสหรือสีที่เกิดขึ้นของผู้เชี่ยวชาญ โดยจัดทำตารางสำหรับการตรวจสอบคุณสมบัติตามรายละเอียดของระดับลักษณะความสดใส ซึ่งประยุกต์เกณฑ์การทดสอบจากบริษัทไทย-เยอรมัน เซรามิค อินดัสทรี (มหาชน) โดยแทนค่าได้ดังนี้

- ระดับ AA หมายถึง ดีมาก
- ระดับ A หมายถึง ดี
- ระดับ B หมายถึง ปานกลาง
- ระดับ C หมายถึง ปรับปรุง

ระดับ D หมายถึง ใช้ไม่ได้

6.1.3 การตรวจสอบลักษณะลักษณะการรันทัวของผู้เชี่ยวชาญ โดยจัดทำตารางสำหรับการตรวจสอบคุณสมบัติตามรายละเอียดของระดับลักษณะการรันทัว ซึ่งประยุกต์เกณฑ์การทดสอบจากบริษัทไทย-เยอรมัน เซรามิค อินดัสทรี (มหาชน) โดยแทนค่าได้ดังนี้

ระดับ AA หมายถึง ดีมาก

ระดับ A หมายถึง ดี

ระดับ B หมายถึง ปานกลาง

ระดับ C หมายถึง ปรับปรุง

ระดับ D หมายถึง ใช้ไม่ได้

6.2 การวิเคราะห์ผลการทดสอบฟริต โดยแบ่งเป็นหัวข้อดังนี้

6.2.1 การวิเคราะห์สีหลังการเผาและการเปลี่ยนแปลงของสีกระเบื้อง โดยการพิจารณาที่เห็นได้จากการเผาเปรียบเทียบกับสีหลังการทดลอง การตรวจสอบลักษณะลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสีของผู้เชี่ยวชาญ โดยจัดทำตารางสำหรับการตรวจสอบคุณสมบัติตามรายละเอียดของระดับลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสี ซึ่งประยุกต์เกณฑ์การทดสอบจากบริษัทไทย-เยอรมัน เซรามิค อินดัสทรี (มหาชน) โดยแทนค่าได้ดังนี้

ระดับ AA หมายถึง ดีมาก

ระดับ A หมายถึง ดี

ระดับ B หมายถึง ปานกลาง

ระดับ C หมายถึง ปรับปรุง

ระดับ D หมายถึง ใช้ไม่ได้

6.2.2 ลักษณะผิวหน้าและตำหนิที่เกิดขึ้นกระเบื้อง ลักษณะต่างๆหรือตำหนิของผิวหน้ากระเบื้องที่สังเกตด้วยตาเปล่า จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญด้านเซรามิกส์ การตรวจสอบลักษณะลักษณะผิวหน้าและตำหนิที่เกิดขึ้นของผู้เชี่ยวชาญ โดยจัดทำตารางสำหรับการตรวจสอบคุณสมบัติตามรายละเอียดของระดับลักษณะผิวหน้าและตำหนิที่เกิดขึ้นซึ่งประยุกต์เกณฑ์การทดสอบจากบริษัทไทย-เยอรมัน เซรามิค อินดัสทรี (มหาชน) โดยแทนค่าได้ดังนี้

ระดับ AA หมายถึง ดีมาก

ระดับ A หมายถึง ดี

ระดับ B หมายถึง ปานกลาง

ระดับ C หมายถึง ปรับปรุง

ระดับ D หมายถึง ใช้ไม่ได้

โดยที่ระดับลักษณะตำหนิ สามารถแทนค่าได้ดังนี้

ตำหนิรูเข็ม หมายถึง ลักษณะผิวของฟริตที่มีรอยรูรูเล็กๆเหมือนเข็มแทง

เคลือบร่น หมายถึง ลักษณะฟริตที่มีการหลอมตัวติดกระเบื้องเป็นบางส่วน

ฟองอากาศ หมายถึง ลักษณะฟองที่ผิวของพรีต

6.2.3 ความทนทานต่อสารเคมี โดยการนำกระเบื้องเคลือบที่ใช้พรีตในกระบวนการที่เสร็จสิ้นแล้วไปทดสอบกับสารเคมีในรูปสารละลายทั้งกรดและด่าง โดยตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงกับกระเบื้องหลังการทดสอบด้วยตาเปล่า การตรวจสอบลักษณะลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสีของผู้เชี่ยวชาญ โดยจัดทำตารางสำหรับการตรวจสอบคุณสมบัติตามรายละเอียดของระดับลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสี ซึ่งประยุกต์เกณฑ์การทดสอบจากบริษัทไทย-เยอรมัน เซรามิก อินดัสทรี (มหาชน) โดยแทนค่าได้ดังนี้

- ระดับ AA หมายถึง ความต้านทานดี ไม่มีสิ่งใดเปลี่ยนแปลง
- ระดับ A หมายถึง สังเกตการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย
- ระดับ B หมายถึง สังเกตเห็นรอยที่เปลี่ยนแปลงมากกว่า A
- ระดับ C หมายถึง สังเกตเห็นรอยที่เปลี่ยนแปลงมากกว่า B
- ระดับ D หมายถึง เห็นรอยที่เปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน

สรุปผลการศึกษาค้นคว้า

การวิจัยหาอัตราส่วนผสมของ โซดาแอส โพลเทสเซียมเฟลด์สปาร์และควอทซ์โดยมีการเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนต และอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน และ รีดักชัน ได้ผลการทดลองดังนี้

ตอนที่ 1 การผลิตพรีต การทดลองได้แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน สรุปผลการทดลองได้ดังต่อไปนี้
การทดลองขั้นที่ 1

ผลการทดสอบอัตราส่วนผสมพรีตที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส จากการเผาที่บรรยากาศออกซิเดชัน พบว่า สูตรที่ 8 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของโซดาแอสร้อยละ 50 โพลเทสเฟลด์สปาร์ร้อยละ 30 และควอทซ์ร้อยละ 20 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 3 และ 5 ตามลำดับ มีความเหมาะสมในการหาส่วนที่ละเอียดต่อไปในการทดลองขั้นที่ 2 เนื่องจากระดับการหลอมตัวอยู่ในระดับหลอมตัวดี ลักษณะความสโตไออยู่ในระดับดีมาก สีที่เกิดขึ้นมีลักษณะสีน้ำตาล และผลการทดสอบผลของความคงทนต่อการแตกกราน มีการแตกกรานเป็นบริเวณ

ผลการทดสอบอัตราส่วนผสมพรีตที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส บรรยากาศรีดักชัน พบว่า สูตรที่ 8 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของโซดาแอสร้อยละ 50 โพลเทสเฟลด์สปาร์ร้อยละ 30 และควอทซ์ร้อยละ 20 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 3 และ 5 ตามลำดับ มีความเหมาะสมในการหาส่วนที่ละเอียดต่อไปในการทดลองขั้นที่ 2 เนื่องจากระดับการหลอมตัวอยู่ในระดับหลอมตัวดี ลักษณะความสโตไออยู่ในระดับดีมาก สีที่เกิดขึ้นมีลักษณะสีน้ำตาล และผลการทดสอบพบว่าความคงทนต่อการแตกกรานมีมากเป็นบริเวณ

