

การทดลองอัตราส่วนผสมในการทำเคลือบอะครีลิค จากเศษแก้ว ไซดาเฟลด์สพาร์
ดินขาว และบอร์แรคซ์ สำหรับกระเบื้องปูผนังภายใน

ปริญญานิพนธ์
ของ
ชัยชาญ วานิชทวีวัฒน์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
พฤษภาคม 2547
ลิขสิทธิ์เป็นของ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

G66.427

ช.๑๑๑.๑

จ.๓

การทดลองอัตราส่วนผสมในการทำเคลือบอะวอนจูรีน จากเศษแก้ว โซดาเฟลตสพาร์
ดินขาว และบอร์แรคซ์ สำหรับกระเบื้องบุผนังภายใน

บทคัดย่อ

ของ

ชัยชาญ วานิชทวีวัฒน์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
พฤษภาคม 2547

๗ ๕๕๕๐๓

ชัยชาญ วานิชทวีวัฒน์. (2547). การทดลองอัตราส่วนผสมในการทำเคลือบอะเวนจัวร์น จากเศษแก้ว
โซดาเฟลด์สปาร์ ดินขาว และบอร์แรคซ สำหรับกระเบื้องบุผนังภายใน . ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม.
(อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
คณะกรรมการควบคุม : อาจารย์ดร. อภิวิทย์ สุวคันธกุล, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สมศักดิ์ ชวาลาวัฒน์.

การวิจัยมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมจากอัตราส่วนผสมในการทำเคลือบอะเวนจัวร์นสำหรับ
เคลือบกระเบื้องดินเผาบุผนังภายใน ที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส โดยใช้วัตถุดิบคือ เศษแก้ว(Cullet)
โซดาเฟลด์สปาร์(Soda Feldspar) ดินขาว(Kaolin) และ บอร์แรคซ(Borax)

วิธีการทดลองขั้นตอนที่ 1 ทำโดยกำหนดอัตราส่วนผสมของสารแต่ละชนิดจากตารางสี่เหลี่ยมด้าน
เท่าจะมีทั้งหมด 81 อัตราส่วน ใช้ในอัตราส่วนเริ่มต้นที่ร้อยละ 5 และเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 จนถึงร้อยละ 45 ของ
สารแต่ละชนิด ในแต่ละอัตราส่วนจะรวมกันเป็น 100 และเพิ่มเฟอร์ริกออกไซด์(Ferric oxide)อีกร้อยละ 10
ของน้ำหนักเคลือบ และนำเคลือบไปเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศออกซิเดชัน และ
บรรยากาศรีดักชัน และให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเพื่อคัดเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมเพื่อทำการทดลองใน
ขั้นที่ 2 โดยเปรียบเทียบจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระเบื้องดินเผาบุผนังภายใน(มอก.613-
2529)ในด้านคุณลักษณะทั่วไปของกระเบื้องคือต้องไม่มีตำหนิต่างๆบนผิวเคลือบคือ การราน การร่อนตัว
รอยร้าว รูเข็ม รอยพอง หลุม

วิธีการทดลองขั้นตอนที่ 2 เมื่อได้อัตราส่วนที่ผ่านการคัดเลือกจากขั้นตอนที่ 1 นำมาเคลือบบน
กระเบื้องขนาด 10x10 เซนติเมตรนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียสในบรรยากาศออกซิเดชัน และ
บรรยากาศรีดักชัน หลังจากนั้นนำไปทดสอบการทนต่อสารเคมี และการทนการราน ตามวิธีการทดสอบผลิต
ภัณฑ์ กระเบื้องดินเผาบุผนังภายใน(มอก.613-2529)

ผลการทดลองที่ได้คือใน การเผาบรรยากาศออกซิเดชัน จะมีตำหนิต่างๆเกิดขึ้นบนผิวเคลือบ เช่น
การรานจะเกิดขึ้นกับเคลือบที่มีส่วนผสมของเศษแก้วมากกว่าร้อยละ 25 และรูเข็มและในการเผาเคลือบ
ออกซิเดชันเคลือบส่วนมากไม่พบการเกิดผลึกเนื่องจากเคลือบจะมีสีที่ทึบแสงมีเพียงอัตราส่วนเดียวที่เกิดผลึก
คือในอัตราส่วนที่ 5 ซึ่งมีลักษณะเคลือบโปร่งแสงผิวมันแต่เคลือบก็ไม่มีความเหมาะสมเนื่องจากมีการราน
ของผิวเคลือบ

ในส่วนของการเผาแบบรีดักชันเคลือบที่มีการเกิดผลึกมีมากถึง 18 อัตราส่วนซึ่งในแต่ละอัตราส่วน
นั้นจะมีสารที่เป็นต่างสูงมากกว่าร้อยละ 50 ของอัตราส่วนผสมแต่ที่ผิวเคลือบส่วนมากเกิดรานในอัตราส่วนที่มี
แก้วมากกว่าร้อยละ 20 และอัตราส่วนที่มีโซดาเฟลด์สปาร์มากกว่าร้อยละ 25 จะพบตำหนิรูเข็มและมีเพียง 6
อัตราส่วนผสมไม่มีตำหนิคืออัตราส่วนที่ 6,7,9,24,25,32 จากนั้นได้นำอัตราส่วนผสมทั้ง 6 อัตราส่วนทำการ
ทดสอบผิวเคลือบในด้านการทนสารเคมีและทนการรานผลที่ได้พบว่าผิวเคลือบทั้ง 6 อัตราส่วนผสมไม่พบ
ความเปลี่ยนแปลงของผิวเคลือบหลังการทดสอบดังนั้นเคลือบทั้ง 6 อัตราส่วนผสมจึงมีความเหมาะสมในการ
ใช้ทำกระเบื้องบุผนังภายใน

THE EXPERIMENTAL OF AVENTURINE GLAZE FROM
CULLET SODA FELDSPAR KAOLIN AND BORAX FOR CERAMIC TILES FOR INTERNAL WALL

AN ABSTRACT
BY
CHAICHARN WANITTHAWEEWAT

Presented in partial fulfillment of there requirements for the
Master of Education degree in Industrial Education
at Srinakharinwirot University
May 2004

Chaicharn Wanitthaweevat . (2004). *The experiment of Aventurine Glaze from Cullet Soda feldspar Kaolin And Borax for Ceramic Tiles for Internal Wall* . Master thesis, M.Ed. (Industrial Education). Bangkok : Graduate School , Srinakharinwirot University.
Advisor Comitee : Dr. Upawit suwakantagul, Asst. Prof Somsak Chawalawan

The purpose of this experimental was to study the suitable formula of Internal Ceramic Tiles Aventurine Glaze by varying the percentages of Cullet, soda Feldspar, Kaolin and Borax for wall ceramic tiles at 1,200 centigrade fire.

The first step of experimental was to find the suitable ratio of each component by using the square table which have 81 formulas inside. The variations of each component were starting from 5 percent then increase by 5 percent each step until 45 percent. Then adding 10 percent of Ferric Oxide by weight into each formula. Totally, the weight of each formula will be 100 percent. After that firing at 1,200 centigrade under both of Oxidation and Reduction atmosphere. After firing, only suitable formulas were chosen for the next step by the expert under the standard for ceramic tiles for internal walls (UDC 613-2529). The appearance of ceramic should not have any defect on glaze such as crazing, peeling, crack, pinhole, blister and pitting.

Next, ceramic tiles size 10x10 centimetre were glazed by using the suitable formulas which were selected in the first step. Then fired at 1,200 centigrade under Oxidation and Reduction atmosphere. Then test the crazing and chemical tolerance by the standard testing method of Internal ceramic tiles (UDC 613-2529)

The results of the experimental were separated into 2 majors part. Firstly, under Oxidation firing atmosphere, there are many defects on the glaze such as crazing, which was happen on glaze that have percentage of cullet more than 25 percent, also some pinhole was found. Normally, crystallization was not found under Oxidation atmosphere because the glaze was not transparent but only the formula number 5 has the crystal inside glaze which was transparent glaze. However, it was not the good formula because there was crazing on the glaze. On the other hand, under Reduction firing atmosphere, there have crystallization in 18 formulas, which have alkaline ratio more than 50 percent. Crazing, mostly happen on the glaze, which have cullet more than 20 percent. Pinhole always found in the formulas, which have the ratio of Soda feldspar more than 25 percent. There are only 6 formulas, which have no any defect, those are the formula number 6, 7, 9, 24, 25 and 32. Eventually, Crazing and Chemical tolerance were tested on those 6 formulas. The result was found that there was no any change on glazes after tested. Thus, those 6 formulas are suitable for Aventurine Glaze of Internal Ceramic Tiles.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การทดลองอัตราส่วนผสมในการทำเคลือบอะเวนจูรีน จากเศษแก้ว โซดาเฟลตสฟาร์
ดินขาว และบอร์แรคซ สำหรับกระเบื้องบุผนังภายใน

ของ

นายชัยชาญ วานิชทวีวัฒน์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.นราภรณ์ หะวานนท์)

วันที่ 16 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2547

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

.....ประธานควบคุม
(อาจารย์ ดร. อุบัติ์ สุวคันธกุล)

.....กรรมการควบคุม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สมศักดิ์ ขวาลาวัณย์)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ ดร. ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ โอภาส สุขหวาน)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับความอนุเคราะห์และให้คำแนะนำจากท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์โกมล รัช
วงศ์ ประธานควบคุมท่าน ดร.อุปวิทย์ สุวคันธกุล และผู้ที่ให้คำแนะนำในการทดลองงานวิจัยนี้ท่านผู้ช่วย
ศาสตราจารย์สมศักดิ์ ขวาลาวัณย์ และท่านอาจารย์สมทรง ชีมาภรณ์ที่ให้เกียรติเป็นผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยขอ
กราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณคณะศิลปกรรมศาสตร์ ที่ได้อนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมืออุปกรณ์ในการดำเนินการวิจัย
คุณธรรมบุญ เจ้าหน้าที บริษัท สหโมเสค ที่ได้อนุเคราะห์กระบี่องดินดิบเพื่อใช้ทดลอง

และสุดท้ายขอขอบพระคุณเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ทุกท่านที่คอยติดตามและให้คำแนะนำ และทุกท่านที่
ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนจนกระทั่งการวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงตามกระบวนการ

ชัยชาญ วานิชทวีวัฒน์

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ.....	1
	ภูมิหลัง.....	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
	ความสำคัญของการวิจัย.....	3
	ขอบเขตของการวิจัย.....	3
	ตัวแปรที่ศึกษา.....	4
	นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
	กรอบแนวคิดการวิจัย.....	6
	สมมติฐานการวิจัย.....	6
2	เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
	ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเคลือบ.....	8
	ความหมายของเคลือบและวัตถุประสงค์ของการเคลือบ.....	8
	การแบ่งชนิดของเคลือบ.....	8
	การแบ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการทำเคลือบ.....	11
	การเตรียมเคลือบ.....	11
	การเคลือบผลิตภัณฑ์.....	12
	การเผาผลิตภัณฑ์.....	13
	เตาเผา.....	18
	ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแก้ว.....	20
	ความหมายของแก้ว.....	20
	ชนิดของแก้ว.....	21
	ประเภทผลิตภัณฑ์แก้ว.....	22
	วัตถุดิบที่ใช้ผลิตแก้ว.....	23
	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระเบื้องดินเผาบุผนังภายใน.....	25
	วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง.....	28
	การอ่านค่าจากตารางสีเหลืองจัดรัส.....	31
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	32