การทดลองขั้นที่ 2

ผลการทดสอบอัตราส่วนผสมของฟริต ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียสบรรยากาศออกซิเดชัน พบว่า สูตรที่ 13 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของโซดาแอสร้อยละ 49 โพแทสเซิลต์สปาร์ร้อยละ 31 และควอทซ์ร้อยละ 20 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 3 และ 5 ตามลำดับ มีความเหมาะสมในการทดลองต่อไปในตอนที่ 2 เนื่องจากการลงความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญโดยเลือกค่าเฉลี่ยที่มาก พบว่า ระดับการหลอมตัวอยู่ในระดับหลอมตัวดี ลักษณะความสโตไออยู่ในระดับดีมาก สีที่เกิดขึ้นมีลักษณะสีเหลือง และผลการทดสอบผลของความคงทนต่อการแตกกรันมีการแตกกรันเป็นบริเวณ

ผลการทดสอบอัตราส่วนผสมฟริตที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส บรรยากาศรีดักชัน พบว่าสูตรที่ 15 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของโซดาแอสร้อยละ 49 โพแทสเซิลต์สปาร์ร้อยละ 29 และควอทซ์ร้อยละ 22 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 3 และ 5 ตามลำดับ มีความเหมาะสมในการทดลองต่อไปในตอนที่ 2 เนื่องจากการลงความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญโดยเลือกค่าเฉลี่ยที่มากพบว่า ระดับการหลอมตัวอยู่ในระดับหลอมตัวดี ลักษณะความสโตไออยู่ในระดับดี สีที่เกิดขึ้นมีลักษณะสีเหลือง และผลการทดสอบผลของความคงทนต่อการแตกกรันมีการแตกกรันเป็นบริเวณ

ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบฟริต

ฟริตที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียสบรรยากาศออกซิเดชัน (สูตรที่ 13 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของโซดาแอสร้อยละ 49 โพแทสเซิลต์สปาร์ร้อยละ 31 และควอทซ์ร้อยละ 20 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 3 และ 5 ตามลำดับ) และรีดักชัน (สูตรที่ 15 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของโซดาแอสร้อยละ 49 โพแทสเซิลต์สปาร์ร้อยละ 29 และควอทซ์ร้อยละ 22 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 3 และ 5 ตามลำดับ) หลังผ่านการทดสอบด้านสีหลังการเผาหรือความสว่างสม่ำเสมอไม่มีการเปลี่ยนแปลง และการทดสอบลักษณะผิวหน้าหรือตำหนิที่เกิดขึ้น มีลักษณะผิวหน้าเรียบมีสะเก็ดเล็กน้อย และการทดลองในบรรยากาศออกซิเดชันมีตำหนิริ้วเล็กน้อย และการทดสอบความทนทานต่อสารเคมีพบว่า ในบรรยากาศออกซิเดชันมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อแช่กรดไฮโดรคลอริกเห็นรอยการเปลี่ยนแปลงมากกว่าระดับ A เป็นสีขุ่นด้านเล็กน้อย นอกนั้นในการแช่สารเคมีทั้งกรดซัลฟิวริกและสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์สังเกตการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย บรรยากาศรีดักชัน การทดสอบความทนทานต่อสารเคมีของฟริตพบว่า ในบรรยากาศออกซิเดชันมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อแช่กรดซัลฟิวริกเห็นรอยการเปลี่ยนแปลงมากกว่าระดับ A เป็นสีขุ่นด้านเล็กน้อย นอกนั้นในการแช่สารเคมีทั้งกรดไฮโดรคลอริกและสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์สังเกตการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

อภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาอัตราส่วนผสมของฟริตสำหรับตกแต่งกระเบื้องบุผนังจากอัตราส่วนระหว่าง โซดาแอส โพแทสเซียม เฟลด์สปาร์และควอทซ์ การอภิปรายผลมีดังนี้

1.ตอนที่ 1 การผลิตและการทดสอบคุณสมบัติของฟริตใน 3 ด้าน คือ

การหลอมตัวของฟริต พบว่าสูตรที่ 13 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของโซดาแอสร้อยละ 49 โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ร้อยละ 31 และควอทซ์ร้อยละ 20 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 3และ5ตามลำดับในการเผาแบบออกซิเดชันในการทดลองจากขั้นที่ 2 มีการหลอมตัวอยู่ในระดับดี และในบรรยากาศรีดักชัน พบว่าสูตรที่ 15 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของโซดาแอสร้อยละ 49 โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ร้อยละ 29 และควอทซ์ร้อยละ 22 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 3และ5ตามลำดับ จากการทดลองขั้นที่ 2 มีการหลอมตัวอยู่ในระดับดี สอดคล้องกับ(โกมล รักษ์วงศ์.2537:13)กล่าวว่าโซดาแอสซึ่งมีโซเดียมเป็นส่วนประกอบและมีคุณสมบัติเป็นต่าง ในการเผาโซเดียมทำหน้าที่เป็นตัวหลอมละลาย โดยทำปฏิกิริยากับสารประกอบอลูมินาซิลิเกตซึ่งมีคุณสมบัติเป็นกลางและกรด ดังนั้นจึงจึงจัดเป็นการเกิดฟริตหรือเคลือบก็ได้ และสารประกอบโซเดียมยังเป็นตัวช่วยหลอมละลายสารจำพวกควอทซ์ได้เป็นอย่างดี ทำให้ฟริตที่ทดลองมีคุณสมบัติการหลอมตัวได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ความสดใสหรือสีที่เกิดขึ้น พบว่าสูตรที่ 13 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของโซดาแอสร้อยละ 49 โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ร้อยละ 31 และควอทซ์ร้อยละ 20 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 3และ5ตามลำดับในการเผาแบบออกซิเดชันในการทดลองจากขั้นที่ 2 มีลักษณะสดใสดีมาก และในบรรยากาศรีดักชัน พบว่าสูตรที่ 15 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของโซดาแอสร้อยละ 49 โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ร้อยละ 29 และควอทซ์ร้อยละ 22 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 3และ5ตามลำดับ จากการทดลองขั้นที่ 2 มีลักษณะสดใสโดยสีที่เกิดขึ้น ทั้ง 2 บรรยากาศในการเผามีสีเหลือง ซึ่งสอดคล้องกับโกมล รักษ์วงศ์(2531:25) ที่กล่าวว่าการนำควอทซ์มาผสมในฟริตทำให้เกิดเนื้อแก้วที่แข็งแรง ป้องกันการหดตัว เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพเป็นแก้วที่ใสแวววาว และสีที่ได้จากสารประกอบโพแทสเซียมจากโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จะแตกต่างกันไปตามแหล่งกำเนิดเช่น สีขาว-เหลือง และชมพูเป็นต้น

ความคงทนต่อการแตกราน พบว่า สูตรที่ 13 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของโซดาแอสร้อยละ 49 โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ร้อยละ 31 และควอทซ์ร้อยละ 20 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 3และ5ตามลำดับในการเผาแบบออกซิเดชันและในสูตรที่ 15 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของโซดาแอสร้อยละ 49 โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ร้อยละ 29 และควอทซ์ร้อยละ 22 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 3และ5ตามลำดับบรรยากาศ

รีดักชัน มีการรานตัวในระดับที่ต้องปรับปรุง เนื่องจากเกิดการขยายตัวของฟริต และตัวเนื้อ กระเบื้องไม่เท่ากัน การแก้ไขโดยการลดวัตถุดิบที่ทำหน้าที่เป็นตัวหลอมละลายลง โดยเพิ่มซิลิกามากขึ้น(ทวี พรหมพฤษ.2523:119) หรืออาจเกิดจากการนำออกจากเตาในขณะที่ยังร้อน และเร็วเกินไป(ทรงพันธ์ วรรณมาศ.2530:154) หรือสอดคล้องกับ(ปริดา พิมพ์ขาว.2539:35) ว่าการที่ฟริตและเนื้อกระเบื้องมีการหดตัวใกล้เคียงกันแรงเค้นจะไม่เกิดขึ้น แต่ถ้าฟริตและกระเบื้องมีความแตกต่างกันด้านการหดตัวมาก จะก่อให้เกิดแรงเค้นที่จะก่อความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์ได้

2.ตอนที่ 2 การทดสอบคุณสมบัติของฟริตใน 3 ด้านคือ

สีหลังการเผาและการเปลี่ยนแปลงของสี พบว่าในการเผาแบบออกซิเดชัน(สูตรที่ 13 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของโซดาแอสร้อยละ 49 โพแทสเซิลด์สปาร์ร้อยละ31 และควอทซ์ร้อยละ 20 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 3และ5)และบรรยากาศ รีดักชัน(สูตรที่ 15 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของโซดาแอสร้อยละ49 โพแทสเซิลด์สปาร์ร้อยละ 29 และควอทซ์ร้อยละ 22 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 3และ5 ตามลำดับ) หลังจากการทดสอบประเภทนี้แล้วไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นตรงตามลักษณะข้อกำหนดของบริษัทไทย-เยอรมัน เซรามิค จำกัดซึ่งสอดคล้องกับโกมล รักษ์วงศ์(2531:26) ที่กล่าวว่าการนำควอทซ์มาผสมในฟริตทำให้เกิดเนื้อแก้วที่แข็งแรง ป้องกันการหดตัว เกิดการเปลี่ยนสภาพเป็นแก้วที่ใส และยังทนต่อการเปลี่ยนแปลงจากสภาพภูมิอากาศต่าง ๆ อีกด้วย

ลักษณะผิวหน้า หรือตำหนิที่เกิดขึ้น พบว่าในการเผาแบบออกซิเดชัน(สูตรที่ 13 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของโซดาแอสร้อยละ 49 โพแทสเซิลด์สปาร์ร้อยละ31 และควอทซ์ร้อยละ 20 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 3และ5)และบรรยากาศ รีดักชัน (สูตรที่ 15 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของโซดาแอสร้อยละ49 โพแทสเซิลด์สปาร์ร้อยละ 29 และควอทซ์ ร้อยละ 22 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 3และ5ตามลำดับ)มี ลักษณะผิวหน้าเรียบมีสะเก็ดเล็กน้อย และในการเผาแบบออกซิเดชันเกิดตำหนิแบบรูเข็มเล็กน้อย ซึ่งการเกิดลักษณะผิวต่างๆเกิดจากหลายปัจจัย การเผาไม่ถึงอุณหภูมิ ทำให้บางส่วนของฟริตระเหยไปบ้าง(ทวี พรหมพฤษ.2523:120) และตรงกับโกมล รักษ์วงศ์(2531:99)กล่าวไว้ว่าในการเกิดตำหนิรูเข็มนั้น เนื่องจากกระเบื้องที่ใช้ในการทดลองเป็นผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จมาแล้ว โอกาสที่จะมีฟองอากาศในดินหรือเคลือบอยู่น้อยมาก รวมทั้งในการผลิตได้กระทำอย่างต่อเนื่อง หลีกเลี่ยงการเก็บวัตถุดิบไว้นาน การสลายตัวของคาร์บอเนตจะเกิดขึ้นได้น้อยดังนั้นการเกิดรูเข็มบนฟริตได้ยากหรือเพียงเล็กน้อย

ความทนทานต่อสารเคมี พบว่า ในการเผาแบบออกซิเดชัน(สูตรที่ 13 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของโซดาแอสร้อยละ 49 โพแทสเซิลด์สปาร์ร้อยละ31 และควอทซ์ร้อยละ 20 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 3และ5)มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อแช่กรด ไฮโดรคลอริกคือ เห็นรอยการเปลี่ยนแปลงมากกว่าระดับ A เป็นสีน้ำตาลเล็กน้อย นอกนั้นใน

การแช่สารเคมีทั้งกรดซิดิกและสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์จะสังเกตการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย บรรยายการสกัดชั้น(สูตรที่ 15 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของโซดาแอสร้อยละ 49 โพแทสเซิลด์สปาร์ร้อยละ 29 และควอทซ์ร้อยละ 22 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 3 และ 5 ตามลำดับ) การทดสอบความทนทานต่อสารเคมีของฟริตพบว่า ในบรรยากาศออกซิเดชันมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อแช่กรดซิดิกเห็นรอยการเปลี่ยนแปลงมากกว่าระดับ A เป็นสีน้ำตาลเล็กน้อย นอกนั้นในการแช่สารเคมีทั้งกรดไฮโดรคลอริกและสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์จะสังเกตการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ซึ่งในการผลิตฟริตที่มีส่วนผสมของควอทซ์ และอลูมินาอยู่บ้าง การใช้ฟริตที่ปริมาณร้อยละ 80-100 อยู่ในการเผาอุณหภูมิต่ำ (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์. 2537:16-18) ควอทซ์ที่มีคุณสมบัติเป็นกรด ทำหน้าที่เป็นตัวทนไฟ ลดการไหลตัว ทำให้ทนทานต่อแรงขีดข่วน ทนแรงกระแทก และทนต่อฤทธิ์กรดและด่างได้ดี ปริมาณควอทซ์จะอยู่ที่ร้อยละ 25-30 (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์. 2537:19) แต่เนื่องจากฟริตที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส จำเป็นต้องควบคุมปริมาณควอทซ์ในจำนวนพอเหมาะกับอุณหภูมิ ทำให้ค่าความทนทานต่อกรดและด่างน้อยลง

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลทดลองไปใช้

1.1 ในเรื่องการรานตัวซึ่งพบในการทดลองนั้น จากการค้นคว้าพบว่าการเพิ่มทาลค์มหรือการเพิ่มควอทซ์ ในฟริตจะช่วยลดอัตราการรานตัวลงได้

1.2 การยีนไฟ(soaking)จะช่วยในการลดข้อผิดพลาดในการเผาให้ลดลงได้

1.3 ควรเลือกวัตถุดิบที่เหมาะสมโดยใช้ปัจจัยหลายอย่างในการตัดสินใจเช่น ราคา คุณภาพด้านต่าง ๆ เช่น สี ความละเอียด เป็นต้น

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การศึกษาอัตราส่วนของการทำฟริต ในระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันไป หรือการเปลี่ยนวัตถุดิบในการทดลองเป็นสารตัวอื่น ๆ เช่น ตะกั่ว บอแรกซ์ เพื่อดูผลที่เกิดขึ้นว่าจะสามารถนำไปตกแต่งกระเบื้องได้

2.2 ในการทดลองครั้งนี้ยังมีฟริตส่วนที่ไม่ใช้อยู่ ผู้วิจัยมีแนวคิดว่าจะนำไปทดลองตกแต่งผลิตภัณฑ์ บางทีอาจจะเกิดงานออกแบบที่รูปแบบใหม่เกิดขึ้น