สารบัญ(ต่อ)

บทที่		หน้า
3	วิธีการดำเนินการศึกษาค้นคว้า.....	34
	ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทดลอง.....	34
	วัตถุประสงค์และอุปกรณ์ในการทดลอง.....	38
	การดำเนินการทดลอง.....	39
	สถานที่และเวลาที่ทำการทดลอง.....	42
	การวิเคราะห์ข้อมูล.....	42
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	42
	ผลการทดลอง.....	43
5	สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	52
	จุดมุ่งหมายการทดลอง.....	52
	วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการทดลอง.....	52
	อุปกรณ์และเครื่องมือ	52
	การดำเนินการทดลอง.....	53
	ผลการทดลอง.....	53
	การอภิปรายผล	54
	ข้อเสนอแนะจากการทำวิจัย.....	55
	ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป.....	55
	บรรณานุกรม.....	56
	ภาคผนวก.....	58
	ภาคผนวก ก	
	ตารางการวิเคราะห์เคลือบอะโนดจูนบนบรรยากาศรีดักชัน และบรรยากาศออกซิเดชัน	
	ตารางผลการทดสอบการทนต่อการกัดกร่อน การทนต่อสารเคมี.....	59
	ภาคผนวก ข	
	ภาพแสดงผลการทดลอง.....	66
	ภาคผนวก ค	
	หนังสือขอใช้สถานที่และประวัติผู้เชี่ยวชาญ.....	70
	ประวัติย่อผู้วิจัย.....	76

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 วิธีการเผาดิบ.....	15
2 วิธีการเผาเคลือบ.....	16
3 สารช่วยให้เกิดสีในแก้ว.....	24
4 ส่วนประกอบของแก้ว.....	25
5 ตัวอย่างการอ่านค่าอัตราส่วนผลสมจากตารางสีเหลี่ยมจัตุรัส.....	32
6 อัตราส่วนผลสมเคลือบอะเวนจัวร์นจาก เศษแก้ว บอร์แรกซ์ ดินขาว โซดาฟอสเฟตสปาร์.....	36
7 ผลการทดสอบ การทนต่อการร้าว การทนต่อสารเคมี.....	51
8 รูปอัตราส่วนที่เหมาะสม.....	51
9 การวิเคราะห์เคลือบอะเวนจัวร์นบรรยากาศรีดักชัน.....	60
10 การวิเคราะห์เคลือบอะเวนจัวร์นบรรยากาศออกซิเดชัน.....	63

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 ตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่าแสดงอัตราส่วนผสม.....	35
2 แผนภูมิแสดงลำดับการทดลองขั้นที่ 1.....	40
3 แผนภูมิแสดงลำดับการทดลองขั้นที่ 2.....	41
4 แสดงผลการวิเคราะห์ความมั่นคงของเคลือบในการเผาบรรยากาศออกซิเดชัน.....	44
5 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณการเกิดผลึกในการเผาบรรยากาศออกซิเดชัน.....	45
6 แสดงผลการวิเคราะห์ลักษณะของผิวเคลือบในการเผาบรรยากาศออกซิเดชัน.....	46
7 แสดงผลการวิเคราะห์ความมั่นคงของเคลือบในการเผาบรรยากาศรีดักชัน.....	47
8 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณการเกิดผลึกในการเผาบรรยากาศรีดักชัน.....	48
9 แสดงผลการวิเคราะห์ลักษณะของผิวเคลือบในการเผาบรรยากาศรีดักชัน.....	49
10 ชั้นทดลองเผาบรรยากาศรีดักชัน.....	67
11 ชั้นทดลองเผาบรรยากาศออกซิเดชัน.....	68
12 ชั้นทดลองที่ผ่านการทดสอบการทนการร้าว การทนต่อสารเคมี.....	69

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

อุตสาหกรรมเซรามิก เป็นอุตสาหกรรมที่ใช้วัตถุดิบในประเทศเป็นส่วนใหญ่การผลิตจะใช้แรงงานเป็นจำนวนมากเป็นอุตสาหกรรมที่สนองนโยบายของรัฐในการสร้างงานและการกระจายรายได้ไปสู่ภูมิภาคจึงนับว่าเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญอุตสาหกรรมหนึ่ง(รายงานสภาวะอุตสาหกรรมไตรมาส2:2546)การผลิตเซรามิก ไตรมาสที่ 2 ปี 2546 มีอัตราการขยายตัวที่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเงิน จากการขยายตัวของธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ในประเทศที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยกระเบื้องปูพื้น บุผนัง มีปริมาณการผลิต 27.94 ล้านตารางเมตร เมื่อเทียบกับไตรมาสก่อน และเปรียบเทียบกับระยะเดียวกันของปีก่อนมีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้น ร้อยละ8.69 และ 8.81 ตามลำดับ และในช่วงครึ่งปีแรกของปี 2546 การผลิตกระเบื้องปูพื้น บุผนัง มีปริมาณ 53.63 ล้านตารางเมตร เมื่อเทียบกับระยะเดียวกันของปี 2545 ซึ่งมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 12.11 (รายงานสภาวะอุตสาหกรรมไตรมาส 2:2546) ในด้านการตลาด การจำหน่ายเซรามิกในประเทศมีอัตราการขยายตัวเพิ่มสูงขึ้นจากการขยายตัวของธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ โดยไตรมาสที่ 2 ปี2546 กระเบื้องปูพื้น บุผนัง มีปริมาณการจำหน่าย 34.43 ล้านตารางเมตร เมื่อเทียบกับไตรมาสเดียวกันของปีก่อนมีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.01 และ 20.11 ตามลำดับ และในครึ่งแรกของปี 2546 การจัดจำหน่ายกระเบื้องปูพื้น บุผนัง มีปริมาณ 67.22 ล้านตารางเมตรเมื่อเทียบกับระยะเดียวกันของปีก่อน มีอัตราการขยายตัวร้อยละ 21.05(รายงานสภาวะอุตสาหกรรมไตรมาส 2:2546) ในด้านการส่งออกกระเบื้องปูพื้น กระเบื้องบุผนังยังมีอัตราส่วนที่น้อยมากเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์อื่นแต่ด้านการนำเข้ากลับมีสัดส่วนสูงเนื่องจากประเทศอื่นมีราคาที่ต่ำกว่ากระเบื้องปูพื้น กระเบื้องบุผนัง ภายในประเทศ เนื่องจากบางประเทศมีราคาดันทุนที่ต่ำกว่าเช่น จีนและบางประเทศในกลุ่มอาเซียน(รายงานสภาวะอุตสาหกรรมไตรมาส 2:2546) และจากนโยบายของรัฐบาลในปัจจุบันมีความต้องการที่จะพัฒนาเศรษฐกิจในชุมชนต่างๆในโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์เป็นแนวทางประการหนึ่งที่จะสร้างความเจริญแก่ชุมชนให้สามารถยกระดับและฐานะความเป็นอยู่ของชุมชนให้ดีขึ้นโดยการผลิตหรือการจัดการทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นให้กลายเป็นสินค้าที่มีคุณภาพ (www.Thaitambon.com:24กค45:ONLINE)

ในกระบวนการผลิตเซรามิกน้ำเคลือบจัดเป็นส่วนประกอบที่สำคัญส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์เพราะเคลือบคือวัสดุที่ใช้ปกป้องผิวผลิตภัณฑ์ให้มีความแข็งแรงช่วยเพิ่มความแข็งแรงและสามารถทำความสะอาดได้ง่าย เพราะผิวเคลือบมีความมันเนื่องการหลอมละลายของสารประกอบอลูมินา ซิลิกา และสารช่วยในการหลอมละลาย เมื่อผ่านการบดให้ละเอียดและเผาในอุณหภูมิจะทำให้เคลือบกลายเป็นแก้วเกาะที่ผิวผลิตภัณฑ์และการทำน้ำเคลือบนั้นก็มีส่วนประกอบจากสารเคมีหลายชนิดโดยแบ่งตามกลุ่มของความเป็นกรด เป็นกลาง และเป็นด่าง และเศษแก้ว(Cullet)ก็เปรียบเสมือนฟritสามารถนำมาเป็นส่วนประกอบของเคลือบได้แม้ว่าจะมีส่วนประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันเนื่องจากการทำแก้วประเภทใดย่อมมีส่วนผสมที่แตกต่างกันแต่การทำแก้วส่วนใหญ่จะทำจากโซดา-ไลม์กับซิลิกาเป็นหลัก หรือมีส่วนประกอบจากต่างโซเดียมจากบอแรกซ์และหินปูนซึ่งเป็นวัตถุดิบที่สามารถหลอมละลายได้แก้วเศษแก้ว(Cullet) มีสามารถเอาไปผสมน้ำเคลือบได้(ไพจิตร อิงศิริวัฒน์ 2537:78)โดยจะทำหน้าที่เป็น

ตัวลดอุณหภูมิของเคลือบ[Flux]มีสูตรทางเคมีคือ $0.5\text{Na}_2\text{O} \cdot 0.5\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ เมื่ออุณหภูมิลดลงก็สามารถทำให้ประหยัดการใช้เชื้อเพลิงลงได้มาก