2.3 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง ควรจะมีการพิจารณาถึงวัสดุเหลือใช้ต่าง ๆ เช่น เศษแก้ว ขวด กระดาษต่าง ๆ โดยนำไปวิเคราะห์ทางเคมีดูสัดส่วนว่าสามารถนำไปเป็นฟริตได้เหมาะสมหรือไม่ เพราะจะช่วยให้ต้นทุนในการผลิตลดลง หากมีการนำสิ่งที่ใช้แล้วกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่อีกครั้ง

2.4 ในขั้นตอนการทำฟริด การได้รับไอระเหยอาจเกิดขึ้นได้ ควรมีการป้องกันการเข้าสู่ร่างกาย ช่วงเวลาที่ฟริดเริ่มหลอมตัวต้องสังเกตให้มีระยะที่พอเหมาะในการนำไปลงน้ำ ขั้นตอนต่างๆอาจเกิดอุบัติเหตุได้ง่าย จึงควรระมัดระวังเพื่อความปลอดภัย

2.5 สถานที่ที่ใช้ในการทดสอบควรเป็นสถานที่ปิดเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายอันจะทำให้ความเสียหายแก่การทดลอง

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- ทรงพันธ์ วรรณมาศ. (2533). เทคนิคต่าง ๆ ในงานเครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพฯ : โอ.เอส.พรีนติ้ง เฮ้าส์.
- ทวี พรหมพุกษ์. (2523). เครื่องเคลือบดินเผาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- _____. (2524). เตาและการเผา. กรุงเทพฯ : ม.ป.ท.
- _____. (2525). เตาและการเผา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : จงเจริญการพิมพ์.
- _____. (2523). วิชาเครื่องเคลือบดินเผาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- ไทย – เยอรมันเซรามิค อินดัสทรี จำกัด(มหาชน). (2537). คู่มือการทำซิลด์สกรีน. กรุงเทพฯ : บริษัท.
- _____. (2541). ขั้นตอนการปฏิบัติงาน WORK INSTRUCTIONAL. กรุงเทพฯ : บริษัท.
- _____. (2540). คู่มือการใช้เครื่องมือต่าง ๆ. กรุงเทพฯ : บริษัท.
- ไทยพาณิชย์ธนาคาร. “สารของธนาคารไทยพาณิชย์.” (2535). การแสดงศิลปะเครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : บริษัท อัมรินทร์ปริ้นติ้งกรุ๊ป จำกัด.
- ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. (2530). เคลือบเซรามิกส์. กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์.
- _____. (2539). เซรามิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- _____. (2530). เคลือบเซรามิกส์. กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์.
- ปุ่นรัตน์ พิษยไพบุลย์. (2538). “เทคนิคและวิธีการสร้างสรรค์” เครื่องเคลือบดินเผา . กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไพจิตร อิงศิริวัฒน์. (2537). รวมสูตรเคลือบเซรามิกส์. กรุงเทพฯ : โอ.เอส.พรีนติ้งเฮ้าส์.
- วิชัย กักเจริญทรัพย์, จุมพล คีนดัก และพิภพ วสุวานิช. (2535). “ควอทซ์ .,” แร่เซรามิก . กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม, กันยายน.
- เวนิช สุวรรณโมลี. (2527). “การผลิตรูปลอก over glaze สำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก.” รวมบทความวิชาการมัณฑนศิลป์ 27. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- _____. (ม.ป.ป.). เอกสารประกอบการบรรยายเรื่องแนวทางแนวทางการออกแบบเครื่องปั้นดินเผาทางด้านอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- _____. (2538). “แนวคิดในการนำเสนอโครงการศิลปนิพนธ์ และอนาคตของวงการเซรามิกส์.” ART THESIS 1995 DECORATIVE ART EXHIBITION . กรุงเทพฯ : ออฟเซาเพลส.

- ศุภกา ปาลเปรม . (2541). “ ทำอย่างไร ผลิตภัณฑ์จึงไม่แตกร้าว.” การแสดงศิลปะเครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ : บริษัท อัมรินทร์ปรินต์ติ้งกรุ๊ป จำกัด.
- _____. (2537). “ นักทำเครื่องปั้นดินเผาสมัครเล่น.” การแสดงศิลปะเครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- สุชาติ ปลดเปลื้อง. (2513). กระเบื้องปูพื้นและกระเบื้องเคลือบ . กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม.
- สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. (2531). น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิชย์.
- _____. (2535). น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิชย์.
- สุวิณา ตั้งโพธิ์สุวรรณ. (2534). เอกสารประกอบการสอนวิชา เคลือบเซรามิกส์. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเครื่องเคลือบดินเผา คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- อภิสิทธิ์ ไส้ศัตรูไกล. (2538). “ การออกแบบสีเขียว.” **ART THESIS 1995 DECORATIVE ART EXHIBITION** . กรุงเทพฯ : ออฟเซตเพลส.

Hopper, Robin. (1984). **The Ceramics Spectrum** . Pennsylvania : Chilton Book Company.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตาราง แบบวิเคราะห์ผลการทดลองของผู้เชี่ยวชาญ

ตาราง 16 ผลการทดลองขั้นที่ 1 เฝ้าที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส บรรยากาศรีดักชันโดยการ
ลดความชื้นของผู้ใช้วชาญ

[illegible]

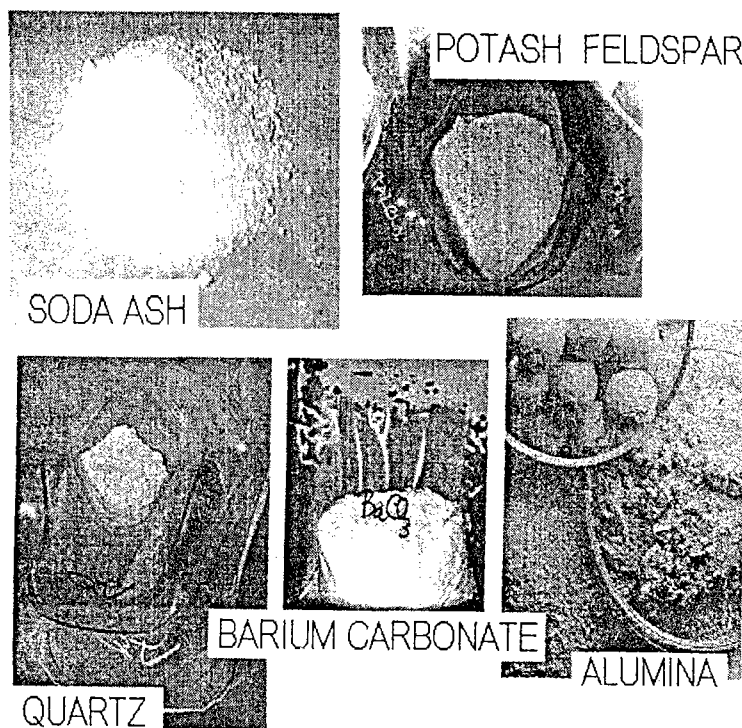
ตาราง 18 ผลการทดลองขั้นที่ 2 เหนืออุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส บรรยากาศรีดักชันชั้น
โดยการลงความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

[illegible]