เคลือบอะเวเนจัวร์นคือเคลือบใสสีน้ำตาลที่มีผลึกเล็กๆ คล้ายกากเพชรสีทองลอยแขวนอยู่ในชั้นเคลือบจำนวนมาก ผลึกเล็กๆเหล่านี้เมื่อโดนแสงกระทบจะสะท้อนระยิบระยับคล้ายผลึกสีทองของก้อนแร่อะเวเนจัวร์นที่มีผลึกของแร่เฮมาไทต์ฝังเป็นเกล็ดอยู่(ไพจิตร อิงศิริวัฒน์ 2537:123) นอกจากนี้เคลือบชนิดนี้เป็นผลึกของซิลิกาตกพร้อมกับแร่เหล็กเฮมาไทต์ หรือเป็นผลึกของทองแดงออกไซด์ตกผลึกรวมตัวกับซิลิกา(โกมล รัชชวงศ์.2538:217) หรือถ้ามีปริมาณของแร่เหล็กในสูตรเคลือบเกินกว่าร้อยละ 10 ขึ้นไป ผลึกของแร่เหล็กส่วนเกินในเคลือบจะตกผลึกเป็นเกล็ดเล็ก ๆ สีน้ำตาลแดงในชั้นของเคลือบขณะที่เคลือบเย็นตัวลงอย่างช้า ๆ และบางครั้งถ้าเย็นตัวช้ามากเกินไป ก็จะทำให้กลายเป็นเคลือบที่มีผิวทึบแสงแทน การทำเคลือบอะเวเนจัวร์นจะต้องขึ้นอยู่กับปริมาณของแร่เหล็กในสูตรเคลือบซึ่งมีเกินร้อยละ 10 ขึ้นไป และการควบคุมเตาเผาให้เย็นตัวลงช้าพอประมาณหลังการเผาเคลือบนี้สามารถเผาได้ผลดีทั้งเตาแก๊สและเตาไฟฟ้า แต่ถ้าเผาไม่ถูกวิธีจะได้เคลือบที่สีน้ำตาลแดงผิวทึบแสงแทน ความหนาของเคลือบที่ใช้ต้องมีความหนามากกว่าเคลือบธรรมดา คือ หนาประมาณ 1.5 มม. (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์: 124) จะเห็นได้ว่าการเกิดเคลือบนั้นเกิดมาจากเคลือบที่มีเฟอร์ริกออกไซด์มากกว่าปกติและค่อนข้างสำคัญเกี่ยวกับอัตราส่วนที่ถูกต้องของเฟอร์ริกออกไซด์ เพื่อที่จะป้องกันการเกิดผลึกเพียงเล็กน้อยเพราะในเคลือบจะมีผลึกของแร่เหล็กเฮมาไทต์ (Haematite) และแร่เฟลายไลต์ (Fayalite) $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ อยู่แล้วโดยทั่วไปทั้งเคลือบตะกั่วบอริกที่มีอุณหภูมิต่ำ และเคลือบบอริกอัลคาไลน์ ก็เหมาะที่จะใช้เป็นเคลือบพื้นฐานทั้งคู่ จากความคิดเห็นของShurecht บอกว่าผลึกเคลือบอะเวเนจัวร์นสามารถเปลี่ยนสีได้จากแดงจนถึงดำ ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณของเฟอร์ริกออกไซด์และบรรยากาศการเผาด้วย ผลึกสีแดงจะเกิดขึ้นในการเผาแบบออกซิเดชัน(OF)และผลึกสีดำจะเกิดจากการเผาแบบรีดักชัน(RF)บางส่วนของผลึกที่เกิดจากการเผาแบบออกซิเดชันจะเป็นสีน้ำตาลแดงระหว่างเย็นตัวลง (Stefan Stefanof.1988:324;ciling Shurecht) Parmelee และLothrop (622) ได้ทดสอบเคลือบอะเวเนจัวร์นที่มีการหลอมตัวที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียสและพบว่ากระบวนการเกิดผลึกสามารถเพิ่มมากขึ้นได้โดยการเพิ่ม โซเดียมออกไซด์ และโซเดียมออกไซด์เป็นอัลคาไลน์ออกไซด์ที่ใช้บ่อยในเคลือบอะเวเนจัวร์นและมีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณสมบัติและขนาดของผลึกส่วนโปแตสเซียมออกไซด์มีความเหมาะสมน้อยกว่า การลดปริมาณตะกั่วออกไซด์ในขณะเดียวกันก็เพิ่มปริมาณโซเดียมออกไซด์ จะเป็นการช่วยการตกผลึกและมีความมันวาวมากขึ้น แคลเซียมออกไซด์ก็ช่วยกระตุ้นกระบวนการเกิดผลึก(Stefan Stefanof.1988:324อ้างจาก Parmelee และLothrop) เคลือบอะเวเนจัวร์นในยุคแรกๆ จะใช้สูตรตะกั่วเป็นหลัก เคลือบตะกั่วทั่วไปสามารถหลอมละลายเฟอร์ริกได้ถึงร้อยละ 7 เมื่อเผาอุณหภูมิต่ำแต่ในปัจจุบันมีการพัฒนาเคลือบให้มีอุณหภูมิสูงแทนเคลือบตะกั่วที่เป็นพิษและถ้าแร่เหล็กที่มีในสูตรเคลือบเกินกว่าร้อยละ 10 ผลึกของแร่เหล็กส่วนเกินในเคลือบจะตกผลึกเป็นเกล็ดเล็กๆ สีน้ำตาลแดงในชั้นของเคลือบ(ไพจิตร อิงศิริวัฒน์ 2537:123)

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในปัญหาของต้นทุนการผลิต และปัญหาการตกแต่งผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงทำการทดลองทำเคลือบอะเวเนจัวร์นเป็นเคลือบที่มีผลึกในเนื้อเคลือบซึ่งมีความสวยงามและโดดเด่นในตัวเคลือบเอง โดยนำเศษแก้ว(Cullet)ซึ่งเป็นเศษวัสดุที่เหลือจากการใช้งานและมีราคาถูกมาเป็นส่วนผสมเพราะเศษแก้วมีส่วนประกอบทางเคมีที่เหมาะสมเพราะมีธาตุ โซเดียม Na_2O ซึ่งช่วยในการเกิดผลึก แคลเซียม CaO ก็เป็นตัวช่วยกระตุ้นในการเกิดผลึก โซดาฟอสเฟตสฟาร์ เป็นสารที่เหมาะสมกับการเป็นเคลือบพื้นฐานของเคลือบอะเวเนจัวร์นอยู่แล้วและดินขาวก็เป็นวัตถุดิบที่ช่วยลดการไหลตัวของเคลือบและช่วยในการยึดเกาะผิวดินก่อนการเผา และผลของการทดลองที่ได้ก็จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้องในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมจากอัตราส่วนผสมระหว่าง เศษแก้ว(Cullet) โซดาเฟลด์สปาร์(Soda Feldspar) ดินขาว(Kaolin) บอรัลเรคซ(Borax) และ เฟอริกออกไซด์(Ferric oxide)สำหรับทำน้ำเคลือบอะเวนจัวร์ที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส สำหรับเคลือบกระเบื้องดินเผาบุผนังภายใน

ความสำคัญของการวิจัย

อัตราส่วนผสมและลักษณะของเคลือบที่จะได้จากการทดลองครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานอุตสาหกรรมเซรามิก และผู้สนใจทั่วไป เพราะจะได้ใช้เคลือบอะเวนจัวร์ที่มีราคาถูก และยังสามารถนำแก้วที่เหลือจากการใช้งานมาใช้ประโยชน์ได้

ขอบเขตของการวิจัย

การทดลองทำเคลือบอะเวนจัวร์ครั้งนี้เพื่อให้ได้บรรลุจุดมุ่งหมายผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการทดลองไว้ดังนี้

1. วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

- 1.1 เศษแก้ว(Cullet) $0.5\text{Na}_2\text{O}$ 0.5CaO SiO_2
- 1.2 โซดาเฟลด์สปาร์(Soda Feldspar) Na_2O $\cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ $\cdot 6\text{SiO}_2$
- 1.3 ดินขาว(Kaolin) Al_2O_3 $\cdot 2\text{SiO}_2$ $\cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- 1.4 บอรัลเรคซ(Borax) Na_2O $\cdot \text{B}_2\text{O}_3$ $\cdot 10\text{H}_2\text{O}$
- 1.5 เฟอริกออกไซด์(Ferric oxide) Fe_2O_3

2. กำหนดอัตราส่วนผสมของเคลือบจากตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่าจำนวน 81 อัตราส่วนผสม โดยกำหนดสารหลักคือ เศษแก้ว โซดาเฟลด์สปาร์ ดินขาว และบอรัลเรคซ ซึ่งส่วนผสมหลัก 4 ชนิดและจะมีค่าของอัตราส่วนผสมเปลี่ยนไปตามแต่ละจุดแต่เมื่อรวมกันจะต้องมีค่าเป็น 100 และเพิ่มเฟอริกออกไซด์ ให้มีค่าร้อยละ 10 โดยเพิ่มจากน้ำหนักของสารหลัก

3. การทดลองมี 2 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

การทดลองขั้นที่ 1 ทำการทดลองเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียสในบรรยากาศ

การเผาแบบออกซิเดชันและ บรรยากาศการเผาแบบรีดักชันด้วยเตาแก๊สเพื่อหาจุดที่เกิดเคลือบผลึก และคัดเลือกจุดที่ดีที่สุดโดยผู้เชี่ยวชาญ โดยการเปรียบเทียบกันเองภายในอัตราส่วนต่างๆ

การทดลองขั้นที่ 2 นำเคลือบในจุดที่ผู้เชี่ยวชาญเลือกมาทดลองเคลือบบนแผ่นกระเบื้องและ

เผาในอุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียสในบรรยากาศออกซิเดชันและบรรยากาศรีดักชัน

4. กระเบื้องดินดิบขนาด 10x10 เซนติเมตรเนื้อดินที่ใช้เป็นของ บริษัท สหโมเสกอุตสาหกรรมจำกัด
5. เตาเผาใช้เตาแก๊สขนาด กว้าง 65 เซนติเมตร ยาว 49 เซนติเมตร สูง 47 เซนติเมตร
6. ตรวจสอบมาตรฐานในด้านการทนการราน การทนสารเคมีตามมาตรฐานอุตสาหกรรม

กระเบื้องดินเผาบุผนังภายใน(มอก. 613-2529)

7. ตัวแปรที่ศึกษา

7.1 ตัวแปรต้น ได้แก่

7.1.1.อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ จำนวน 81 อัตราส่วน ซึ่งประกอบด้วย เศษแก้ว

โซดาเฟลด์สพาร์ ดินขาว บอร์แรคซ โดยกำหนดจากแผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่า และกำหนดค่าเฟอร์ริกออกไซด์ อยู่ที่ร้อยละ 10

7.1.2.บรรยากาศการเผา

7.1.2.1 บรรยากาศออกซิเดชัน

7.1.2.2 บรรยากาศรีดักชัน

7.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ลักษณะของเคลือบมีดังนี้

7.2.1 การหลอมตัวของเคลือบ

7.2.2 การเกิดผลึกเปรียบเทียบกับปริมาณผลึกกันเองภายในตาราง

7.2.3 ความสมบูรณ์ของเคลือบ ตรวจมาตรฐานอุตสาหกรรมกระเบื้องดินเผาเคลือบบุผนัง ภายใน (มอก. 613-2529)