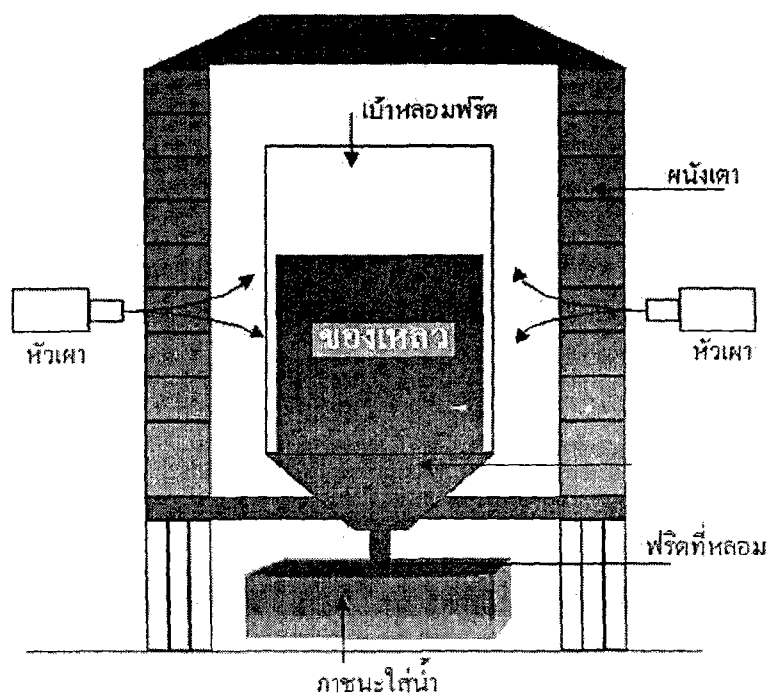
ภาคผนวก ข
กระบวนการผลิตฟรีด

ตาราง 22 ท่อนวัดไฟ ออร์ตัน

Cone number	Large cones				Small cones	
	60°C	108°F	150°C	270°F	300°C	540°F
020	625	1157	635	1135	666	1231
019	668	1234	683	1261	723	1333
018	696	1285	717	1323	752	1386
017	727	1341	747	1377	784	1443
016	767	1407	792	1485	825	1517
015	790	1464	804	1479	843	1549
014	834	1533	838	1540		
013	869	1596	852	1566		
012	866	1591	884	1623		
011	886	1627	894	1641		
010	887	1629	894	1641	919	1686
09	915	1679	923	1693	955	1751
08	945	1733	955	1751	983	1801
07	973	1783	984	1803	1008	1846
06	991	1816	999	1830	1023	1873
05	1031	1888	1046	1915	1062	1944
04	1050	1922	1060	1940	1098	2008
03	1086	1987	1101	2014	1131	2068
02	1101	2014	1120	2048	1148	2098
01	1117	2043	1137	2079	1178	2152



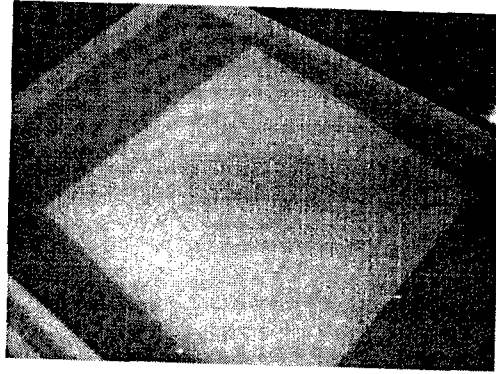
ภาพประกอบ 12 วัตถุดิบที่ใช้ในการทำฟริด



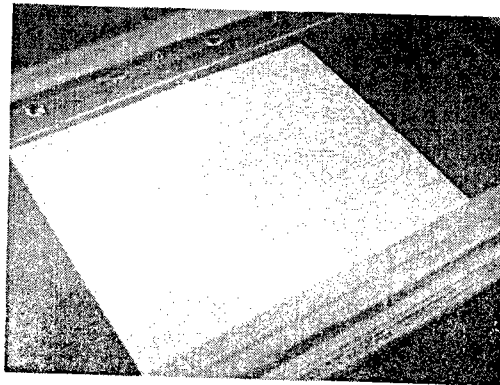
ภาพประกอบ 13 ภาพจำลองเตาสำหรับหลอมฟrit



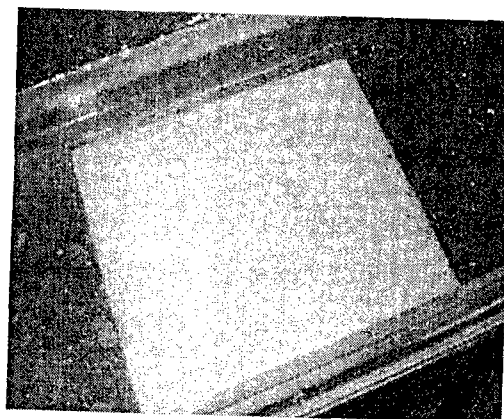
ภาพประกอบ 14 ภาชนะที่ใช้หลอมฟrit



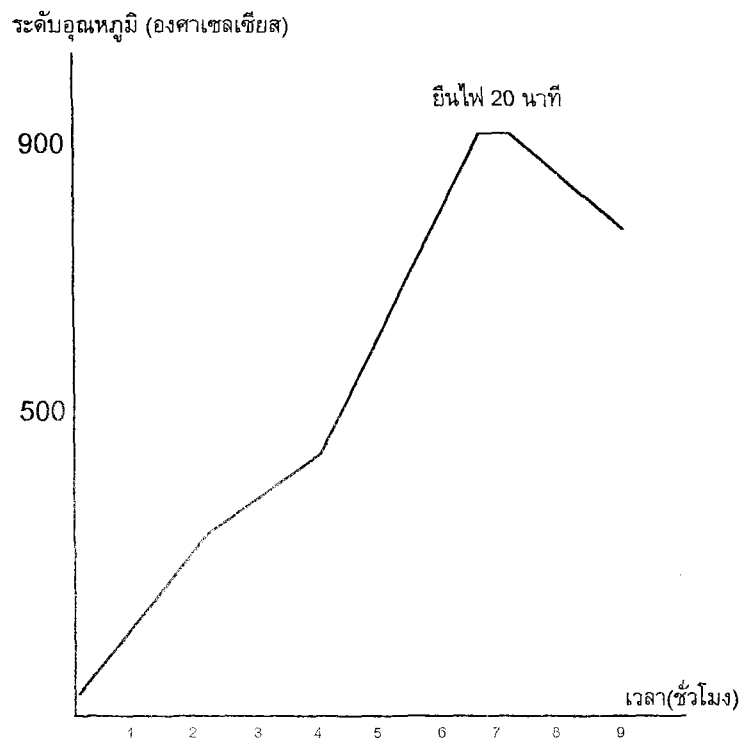
ภาพประกอบ 15 การทดสอบความทนทานต่อกรดไฮโดรคลอริก



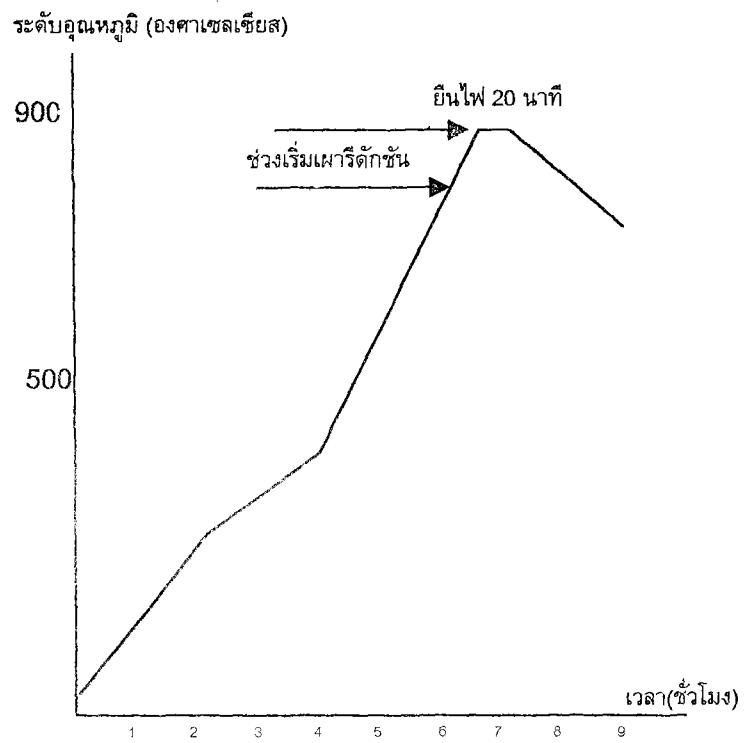
ภาพประกอบ 16 การทดสอบความทนทานต่อกรดซีติก



ภาพประกอบ 17 การทดสอบความทนทานต่อสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

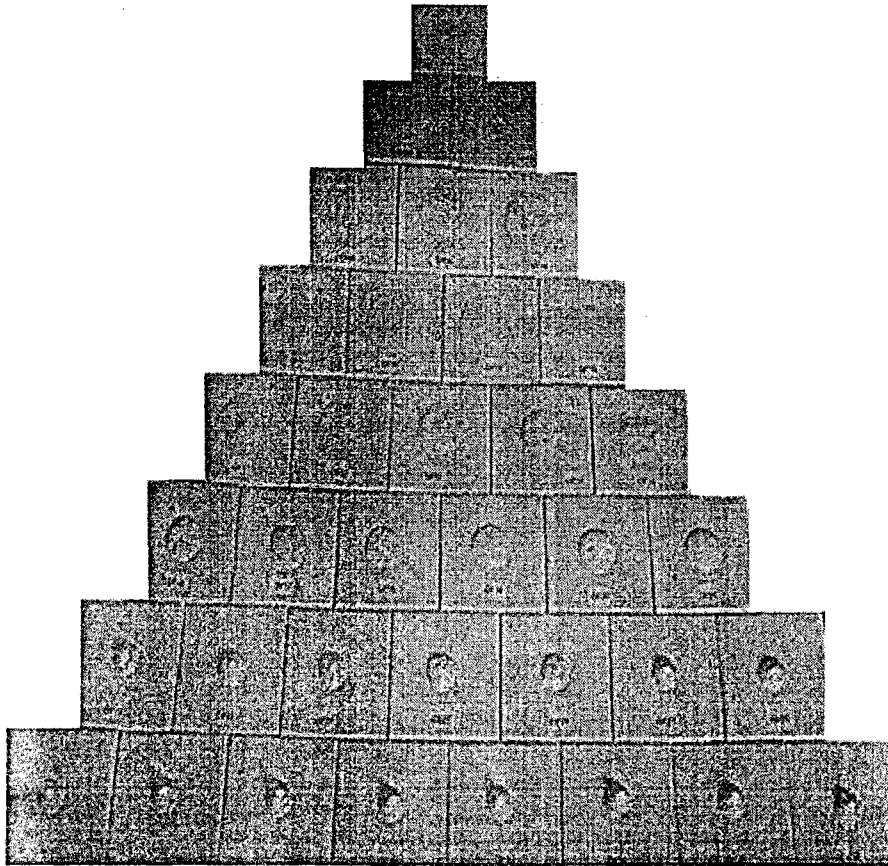


ภาพประกอบ 18 การเผาฟritอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเจน

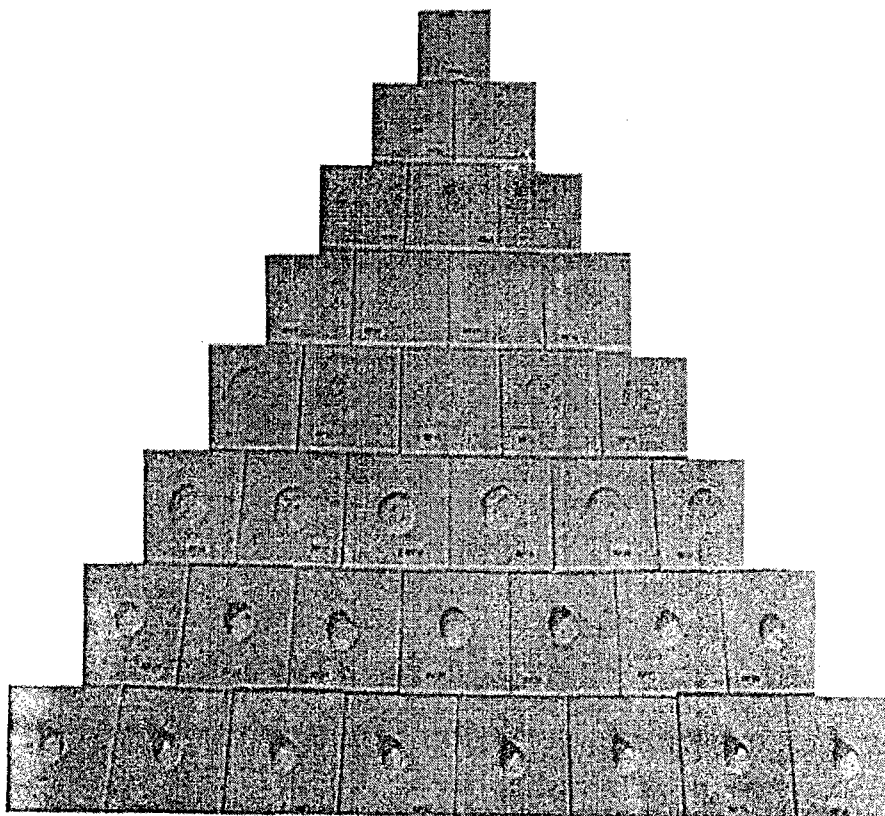


ภาพประกอบ 19 การเผาฟritอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส บรรยากาศรีดักชัน

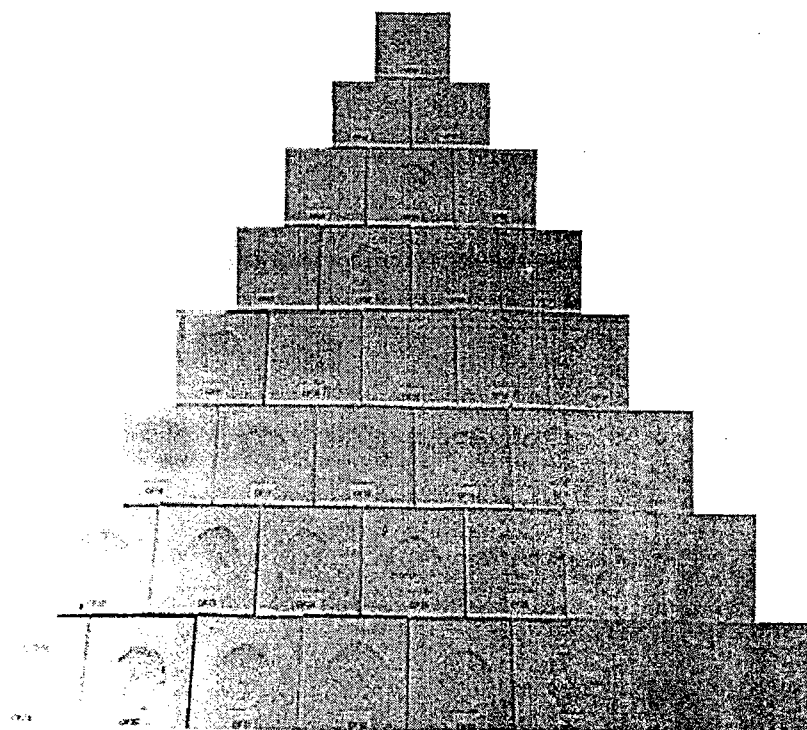
ภาคผนวก ค
ผลการทดลองทำฟริตบรรจุภาสออกซิเดชัน
และบรรจุภาสรีดักชัน