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. เคลือบอะเวนจัวร์น หมายถึง เคลือบที่มีผลึกเล็กๆในเคลือบคล้ายกากเพชรเมื่อกระทบแสงจะมีประกายระยิบระยับที่เกิดจากปริมาณของเฟอร์ริกออกไซด์ในน้ำเคลือบมากกว่าร้อยละ 10
2. อัตราส่วนผสม หมายถึง ปริมาณวัตถุดิบที่นำมาผสมกันเป็นเคลือบโดยการเจาะจงจากตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่า และเพิ่มปริมาณเฟอร์ริกออกไซด์(Ferric oxide) ในอัตราส่วนร้อยละ 10 จากน้ำหนักรวมของเคลือบในแต่ละอัตราส่วน
3. ตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่า หมายถึง ตารางใช้ในการกำหนดอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่มีการศึกษาอัตราส่วนของเคลือบอะเวนจัวร์นโดยกำหนดอัตราส่วนของสารเริ่มจากร้อยละ 5 และเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 จนถึงร้อยละ 45 รวมเป็น 81 อัตราส่วน
4. บรรยากาศออกซิเดชัน หมายถึง บรรยากาศภายในเตาเผา ที่มีการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ คือ บรรยากาศที่มีออกซิเจนเพียงพอกับการทำปฏิกิริยากับเชื้อเพลิง
5. บรรยากาศแบบรีดักชัน หมายถึง บรรยากาศการเผาชนิดเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ คือ ปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอกับการเผาและเผาด้วยเตาแก๊ส
6. เศษแก้ว(Cullet) หมายถึงเตรียมได้จากขวดใส่นำมาผ่านเครื่องบดและกรองผ่านตะแกรงหยาบ (มุ้งลวด) และนำเศษแก้วที่ได้ไปบดด้วยเครื่องบดสารขนาดเล็ก (Ball mill) และนำมารองผ่านตะแกรงขนาด100 เมส(mesh)จากนั้นทำให้แห้งด้วยการอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสจนแห้งสนิท และในการเตรียมเศษแก้วนี้ได้กำหนดชนิดขวดเป็นขวดสุราชนิด กลมใสขนาด 70 เซ็นติลิตร(cl)
7. โซดาเฟลด์สพาร์(Soda Feldspar) หมายถึง วัตถุดิบที่เป็นสารประกอบของ โซเดียม อลูมินา และซิลิกา จากแหล่งกาญจนบุรี
8. ดินขาว(Kaolin) หมายถึงดินที่ได้จากแหล่งดินขาวจังหวัดลำปาง
9. บอร์แรคซ(Borax) หมายถึง สารประกอบที่มีชื่อทางเคมีว่า โซเดียมเตตราโบเรต มีลักษณะ

เป็นผลึกสีขาว เป็นสารละลายที่ใช้ในการค้าทั่วไป

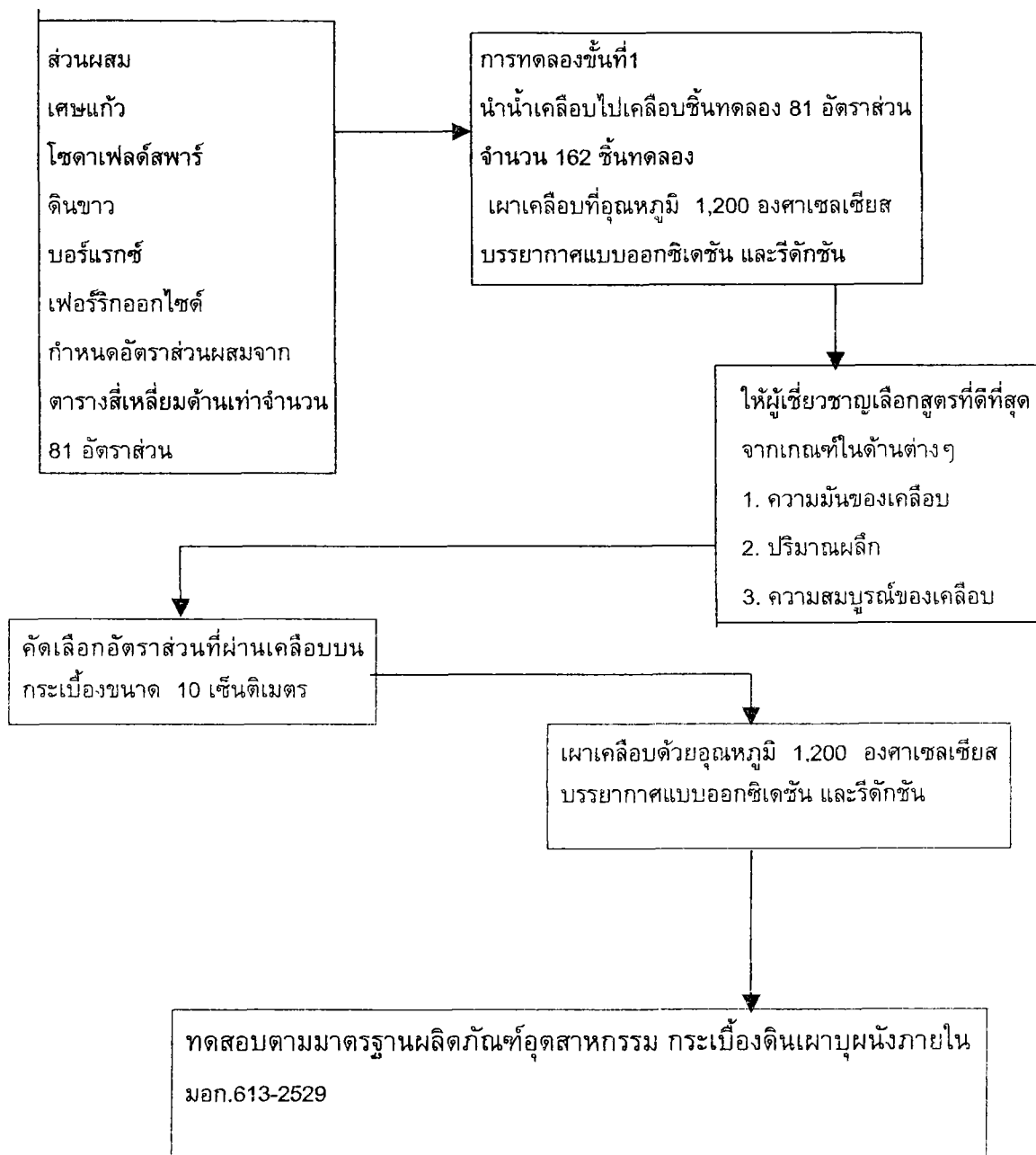
10. เพอร์ริกออกไซด์(Ferric oxide) หมายถึง ออกไซด์ของเหล็กมีสีแดงที่มีสูตรทางเคมีคือ Fe_2O_3

11. การหลอมตัวของเคลือบหมายถึง ความมันของเคลือบ ลักษณะของผิวเคลือบหลังการเผาซึ่งสามารถแบ่งได้คือ เคลือบ ไม่หลอม เคลือบกึ่งมันกึ่งด้าน และเคลือบมัน จากความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

12. การเกิดผลึก หมายถึงสูตรที่มีการเกิดผลึกขึ้นและดูปริมาณผลึกที่เกิดโดยเปรียบเทียบปริมาณผลึกกันเองแต่ละอัตราส่วนภายในตารางโดยแบ่งเป็น -น้อยที่สุด - น้อย-ปานกลาง -มาก -มากที่สุดจากความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

13. ความสมบูรณ์ของเคลือบ หมายถึง ลักษณะของผิวเคลือบที่เกิดเมื่อตรวจสอบจากการทดสอบในด้านลักษณะทั่วไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องดินเผาเคลือบบุผนังภายใน มอก. 613-2529 ว่าพบปัญหาบนผิวเคลือบในลักษณะต่างๆคือการล่อนตัวการเกิดรูเข็ม การล่อนตัว รอยราน รอยพอง หลุม การหดตัวของเคลือบ หรือไม่ จากการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญ

กรอบแนวคิดการวิจัย



สมมติฐานการวิจัย

การใช้เศษแก้ว โซดาเฟลด์สพาร์ ดินขาว บอร์แรกซ์ และเฟอร์ริกออกไซด์ สามารถทำเคลือบอะเวนจูรีน
ได้ ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม 613-2529

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการทำการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมานำเสนอ และแยกเป็นข้อต่างๆดังนี้

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเคลือบ
 - 1.1. ความหมายของเคลือบและวัตถุประสงค์ของการเคลือบ
 - 1.2. การแบ่งชนิดของเคลือบ
 - 1.3. การแบ่งกลุ่มวัตถุดิบในการทำเคลือบ
 - 1.4. การเตรียมน้ำเคลือบ
 - 1.5. การเคลือบผลิตภัณฑ์
 - 1.6. การเผาผลิตภัณฑ์
 - 1.7. เตาเผา
2. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแก้ว
 - 2.1 ความหมายของแก้ว
 - 2.2. การแบ่งชนิดของแก้ว
 - 2.3. การจำแนกแก้วตามลักษณะการใช้งาน
 - 2.4. วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแก้ว
3. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระเบื้องดินเผาบุผนังภายใน
4. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง
 - 4.1 เศษแก้ว
 - 4.2 โซดาเฟลตสฟาร์
 - 4.3 เหล็กออกไซด์
 - 4.4 บอร์แรคช
 - 4.5 ดินขาว
5. การอ่านค่าจากตารางสีเหลี่ยมด้านเท่า
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเคลือบ

ดินที่ผ่านการขึ้นรูปเป็นภาชนะรูปทรงต่างๆ หรือที่เราเรียกว่าเครื่องปั้นดินเผานั้นโดยมากเนื้อดินจะมีผิวที่หยาบยากต่อการทำความสะอาดและผลิตภัณฑ์ยังมีความแข็งแรงของพื้นผิวมากขึ้นไม่บิ่นง่ายเมื่อกระทบกันบ่อยๆ ขณะล้างทำความสะอาด และสามารถใส่ของเหลวได้โดยไม่รั่วซึม

1.1 ความหมายของเคลือบและวัตถุประสงค์ของการเคลือบ

เคลือบ(Glaze) คือวัสดุที่มีลักษณะเหมือนแก้วฉาบอยู่บนผิวผลิตภัณฑ์เซรามิกเป็นสารประกอบซิลิเกต(Silicate) และอลูมินา(Alumina) และสารช่วยในการหลอมละลาย(Flux) นำมาบดผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสมแล้วผ่านการเผาในอุณหภูมิสูงให้มีสภาพหลอมละลาย(โกลล รัชวงศ์. 2538 : 7)

วัตถุประสงค์ของการเคลือบสามารถแบ่งได้เป็นข้อๆ ดังนี้(ทวี พรหมพฤษ. 2523:95)

เพื่อไม่ให้ของเหลวและก๊าซซึมผ่านผลิตภัณฑ์

เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ทนต่อการกัดกร่อนจากกรดและด่าง

เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความเกลี้ยงเกลา สะอาด และง่ายต่อการทำความสะอาดและรักษา

ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสวยงามน่าใช้ และปิดบังผิวดินได้ดี

การเคลือบช่วยให้เพิ่มความต้านทานต่อการกระแทกเสียดสีได้ดี

1.2 การแบ่งชนิดของเคลือบ

เนื่องจากน้ำเคลือบมีลักษณะที่แตกต่างกันทางด้านวัตถุดิบที่ใช้ ลักษณะของผิวเคลือบ อุณหภูมิที่เผา วิธีการผลิตหรือชนิดของผลิตภัณฑ์ดังนั้นนักเซรามิกจึงจำแนกชนิดของน้ำเคลือบไว้คือ(โกลล รัชวงศ์.2538:8)

1.2.1 แบ่งตามวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมหลักของน้ำเคลือบ

1.2.1.1 เคลือบตะกั่ว เป็นน้ำเคลือบที่เผาในอุณหภูมิต่ำมีส่วนผสมของตะกั่วเป็นหลัก สารประกอบตะกั่วที่ใช้ได้เช่น ตะกั่วแดง ตะกั่วลิทาร์จและตะกั่วกาสิโน

1.2.1.2 เคลือบหินฟันม้าหรือเฟลด์สปาร์ เป็นน้ำเคลือบที่เผาในอุณหภูมิตั้งแต่ 1,180-1,350 องศาเซลเซียส ใช้หินฟันม้าเป็นส่วนผสมหลักโดยนิยมใช้หินฟันม้าชนิด โพแทสเฟลด์สปาร์ หรือ โซดาเฟลด์สปาร์

1.2.1.3 เคลือบบอร์แรคซเป็นน้ำเคลือบที่เผาในอุณหภูมิต่ำและบอร์แรคซเป็นสารที่หลอมละลายน้ำได้ดีดังนั้นการนำมาใช้ให้ได้ผลที่ดีควรใช้ในรูปแบบของฟritบอร์แรคซ น้ำเคลือบชนิดนี้จะใช้บอร์แรคซเป็นส่วนผสมหลัก

1.2.1.4 เคลือบซีเถ้า เป็นน้ำเคลือบที่ใช้ซีเถ้าไม่เป็นส่วนผสมหลัก โดยผสมกับ ดิน หินฟันม้า หินปูนหรือสารอื่น โดยมากจะเป็นเคลือบอุณหภูมิสูง มักนิยมใช้เคลือบผลิตภัณฑ์สโตนแวร์เช่น โอ่งราชบุรี เครื่องสังคโลก

1.2.1.5 เคลือบเกลือน้ำเคลือบเกลือเป็นเคลือบที่เผาในอุณหภูมิสูงพิเศษกว่าเคลือบอื่น ๆ ที่กล่าวมาแล้ว เคลือบเกลือจะเผาในอุณหภูมิประมาณ 1,250 องศาเซลเซียสขึ้นไป การสร้างเตาเผาสำหรับเคลือบเกลือจะสร้างขึ้นสำหรับเผาเคลือบเกลือโดยเฉพาะ ในการเผาเคลือบเกลือจะทำการขัดเกลือเข้าไปในช่องสำหรับขัดเกลือในช่วงอุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส เกลือจะเกิดการระเหิดตัวแตกตัว

โซเดียมที่อยู่ในสารประกอบของเกลือระเหยกลายเป็นไอไปจับผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดเป็นเกลือ เนื่องจากเนื้อมันมีสารประกอบของอลูมินาและซิลิกาจึงหลอมรวมกันเป็นเกลือได้ ส่วนคลอรีนจะหายไปกับความร้อนภายในเตาเผา

1.2.2. แบ่งตามลักษณะของเกลือและผิวของเกลือหลังจากการเผามีดังนี้

1.2.2.1 เกลือปิส เกลือปิสเป็นเกลือที่สามารถมองเห็นเนื้อผลิตภัณฑ์ได้ชัดเจน และมีความมันเป็นส่วนใหญ่ โดยมากจะใช้เกลือผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้เห็นเนื้อผลิตภัณฑ์โดยเฉพาะ เครื่องเคลือบดินเผาที่เขียนสีได้เกลือ เช่น เครื่องปั้นดินเผา จำพวกลายคราม

1.2.2.2 เกลือทึบ เกลือทึบเป็นเกลือที่เกลือผลิตภัณฑ์แล้วจะมองไม่เห็นสีของเนื้อมัน เกลือทึบส่วนมากจะใช้สารที่ทำให้เกิดทึบผสมเข้าไปในน้ำเกลือ เช่น ดินบุกออกไซด์ เซอร์โคเนียมออกไซด์ ไทตาเนียมออกไซด์ เป็นต้น เมื่อใช้วัตถุดิบเหล่านี้ผสมเข้าไปในเกลือจะทำให้เกลือเกิดทึบปิดบังผลิตภัณฑ์ได้

1.2.2.3 เกลือด้าน เป็นเกลือผิวด้านลักษณะคล้ายๆเปลือกไข่ความด้านของผิวเกลือจะด้านมากน้อยขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสม ถ้าหากใช้วัตถุดิบที่เป็นสารประกอบของอลูมินาสูงจะทำให้ด้านมาก เกลือบางชนิดจะเป็นเกลือด้านน้อยหรือกึ่งด้านกึ่งมัน เกลือด้านนิยมใช้กับกระเบื้องปูพื้นเป็นส่วนใหญ่ ไม่นิยมใช้เคลือบภาชนะใส่อาหารและสุขภัณฑ์ เพราะล้างทำความสะอาดยาก

1.2.2.4 เกลือเปลือก เป็นเกลือที่ตกเป็นผลึกมีดอกดวงเป็นรูปเข็ม รูปพัด เป็นต้น เกลือเปลือกจะเกิดขึ้นได้เมื่อมีสังกะสีออกไซด์ ผสมเข้าไปในเกลือ และมีวัตถุดิบที่ให้น้ำหนักโมเลกุลสูงผสมอยู่ด้วย เช่น โคบอลต์ออกไซด์ เหล็กออกไซด์ ทองแดงออกไซด์ เป็นต้น สารจำพวกนี้มีน้ำหนักโมเลกุลสูงจะทำให้ตกผลึกได้ดี นอกจากส่วนผสมวัตถุดิบดังกล่าวแล้วสิ่งอื่นที่ทำให้เกิดเกลือเปลือกได้ ก็คือวิธีการเผาจะต้องทำการเผาโดยวิธีการเย็นไฟ ในระยะเวลายาวจึงจะเกิดผลได้

1.2.2.5 เกลือมัน เป็นน้ำเกลือที่มีผิวมัน มักจะนิยมใช้กับผลิตภัณฑ์ จำพวกเครื่องถ้วยชามและสุขภัณฑ์ เนื่องจากผิวมันของเกลือสามารถทำความสะอาดได้ง่าย

1.2.2.6 เกลือราน เกลือชนิดนี้จะเกิดการรานตัวเป็นเส้นหรือร่างแห จะเกิดขึ้นได้หลายสาเหตุด้วยกันคือ

เกิดจากน้ำเกลือ และเนื้อมันหดตัวขยายตัวไม่เท่ากัน ในขณะที่เผาที่จุดหลอมละลายของเกลือ

เกิดจากการเปิดเตาเผาในขณะที่เตาเผายังร้อน ผลิตภัณฑ์กระทบกับอากาศเย็นภายนอกเตาเผา ทำให้เกิดการรานตัวได้

ซุบเกลือหนาเกินไป หรือซุบเกลือหนบางแตกต่างกันมากเกินไป บนผิวผลิตภัณฑ์ หลังจากการเผาจะทำให้เกลือรานตัวได้โดยเฉพาะส่วนที่มีความหนา

1.2.2.7 เกลือมุก เป็นเกลือที่มีความมันแวววาวมาก มีลักษณะมันคล้ายกับเปลือกหอยมุก เกลือชนิดนี้ต้องมีส่วนผสมของโลหะออกไซด์ และเกลือของโลหะ โดยเฉพาะมีส่วนผสมของตะกั่ว ในเกลือจะทำให้เกิดความมันแวววาวสูง

1.2.2.8 เคลือบอะเวนจูรีน เป็นเคลือบที่มีประกายเป็นจุดเล็ก ๆ ในเนื้อเคลือบส่วนมาก

จะออกมาในรูปของประกายเงิน หรือประกายทอง จะเกิดจากสารจำพวกเหล็กออกไซด์ทำปฏิกิริยากับสารประกอบของบอรอนออกไซด์ในเคลือบ-เคลือบอะเวนจูรีน คือเคลือบสีน้ำตาลที่มีผลึกเล็ก ๆ คล้ายกากเพชรสีทองแวววาวลอยอยู่ในชั้นของเคลือบจำนวนมาก ผลึกเล็ก ๆ เหล่านี้เมื่อโดนแสงสว่างตกกระทบจะสะท้อนแสงระยิบระยับคล้ายผลึกสีทองของก้อนแร่อะเวนจูรีนที่มีผลึกของแร่เหล็กเฮมาไทต์ (Haematite) Fe_2O_3 ผั่งเป็นเกล็ดอยู่ เคลือบชนิดนี้ได้ชื่อมาจากก้อนแร่ควอทซ์ที่ตกผลึกรวมกับแร่เหล็กเรียกว่าอะเวนจูรีนนั่นเอง เคลือบอะเวนจูรีนส่วนใหญ่ใช้แร่เหล็กเป็นตัวตกผลึกเฟอร์ริกออกไซด์ (Ferric oxide) ตกผลึกเป็นเกล็ดสีน้ำตาลแดง มีผู้สามารถทดลองผลึกสีเขียวจากทองแดง (Copper Oxide) และสีเหลืองอ่อนจากยูเรเนียม (Uranium Oxide) ได้จากสูตรเคลือบอะเวนจูรีนเคลือบอะเวนจูรีนยุคแรกใช้สูตรเคลือบตะกั่วเป็นหลักเคลือบตะกั่วโดยทั่วไปสามารถหลอมละลายกับเฟอร์ริกได้ถึงร้อยละ 7 เมื่อเผาในอุณหภูมิต่ำ ส่วนเกินของเฟอร์ริกออกไซด์ (Ferric oxide) ในเคลือบจะไปตกเป็นผลึกเล็ก ๆ สีน้ำตาลแดงในชั้นของเคลือบขณะที่เคลือบเย็นตัวลงอย่างช้า ๆ ในปัจจุบันนี้ผู้พัฒนาเคลือบอะเวนจูรีนโดยใช้เคลือบเผาในอุณหภูมิสูงแทนเคลือบตะกั่วที่เป็นพิษ เคลือบสีที่เผาในอุณหภูมิ 1,280 องศาเซลเซียส สามารถละลายแร่เหล็กได้ประมาณร้อยละ 10 ในเคลือบกลายเป็นสีน้ำตาลใส ถ้าไม่มีตัวทำให้เกิดผลึก ในสูตรเคลือบ เช่น พวกทาลคัม หรือแมกนีเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวล่อ ซึ่งทำให้เกิดเคลือบด้านและเคลือบทึบแทน แต่ถ้ามีปริมาณของแร่เหล็กในสูตรเคลือบเกินกว่าร้อยละ 10 ขึ้นไปผลึกของแร่เหล็กส่วนเกินในเคลือบจะตกผลึกเป็นเกล็ดเล็ก ๆ สีน้ำตาลแดงในชั้นของเคลือบขณะที่เคลือบเย็นตัวลงอย่างช้า ๆ และบางครั้งถ้าเย็นตัวช้ามากเกินไป ก็จะกลายเป็นเคลือบที่มีผิวทึบแสงแทน การทำเคลือบอะเวนจูรีนจะต้องขึ้นอยู่กับปริมาณของแร่เหล็กในสูตรเคลือบซึ่งมีเกินร้อยละ 10 ขึ้นไป และการควบคุมเตาเผาให้เย็นตัวลงช้าพอประมาณหลังการเผาเคลือบนี้สามารถเผาได้ผลดีทั้งเตาแก๊สและเตาไฟฟ้า แต่ถ้าเผาไม่ถูกวิธีจะได้เคลือบที่สีน้ำตาลแดงผิวทึบแสงแทน ความหนาของเคลือบที่ใช้ต้องมีความหนามากกว่าเคลือบธรรมดา คือ หนาประมาณ 1.5 มิลลิเมตร (ไพจิตรอิงศิริวัฒน์.2537:124) จะเห็นได้ว่าการเกิดเคลือบนั้นเกิดมาจากเคลือบที่มีเฟอร์ริกออกไซด์มากกว่าปกติและค่อนข้างสำคัญเกี่ยวกับอัตราส่วนที่ถูกต้องของเฟอร์ริกออกไซด์ เพื่อที่จะป้องกันการเกิดผลึกเพียงเล็กน้อยเพราะในเคลือบจะมีผลึกของแร่เหล็กเฮมาไทต์ (Haematite) และแร่เฟยาไลต์ (Fayalite) $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ อยู่แล้วโดยทั่วไปทั้งเคลือบตะกั่วบอริกที่มีอุณหภูมิเผาต่ำ และเคลือบบอริกอัลคาไลน์ ก็เหมาะที่จะใช้เป็นเคลือบพื้นฐานทั้งคู่ (Stefan stefanof.1988:323)