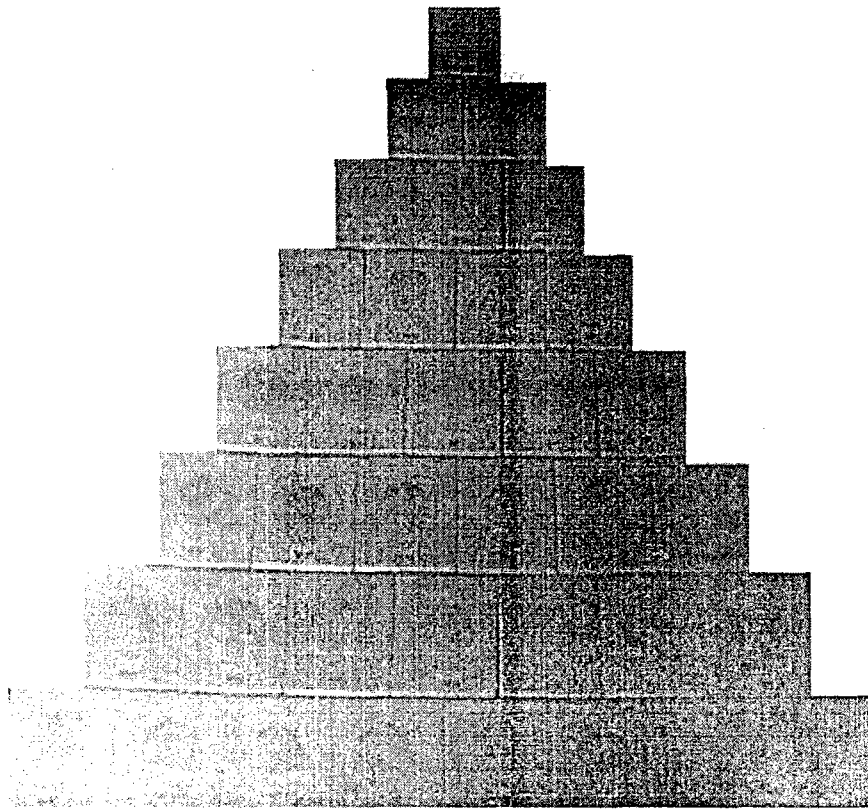
ภาพประกอบ 20 อัตราส่วนผสมจำนวน 36 สูตร การทดลองขั้นที่ 1 บรรยากาสอกซิเดชัน



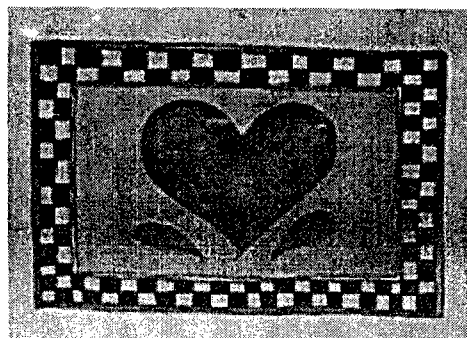
ภาพประกอบ 21 อัตราส่วนผสมจำนวน 36 สูตร การทดลองขั้นที่ 1 บรรยากาศรีดักชั้น



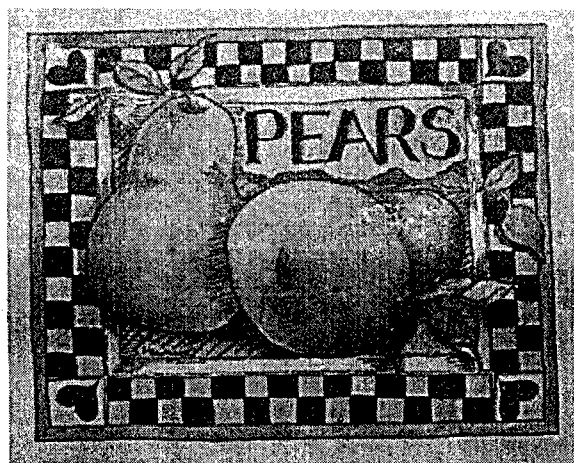
ภาพประกอบ 22 อัตราส่วนผสมจำนวน 36 สูตร การทดลองชั้นที่ 2 บรรยากาสอกซิเดชัน



ภาพประกอบ 23 อัตราส่วนผสมจำนวน'36 สูตร การทดลองขั้นที่ 2 บรรยากาศรีดักชั้น



ภาพประกอบ 24 ฟรีดที่ใช้ตกแต่งกระเบื้องบุผนัง



ภาพประกอบ 25 ฟรีดที่ใช้ตกแต่งกระเบื้องบุผนัง

ภาคผนวก ง

หนังสือขอความอนุเคราะห์และประวัติผู้เชี่ยวชาญ



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ โทร.5443

ที่ ทม 1005 (17) / 32 วันที่ 10 สิงหาคม 2543

เรื่อง ขอลเสนอชื่ออาจารย์นอกควบคุมปฏิญยานิพนธ์

เรียน คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ด้วยคณะกรรมการบริหารหลักสูตรอุตสาหกรรมศึกษา ได้พิจารณารายชื่อบุคคลภายนอกที่มีความรู้ความสามารถในการควบคุมปฏิญยานิพนธ์และสอบปฏิญยานิพนธ์หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิตสาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา เพิ่มเติมดังนี้

ชื่อ - สกุล	คุณวุฒิ	ตำแหน่ง	สถานที่ทำงาน
1. อ. ศุภกา ปาลเปรม	กศ.ม.(อุตสาหกรรมศึกษา)	อาจารย์	ภาควิชา เครื่องเคลือบดินเผา คณะมัณฑนศิลป์ ม. ศิลปากร

พร้อมกันนี้ นาย ภัทรพล สุวรรณโณ นิสิตปริญญาโทสาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา เสนอปฏิญยานิพนธ์ในหัวข้อ **การศึกษาอัตราส่วนผสมของโซดาแอส โฟแทสเซียมเฟลด์สปาส์และควอทซ์ในการทำฟritสำหรับตกแต่งกระเบื้องบุผนัง** สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษาเห็นว่า อาจารย์ศุภกา ปาลเปรม เป็นผู้มีความรู้ความสามารถในหัวข้อปฏิญยานิพนธ์นี้เป็นอย่างดี จึงขอเสนอให้อาจารย์ศุภกา ปาลเปรม เป็นประธานควบคุมปฏิญยานิพนธ์ และสอบปากเปล่าปฏิญยานิพนธ์ ของนาย ภัทรพล สุวรรณโณ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)

หัวหน้าสาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
ประธานหลักสูตรอุตสาหกรรมศึกษา



ที่ ทม 1005 (1) / 5 42

คณะศึกษาศาสตร์ (บางเขน)

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ถนนแจ้งวัฒนะ เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220