Shurecht (Stefanstefanof.1988:324;citing Shurecht. n.d.) บอกว่าผลึกเคลือบอะเวนจูรีนสามารถเปลี่ยนสีได้จากแดงจนถึงดำ ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณของเฟอร์ริกออกไซด์และบรรยากาศการเผาด้วย ผลึกสีแดงจะเกิดขึ้นในการเผาแบบออกซิเดชัน (OF) และผลึกสีดำจะเกิดจากการเผาแบบรีดักชัน (RF) บางส่วนของผลึกที่เกิดจากการเผาแบบออกซิเดชันจะเป็นสีน้ำตาลแดงระหว่างเย็นตัวลง Parmelee และ Lothrop ได้ทดสอบเคลือบอะเวนจูรีนที่มีการหลอมตัวที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียสและพบว่ากระบวนการเกิดผลึกสามารถเพิ่มมากขึ้นได้โดยการเพิ่ม โซเดียมออกไซด์ เนื่องจาก โซเดียมออกไซด์เป็นอัลคาไลน์ออกไซด์ที่ใช้อยู่ในเคลือบอะเวนจูรีนและมีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณสมบัติและขนาดของผลึกส่วนโปแตสเซียมออกไซด์มีความเหมาะสมน้อยกว่า การลดปริมาณตะกั่วออกไซด์ในขณะเดียวกันก็เพิ่มปริมาณโซเดียมออกไซด์ จะเป็นการช่วยการตกผลึกและมีความมั่นใจว่ามากขึ้นแคลเซียมออกไซด์ก็ช่วยกระตุ้นกระบวนการเกิดผลึก (Stefan stefanof.1988:324;citing Parmelee & Lothrop. n.d.)

1.2.2.9 เคลือบสี จะใช้สีสำเร็จรูปหรือออกไซด์ที่ให้สีผสมเข้าไปในเคลือบ เพื่อ

ทำให้เคลือบเกิดสีตามความต้องการ

1.2.3 แบ่งตามประเภทผลิตภัณฑ์ที่ใช้เคลือบ มีดังนี้

1.2.3.1 เคลือบปอร์สเลน เป็นน้ำเคลือบที่เผาในอุณหภูมิสูง ส่วนใหญ่เป็นเคลือบประเภทหินพื้นผิว นิยมใช้เคลือบชนิดเคลือบใสเพราะต้องการให้เห็นความโปร่งแสงของเนื้อดินปั้นให้ชัดเจน

1.2.3.2 เคลือบสโตนแวร์ เป็นเคลือบไฟสูงเช่นเดียวกับเคลือบปอร์สเลน แต่เคลือบประเภทนี้จะเป็นเคลือบมัน เคลือบใส หรือเคลือบด้านก็ได้ ส่วนใหญ่จะเป็นเคลือบจำพวก เคลือบหินพื้นผิว เคลือบซี่เภาไม้ เคลือบเกลือ เป็นต้น

1.2.3.3 เคลือบโบนไชนา เป็นน้ำเคลือบที่ใช้เคลือบผลิตภัณฑ์โบนไชนาจะเป็นเคลือบใส เพราะต้องการใช้ความโปร่งแสง ของเนื้อดินปั้น ส่วนใหญ่จะเป็น เคลือบพริต เคลือบดิน

1.2.3.4. เคลือบเอิร์ทเทินแวร์ เป็นเคลือบอุณหภูมิต่ำอาจจะใช้เคลือบตะกั่ว เคลือบบอแรกซ์ เคลือบพริต และเคลือบหินพื้นผิว เผาในอุณหภูมิไม่สูง เคลือบเอิร์ทเทินแวร์มีโอภาสราวตัวสูงกว่าเคลือบผลิตภัณฑ์ประเภทอื่นๆ และมีสีสดใสกว่าเคลือบชนิดอื่น

1.3 การแบ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการทำเคลือบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทำเคลือบโดยทั่วไปสามารถแบ่งได้เป็นกลุ่มหลักๆ 3 กลุ่ม (ไพจิตร อิงศิริ วัณณ์.2537:7)

1.3.1 กลุ่มวัตถุดิบที่ทำหน้าที่เป็นด่าง(Alkali หรือ Basic Group) หรือวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นตัวหลอมละลายในเคลือบ ช่วยลดอุณหภูมิการเผาให้ต่ำลง ทำให้น้ำยาเคลือบหลอมละลายเร็วขึ้น และมีผิวเรียบ ได้แก่สารกลุ่ม ตะกั่วออกไซด์ สังกะสีออกไซด์ แบเรียมออกไซด์ โซเดียมออกไซด์ โพแทสเซียมออกไซด์แมกนีเซียมออกไซด์ แคลเซียมออกไซด์ เป็นต้น

1.3.2 กลุ่มวัตถุดิบที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลาง(Intermediate Group) มีคุณสมบัติช่วยให้เคลือบมีความเหนียวไม่หลุดจากผิวผลิตภัณฑ์ขณะหลอมละลายและลดการแตกร้าวของน้ำยาเคลือบซึ่งได้แก่ สารพวก อลูมินาออกไซด์เหล็กออกไซด์ โครเมียมออกไซด์ พลวงออกไซด์ เป็นต้น

1.3.3 กลุ่มวัตถุดิบที่ทำหน้าที่เป็นกรด (Acid Group) มีคุณสมบัติเป็นตัวหนไฟในน้ำยาเคลือบ เพิ่มจุดหลอมละลายทำให้เคลือบมีความแข็งแรงทนทานต่อรอยขีดข่วนและแรงกระแทกเป็นวัตถุดิบที่สามารถทนต่อฤทธิ์กรดหรือด่างได้ดี วัตถุดิบกลุ่มนี้ได้แก่ซิลิกาออกไซด์ ดีบุกออกไซด์ โทเทเนียมออกไซด์ เป็นต้น

1.4.การเตรียมเคลือบ (Glaze Preparation)

ในกระบวนการเตรียมเคลือบซึ่งเป็นอีกกระบวนการที่ต้องการความแน่นอนและระมัดระวังมากดังนั้นจึงมีผู้เชี่ยวชาญหลายท่านได้แนะนำไว้เช่น ไพจิตร อิงศิริวัณณ์ ได้แนะนำไว้ดังต่อไปนี้

1.4.1 การเตรียมเคลือบ

วัตถุดิบทุกชนิดที่ใช้ในการเตรียมเคลือบ ควรเขียนชื่อให้ชัดเจนทุกถังอาจใช้วิธีง่ายๆเขียนบนแถบกระดาษขาวติดบนถังใส่วัตถุดิบที่มีฝาปิดมิดชิดป้องกันฝุ่นฟุ้งกระจาย ถังใส่วัตถุดิบทั้งหลายเมื่อเทวัตถุดิบออกหมดแล้วควรนำไปทิ้งนอกบริเวณห้องเนื่องจากเป็นตัวก่อฝุ่นเมื่อถูกเคลื่อนย้ายไปรอบห้อง นักเซรามิกทุกคนควรระวังสุขภาพของตนให้มากเนื่องจากวัตถุดิบต่าง ๆ เหล่านี้บางอย่างเป็นพิษ เช่น สารตะกั่ว หรือบอแรกซ์ (Borax) ควรเขียนคำว่า "สารพิษ-อันตราย" กำกับไว้ที่ด้วย เมื่อคนอื่นมาใช้โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานศึกษามีห้องเรียนหลายชั้นยากต่อการควบคุมวัตถุดิบ วัตถุดิบทางเคมีทุกชนิดควรระวังในการใช้ไม่ให้หกเลอะเทอะวัตถุดิบทางเคมีในการเตรียมเคลือบส่วนใหญ่ ถูกบดเป็นผงละเอียดผ่านตะแกรงเบอร์ #200 วัตถุดิบส่วนใหญ่อยู่ในรูปผงละเอียดสีขาวเหมือนกันหมดยกเว้นพวกออกไซด์ที่เป็นสีต่าง ๆ ดังนั้น ควรเขียนชื่อวัตถุดิบกำกับให้ชัดเจนป้องกันการผิดพลาดสับสนในกรณีที่มีผู้ใช้ร่วมกันหลายคนในต่างประเทศ เช่นทางยุโรป หรืออเมริกันวัตถุดิบมีคุณภาพดีกว่า มีความละเอียดมากกว่าผ่านตะแกรงเบอร์ #325 ได้ดัง

นั้น ในการเตรียมเคลือบจึงสามารถทำได้ง่ายกว่า โดยซึ่งวัตถุดิบตามอัตราส่วนในสูตรที่คำนวณไว้แล้ว ผสมกับน้ำในอัตราส่วนวัตถุดิบแห้ง 1.5 กิโลกรัม : น้ำ 1 กิโลกรัม กวนวัตถุดิบและน้ำให้เข้ากันด้วยเครื่องกวนไฟฟ้า (Rapid mixer) เมื่อกวนเข้ากันดีแล้วกรองผ่านตะแกรงเบอร์ # 100 จำนวน 2 รอบก็สามารถนำเคลือบไปใช้ได้ทันที นอกจากเคลือบที่ต้องการความละเอียดมาก ๆ เช่น เคลือบสีลาด ซึ่งต้องใช้หม้อบดนาน ๆ เพื่อให้เม็ดสีละเอียดเป็นเนื้อ เดียวกันหมด ไม่ ปรากฏเป็นจุดสีน้ำตาลหลังการเผา. วัตถุดิบของเรามีความละเอียดสูงของต่างประเทศไม่ได้ไม่ว่าจะเป็นสารเคมี หรือสีออกไซด์ต่าง ๆ ดังนั้นในการเตรียมเคลือบจะให้ได้ผลดีควรบดใน หม้อบดอีกครั้ง วิธีนี้ชาวญี่ปุ่นถือเป็นสิ่งจำเป็นมากเคลือบบางชนิดต้องการแสดงลักษณะของเม็ดเคลือบ (Texture) เป็นจุดหรือเป็นเม็ดหยาบ ๆ เคลือบเหล่านี้ไม่ต้องบด ใช้วิธีการกรองผ่านตะแกรงในการเตรียมเคลือบเท่านั้น.

1.4.2 อุปกรณ์ในการเตรียมเคลือบ

อุปกรณ์ในการเตรียมเคลือบประกอบด้วย

- เครื่องชั่ง
- ถังใส่เคลือบมีฝาปิด
- ตะแกรงเบอร์ # 80 – 100
- หม้อบดเคลือบ หรือโกร่งบดเคลือบ
- มาสกิงเทป และปากกาเคมี
- เครื่องกวนเคลือบ(Rapid mixer)
- เครื่องชั่ง (Balance) หรือ เครื่องตวงวัด (Scale)

เครื่องชั่งที่ใช้ในโรงงานเล็ก ๆ ควรใช้เครื่องชั่งละเอียด 1 เครื่องและเครื่องชั่งขนาด 10 กิโลกรัม อีก 1 เครื่องเครื่องชั่งละเอียดสำหรับชั่งวัตถุดิบในปริมาณน้อย เช่น การชั่งเคลือบทดลองสูตรต่าง ๆ เครื่องชั่งที่ชั่งได้ 10 กิโลกรัมสำหรับชั่งวัตถุดิบเพื่อบดเป็นถึงใหญ่ในปริมาณตั้งแต่ 2 กิโลกรัมขึ้นไปก่อนใช้เครื่องชั่งต้องตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องก่อนเสมอ ไม่ใช่เครื่องชั่งในห้องที่มีลมโกรก เครื่องจะสูญเสียความเที่ยงตรง ควรเตรียมสูตรเคลือบที่คำนวณเรียบร้อยแล้ว เตรียมดินสอหรือใช้เขียนเครื่องหมายถูกในรายการวัตถุดิบที่ชั่งแล้วเพื่อป้องกันการข้อผิดพลาด

ตะแกรงกรองน้ำยาเคลือบ (Sieve) ควรเป็นตะแกรงเบอร์ละเอียดขนาด # 80 – 100 สามารถหาซื้อได้จากร้านเคมีหรือทำขึ้นเองโดยซื้อตะแกรงทองเหลืองจากร้านขายอุปกรณ์เหล็กควมมีตะแกรง 2 อัน เพื่อใช้กับเคลือบขาวหนึ่งอันและเคลือบสีหนึ่งอัน ไม่ปะปนกันเพราะเม็ดสีอาจตกอยู่ตามซอกตะแกรงล้างออกไม่หมดเป็นอันตรายต่อเคลือบสีขาว ทำให้เกิดตำหนิเป็นจุดสีต่าง ๆ ในเคลือบขาวถ้าใช้ตะแกรงร่วมกัน

หม้อบดเคลือบ (Pot-mill) เลือกหลายขนาด ตามขนาดความจุหรือปริมาณของเคลือบในการบดแต่ละครั้ง ถ้า เคลือบมีน้ำหนักเกินกว่า 10 กิโลกรัมไม่นิยมบดในหม้อบดขนาดเล็กเนื่องจากมีน้ำหนักมากกว่ากำลังคนหนึ่งคนสามารถยกได้ ตัวหม้อบดและฝาหนัก 15 กิโลกรัมลูกบดหนัก 15 กิโลกรัมปริมาณน้ำและวัตถุดิบรวมกัน 10 กิโลกรัมดังนั้นน้ำหนักรวมของหม้อบดปอร์ซเลนที่ใส่ของเต็มแล้วมีน้ำหนักเกือบ 50 กิโลกรัม ถ้าต้องการบดเคลือบที่มีปริมาณมากกว่า 10 กิโลกรัม ขึ้นไปควรบดด้วยถังบด (Ball-mill) ที่มีแกนหมุนติดกับขาตั้งเหล็กโดยไม่ต้องยกถังบดขึ้นลง ใช้วิธีเทโดยหมุนปากถังเอียงลงด้านล่าง

1.5 การเคลือบผลิตภัณฑ์

การเคลือบผลิตภัณฑ์คือการนำน้ำเคลือบไปเคลือบบนผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลิตภัณฑ์จะผ่านการเผาติดมาก่อนหรือไม่ก็ได้โดยโกลม รัชวงศ์ ได้แนะนำวิธีการเคลือบผลิตภัณฑ์ไว้ 4 วิธี(โกลม รัชวงศ์.2538:267)

1.5.1 การเคลือบด้วยวิธีการจุ่ม การเคลือบวิธีการนี้สามารถจุ่มได้และปริมาณน้ำเคลือบต้องมากพอกับการจุ่ม ภาชนะต้องใหญ่พอกับผลิตภัณฑ์ลงไปได้

1.5.2 การเคลือบด้วยวิธีเทราด เป็นการเคลือบผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ ไม่สามารถยกขึ้นได้ หรืออาจเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเคลือบเทราดเพื่อให้ได้เคลือบหลายสี

1.5.3 การเคลือบด้วยวิธีพ่น วิธีนี้สามารถเคลือบผลิตภัณฑ์ได้ทุกขนาด เป็นวิธีการที่ใช้กันมากในระบบอุตสาหกรรมเพราะควบคุมความหนาบางของผลิตภัณฑ์ได้ดีและสามารถเคลือบได้ทั้งถึง

1.5.4 การเคลือบด้วยวิธีการทา การเคลือบวิธีนี้ส่วนมากเป็นการเคลือบเพื่อการตกแต่ง เมื่อต้องการเคลือบหลายสี

1.6 การเผาผลิตภัณฑ์

1.6.1 การเผาติด (Biscuit Firing)

ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา ที่สำเร็จสวยงามและมีคุณค่านั้นจะเป็นด้วยการออกแบบหรือการตกแต่งลวดลายก็ดี จะต้องผ่านกระบวนการเผา (Firing Process) การเผาครั้งแรกเรียกว่า การเผาติด (Biscuit Firing) การเผาครั้งที่สองเรียกว่าการเผาเคลือบ (Glost Firing) ส่วนการเผาครั้งที่สาม เป็นการเผาเพื่อการตกแต่งลวดลายให้สวยงาม (Decorating Fires) โดยใช้สีบนเคลือบ (on Glaze) เขียนลวดลาย แล้วนำเข้าเตาเผา มีสีต่าง ๆ หลายสี ของไทยเราเรียกว่า เคลือบเบญจรงค์ ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีการเผาครั้งแรกเดียวและมีการเคลือบด้วยนั้น (One firing) ก็มีผู้นิยมทำเช่นกันเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายได้ดี

1.6.1.1 จุดประสงค์การเผาติด (Objects of the Biscuit fire)

เพื่อให้เนื้อดิน หรือผลิตภัณฑ์ที่ทำสำเร็จรูป มีความแข็ง (Mechanical strength) และคงรูปตลอดจนสีสรรคของเนื้อดิน เป็นการตรวจสอบสภาพของเนื้อดิน มีการแตกร้าวหรือไม่ ก่อนนำไปเคลือบ นับว่าเป็นการประหยัดเชื้อเพลิงและแรงงานได้อย่างดี และเป็นการเชื่อมั่นว่าผลิตภัณฑ์ นั้นไม่แตกก่อนนำไปเคลือบ การให้ความร้อนและการเปลี่ยนแปลงปริมาณความร้อนน้อย ไม่ว่าจะเป็นเตาแก๊ส น้ำมัน ฟืน และไฟฟ้าก็ตาม ควรให้ระยะการเผาเป็นไปอย่างช้า ๆ (Slow rate) สม่าเสมอ เวลาที่ใช้ในการเผาไม่ควรเผาเร็วจนเกินไป อาจทำให้ผลิตภัณฑ์เสียหายได้ โดยง่าย โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดโต ควรใช้เวลาในการเผาติดให้ยาวนานขึ้น เพื่อความปลอดภัย และให้ความเชื่อมั่นได้ ไม่ให้ผลิตภัณฑ์แตกหรือเสียหายได้ อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาติดโดยทั่วไปประมาณ 750 – 850 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการเผาผลิตภัณฑ์ไม่ต่ำกว่า 8 – 10 ชั่วโมง แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของผลิตภัณฑ์และขนาดของเตา การให้เตาเย็นลงภายหลังจากการเผาคควรระมัดระวังเช่นกัน ควรใช้เวลานาน ๆ ไม่ต่ำกว่า 24 ชั่วโมง

1.6.1.2 การบรรจุผลิตภัณฑ์ ในเตาเผาติด (Settings)

การบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผาติด นับว่าเป็นสิ่งสำคัญเช่นกัน การวางผลิตภัณฑ์ขนาดโตควรวางไว้ชั้นล่างของเตา ส่วนผลิตภัณฑ์ชิ้นเล็ก ๆ วางทับซ้อนกันได้ ถ้าผลิตภัณฑ์ที่มีฝาปิด ไม่ควรแยกตัวแยกฝาออกจากกัน อาจทำให้บิดเบี้ยวได้ง่าย ผลิตภัณฑ์ที่เป็นภาตสีเคลือบ หรือถ้วยปากกว้างกลม ควรวางคว่ำลงกับพื้นหรือชั้นวางในเตา จะช่วยไม่ให้ผลิตภัณฑ์บิดเบี้ยวได้ง่าย การวางผลิตภัณฑ์ในเตาเผาชนิดที่มีเปล่งไฟถูกผลิตภัณฑ์ ควรนำผลิตภัณฑ์บรรจุในหีบทนไฟ (Sagger) การเรียงผลิตภัณฑ์ในเตาไม่ควรเรียงให้แน่นจนเกินไป ควรวางให้มีช่องว่าง เพื่อให้ความร้อนแผ่กระจายได้ทั่วถึงจุดภายในเตา

1.6.1.3 การวางแผนทางการเผา (Firing Schedules)