๑๑ ธันวาคม พ.ศ. 2542

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์

เรียน คณบดีคณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

เนื่องจาก นายภัทรพล สุวรรณโณ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษาของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาอัตราส่วนของโซดาแอสเฟลต์เชื่อมเฟลด์สปาร์ และควอทซ์ ในการทำพริตสำหรับตกแต่งกระเบื้องบุผนัง" ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมดูแลของ

อาจารย์ศุภกา ปาลเปรม ประธาน

ดร.อุปวิทย์ สุวคันธกุล กรรมการ

มีความประสงค์จะขอเชิญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์เวนิช สุวรรณโมลี เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบผลการทดลอง

บัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ (บางเขน) จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ในเรื่องนี้ และขอขอบคุณในความช่วยเหลืออนุเคราะห์ที่ท่านจะให้แก่นิสิตผู้นี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมพล มงคลพิทักษ์สุข)

รองคณบดีคณะศึกษาศาสตร์

บัณฑิตศึกษา (บางเขน)

โทร. 521 - 1578, 521 - 1429

ที่ ทม 1010(13)/ 115



คณะศึกษาศาสตร์ (บางเขน)

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ถนนแจ้งวัฒนะ เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220

๑๕ เมษายน 2543

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คุณวัชร เลิศชาคร (ผู้จัดการ หจก. เซอร์เท็กซ์ เซรามิก)

เนื่องจาก นายภัทรพล สุวรรณโณ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาอัตราส่วนของโซดาแอส โพล特斯 เซียม เพลดส์ปาร์ และควอทซ์ ในการทำฟริตสำหรับตกแต่งกระเบื้องบุผนัง" ทั้งนี้ อยู่ในความควบคุมดูแลของ

อาจารย์ศุภกา ปาลเปรม ประธาน

อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันธกุล กรรมการ

มีความประสงค์จะขอเชิญ คุณวัชร เลิศชาคร เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบผลการทดลอง

บัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ (บางเขน) จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ให้คุณวัชร เลิศชาคร เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบในเรื่องดังกล่าว และขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมพล มงคลพิทักษ์สุข)

รองคณบดีคณะศึกษาศาสตร์

บัณฑิตศึกษา (บางเขน)

โทร. 521-1429 FAX 521-1345



ที่ ทม 1005 (1) / ๕๔๖

คณะศึกษาศาสตร์ (บางเขน)

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ถนนแจ้งวัฒนะ เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220

15 ธันวาคม พ.ศ. 2542

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน คุณกิตติชัย ไกรก่องกิจ ผู้อำนวยการฝ่ายการตลาด บริษัทโสสุโก้ เซรามิค จำกัด

เนื่องจาก นายภัทรพล สุวรรณโณ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษาของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาอัตราส่วนของโซดาแอสโทแมสซียมเฟลด์สปาร์ และควอทซ์ ในการทำฟริตสำหรับตกแต่งกระเบื้องบุผนัง" ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมดูแลของ

อาจารย์ศุภกา ปาลเปรม ประธาน

ดร.อุปวิทย์ สุวคันธุกุล กรรมการ

มีความประสงค์จะขอความอนุเคราะห์กระเบื้องดินดิบ(green ware)ขนาด 8x8 นิ้ว จำนวน 100 แผ่น เพื่อทำการทดลองทำฟริตสำหรับตกแต่งกระเบื้องดังกล่าว เพื่อเป็นข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์

บัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ (บางเขน) จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ในเรื่องนี้ และขอขอบคุณในความช่วยเหลืออนุเคราะห์ที่ท่านจะให้แก่บัณฑิตผู้นี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมพล มงคลพิทักษ์สุข)

รองคณบดีคณะศึกษาศาสตร์

บัณฑิตศึกษา (บางเขน)

โทร. 521 - 1578, 521 - 1429

ประวัติผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อ ชื่อสกุล	เวนิช สุวรรณโมลี ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์
สถานที่ทำงาน	ภาควิชาเครื่องเคลือบดินเผา คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
วุฒิการศึกษา	คป.(อุตสาหกรรมศิลป์) วิทยาลัยครูพระนคร
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ.2529 -ปัจจุบัน	อาจารย์ประจำภาควิชาเครื่องเคลือบดินเผา คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
ประวัติการทำงานพิเศษ	
พ.ศ.2528 -ปัจจุบัน	บริษัทเวนิชเซรามิคจำกัด
ผลงานที่ได้รับรางวัล	รางวัลเหรียญทอง ในประเภทศิลปะในการแสดงศิลปะ เครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติ ครั้งที่ 2 รางวัลเหรียญทองแดง ในประเภทศิลปะในการแสดงศิลปะ เครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติ ครั้งที่ 1
ผลงานทางวิชาการ	
พ.ศ.2527	บทความเรื่อง การผลิตรูปลอก over glaze สำหรับอุตสาหกรรม เซรามิคจากหนังสือ รวมบทความวิชาการมัณฑน ศิลป์ 27 มหาวิทยาลัยศิลปากร
พ.ศ.2539	บทความเรื่อง แนวทางการออกแบบเครื่องปั้นดินเผาทางด้าน อุตสาหกรรม จากเอกสารประกอบการบรรยายเรื่อง แนวทางการออกแบบเครื่องปั้นดินเผาทางด้านอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อ ชื่อสกุล	อภิญญา ลิ้มทวีล ตำแหน่ง หัวหน้าแผนกออกแบบ
สถานที่ทำงาน	บริษัท โสสุโก้ เซรามิค จำกัด 2/1 ถ.พิบูลสงคราม บางซื่อ กทม. 10800
วุฒิการศึกษา	ศิลปบัณฑิต (นิเทศศิลป์) คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัย ศิลปากร
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ.2536 -ปัจจุบัน	หัวหน้าแผนกออกแบบ บริษัท โสสุโก้ เซรามิค จำกัด
พ.ศ.2531 -พ.ศ.2536	นักออกแบบ บริษัท ไทย-เยอรมันเซรามิค อินดัสทรี จำกัด
ประวัติการทำงานพิเศษ	
พ.ศ.2532 -ปัจจุบัน	ธุรกิจส่วนตัวด้านงานเซรามิกส์

ประวัติผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อ ชื่อสกุล	วัชร เลิศชาคร ตำแหน่ง ผู้จัดการโรงงาน
สถานที่ทำงาน	หจก.เซอร์เท็กซ์ เซรามิก อ.ดอนตูม จ.นครปฐม
วุฒิการศึกษา	ศิลปบัณฑิต(เครื่องเคลือบดินเผา) คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ.2542 -ปัจจุบัน	หจก.เซอร์เท็กซ์ เซรามิก
พ.ศ.2533 -พ.ศ.2542	บริษัท เวนิชเซรามิก
พ.ศ.2532 -พ.ศ.2533	อาจารย์ประจำภาควิชาเครื่องเคลือบดินเผา คณะศิลปกรรม มหาวิทยาลัยรังสิต

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นายภัทรพล สุวรรณโณม
วันเดือนปีเกิด	19 พฤษภาคม พ.ศ. 2515
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จ.สมุทรสาคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	923/101ข. ตำบลมหาชัย อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร 74000
ตำแหน่งหน้าที่การงานในปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2532	ม.6 โรงเรียนสมุทรสาครวิทยาลัย
พ.ศ. 2537	ศ.บ.(เครื่องเคลือบดินเผา) คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
พ.ศ. 2543	กศ.ม.(อุตสาหกรรมศึกษา) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