การวางแผนทางการเผาติด ในขั้นต้นใช้ความร้อนแบบไฟอ่อน ๆ (Preheating) และการควบคุมอุณหภูมิ (rate of temperature) ควรขึ้นอยู่กับขนาดของผลิตภัณฑ์และการเผา ถ้าเป็นเตาขนาดเล็ก ใช้เวลาไม่มากนัก ส่วนเตาขนาดใหญ่ เผาผลิตภัณฑ์ขนาดโตการเผาก็ใช้ผลิตภัณฑ์แตกได้ (cracking) การวางแผนทางการเผาติด ในขั้นต้นใช้ความร้อนแบบไฟอ่อน ๆ (Preheating) และการควบคุมอุณหภูมิ (rate of temperature) ควรขึ้นอยู่กับขนาดของผลิตภัณฑ์และการเผา ถ้าเป็นเตาขนาดเล็กใช้เวลาไม่มากนัก

ส่วนเตาขนาดใหญ่เผาผลิตภัณฑ์ขนาดโตการเผาใช้เวลาเพิ่มขึ้น การปล่อยให้เตาเย็นตัว(cooling rate) ควรให้เป็นไปอย่างช้า ๆ มิฉะนั้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์แตกได้ (cracking)

1.6.1.4 การระเหยของน้ำ (water smoking period)

ตามธรรมชาติการเผาผลิตภัณฑ์ ในระหว่างการเผาตามปกติที่น้ำที่อยู่ในดินจะระเหยเป็น 3 ระยะ ซึ่งในแต่ละระยะมีความสำคัญมาก อาจทำให้ผลิตภัณฑ์แตกเสียหายได้สามารถแบ่งได้คือ

การระเหยของน้ำในช่วงแรก เรียกว่า Mechanical water

หมายถึง จำนวนน้ำที่เติมลงไปบนดิน เพื่อให้ดินมีความอ่อนตัวพอเหมาะพอที่จะนำไปขึ้นรูปทรงได้ ในช่วงนี้ ถ้าให้ความร้อนอย่างรวดเร็ว ผลิตภัณฑ์มักจะแตกง่ายได้ง่ายและการหดตัวก็มาก ถ้าการเผามีการควบคุม สภาวะการระเหยของน้ำเป็นไปอย่างช้า ๆ และสม่ำเสมอ จะทำให้การระเหยของน้ำเป็นไปตามความต้องการ การเพิ่มอุณหภูมิให้เป็นไปอย่างช้า ๆ และให้อากาศถ่ายเทได้อย่างสะดวกโดยการเปิดฝาเตาบางส่วน จะทำให้การไล่น้ำออกจากผลิตภัณฑ์ได้อย่างสมบูรณ์ ไม่ทำให้เกิดความเสียหายได้

การระเหยของน้ำในช่วงที่สองเรียกว่า Hygroscopic water หมายถึงน้ำความชื้นที่ผสม อยู่ในดินแร่ธาตุต่าง ๆ ตามปกติจะไม่ระเหยออกโดยการผึ่งให้แห้ง (Dry Process) อุณหภูมิที่สามารถไล่ ความชื้นได้ประมาณ 301 องศาเซลเซียส อัตราที่เหมาะสมในการให้ความร้อน 20 องศาเซลเซียสต่อชั่วโมง

การระเหยของน้ำในช่วงที่สาม เรียกว่า chemical held water หมายถึงน้ำผลึก ถ้าน้ำ ผลึกนี้หายไป ดินจะไม่กลับสภาพเหมือนเดิมควรทำให้น้ำจำนวนนี้หายไปโดยการเผาในอุณหภูมิประมาณ 400 องศาเซลเซียส ขึ้นไป และการให้ความร้อนเร็วเกินไปเป็นอันตรายมากต่อการกลั่นตัวของน้ำการระเหย ของน้ำ Hygroscopic water จะทำให้ดินมีความพรุนตัว เนื่องจากเกิดช่องว่างนี้เองจะช่วยให้ chemical combine water ระเหยออกมาอย่างรวดเร็ว การลดเปอร์เซ็นต์การแตกง่ายได้ ในช่วงนี้โดยการพ่นไอน้ำเข้าไปในเตาจะช่วยลดการระเหยของน้ำเป็นไปอย่างช้า ๆ การเผาที่จะทำให้การระเหยได้อย่างสมบูรณ์ที่สุด คือ การให้ความร้อนเป็นไปอย่างช้า ๆ จนกว่าการเผาไหม้ของสารต่าง ๆ ที่เจือปนเป็นไปอย่างสมบูรณ์ โดยเฉพาะส่วนประกอบอินทรีย์จะเริ่มเผาไหม้ในอุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียสแล้วสารอินทรีย์ผสมอยู่ในเนื้อดิน ก็จะเกิดเป็นโพรงมากจะมีรอยขีดขึ้นที่ผิว ซึ่งแก้ไขได้น้อยมากในการเผา

1.6.1.5 เปลี่ยนแปลงของควอตซ์ (Quartz Inversion)

ในการเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา มักจะมีปัญหาอยู่เสมอเกี่ยวกับการเผาผลิตภัณฑ์ซึ่ง มักจะแตกง่ายหรือระเบิดอยู่เสมอ ทำให้ผู้ผลิตหมดกำลังใจที่จะทำต่อไป ซึ่งเกี่ยวกับปัญหาการลงทุนที่ติด ตามมา ซึ่งนับว่าเป็นสิ่งสำคัญเช่นกัน โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์หรือเนื้อดินที่เตรียมขึ้น ซึ่งมีส่วนผสมของซิลิกา จำนวนหนึ่งในดินโดยทั่วไป และมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาในขณะที่ทำการเผาผลิตภัณฑ์ซิลิกา จะขยายตัวอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นอันตรายต่อผลิตภัณฑ์อย่างยิ่ง ซิลิกา เป็นสารประกอบของดินโดยตรงแล้ว ในการเตรียมเนื้อดินอาจจะต้องผสมฟลินท์ (Flint) โดยตรง และอาจจะใช้ปริมาณค่อนข้างมาก ซึ่งมีผลต่อการ ขยายตัวอย่างยิ่ง การเปลี่ยนแปลงของซิลิกาที่อยู่ในอุณหภูมิ 428 – 577 องศาเซลเซียส จะเปลี่ยนจาก Alpha Cristobalite—Beta Cristobalite การเผาในอุณหภูมิ 575 องศาเซลเซียส Alpha Quartz—Beta Quartz ในช่วงนี้ซิลิกาจะขยายตัวประมาณ 15ร้อยละ การขยายตัวในช่วงนี้อันตรายมาก ถ้าเร่งไฟให้เร็วขึ้น ผลิตภัณฑ์จะแตกง่ายได้ง่ายการเผาในอุณหภูมิ 870 องศาเซลเซียส Quartz จะเปลี่ยนไป Tridymite Form ซิลิกาจะละลายเกิดลายเกิดการประสานเชื่อมกับอลูมินา เรียกว่า Mullite จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรง (Strength) ข้อที่สำคัญที่ควรระวังอย่าปล่อยให้ผลิตภัณฑ์เย็นตัวโดยรวดเร็วจะทำให้เกิดการหดตัว (Contraction) เกิดการแตกง่ายได้ วัตถุดิบที่พอจะช่วยทำให้การเปลี่ยนแปลงของซิลิกาคงที่ โดยการใช้นิน Pyrophyllite หรือ Tale Feldspar ผสมกับเนื้อดินพอจะช่วยได้บ้าง

1.6.1.6 วงจรเผาติดโดยทั่วไป (Biscuit Firing)

การเผาติดเป็นการเผาเพื่อที่ปรับโครงสร้างให้ดินสามารถคงสภาพอยู่ได้โดยไม่ละลายน้ำ ดังนั้นวิธีการเผาสามารถดูได้จากตาราง วิธีการเผาติด

ตาราง 1 วิธีการเผาติด

อุณหภูมิ	คำแนะนำ
24 C – 230 C	เผาช้า ๆ เปิดระบายไอน้ำออกจากเตาเผาทุก ๆ ชั่วโมง เผาเร็วเกิน 100 C ต่อ 1 ชั่วโมงถ้าเผาเร็วผลิตภัณฑ์จะแตก
230 C - 573 C	ควรเผาช้าเอาไว้ตามเดิมไม่เกิน 150 C ต่อ 1 ชั่วโมง
600 C - 750 C	เป็นระยะปลอดภัย เร่งเผาได้ 200 C ต่อ 1 ชั่วโมง
750 C - 800 C	ปิดเตาเผาได้

หมายเหตุ ต้องเผาในบรรยากาศสมบูรณ์เต็มที่ไม่ให้มีเขม่าตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการเผา ในระยะเวลา 6-7 ชั่วโมงผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาติดแล้ว เนื้อดินแข็งเป็นหินแต่ยังดูดซึมน้ำได้ดีสามารถนำไปชุบเคลือบได้โดยดินไม่สลายตัวกลายเป็นโคลน (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์.29:2537)

1.6.2 การเผาเคลือบ (Glost Firing)

การเผาเคลือบ หมายถึงการเผาให้น้ำเคลือบที่ชุบบนผลิตภัณฑ์ละลาย เป็นเนื้อเดียวกันมีความมัน บางชนิดเป็นเคลือบด้าน ผิวเรียบมีความแข็งสามารถต้านทานต่อการกัดและต่างได้เป็นอย่างดี การเผาเคลือบไม่ว่าจะเป็นเคลือบชนิดไฟต่ำหรือไฟสูงก็ตามจะต้องเผาให้ได้อุณหภูมิตามข้อกำหนดของน้ำเคลือบแต่ละชนิด มิฉะนั้นการเผาจะเกิดการเสียหายได้ เช่น การเผาที่ไฟเกิน (Overfire) ย่อมทำให้น้ำเคลือบไหลมาก อาจจะติดพื้นเตา หรือชั้นรอง ยากแก่การเอาออกทำให้เสียหายได้ และการเผาที่อุณหภูมิไม่ถึง (Underfire) ทำให้น้ำเคลือบไม่เป็นมันเท่าที่ควร การเผาเคลือบนับว่ามีความสำคัญมาก โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์แต่ละชั้นที่จะบรรจุเข้าเตาเผาเคลือบต้องระวังและวางห่างกัน จะวางให้ติดกันซ้อนกันเหมือนเผาติดไม่ได้ขาของผลิตภัณฑ์หรือกัน (foot) ต้องเซตเคลือบออกก่อนทำการเผาเคลือบผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ก่อนที่จะบรรจุเข้าเตาเผา ต้องทำความสะอาดภายในเตาเสียก่อนทุกครั้ง เช่น หลังจากเตา กำแพง พื้นเตา ตลอดจนชั้นรอง ทั้งนี้เพื่อป้องกันเศษหิน เศษละออง หล่นมาติดผลิตภัณฑ์ได้ในขณะทำการเผาเคลือบ ทำให้เสียหายและหมดคุณค่าได้ ชั้นรองที่นำมารองผลิตภัณฑ์เผาเคลือบไม่โค้งหรือแอแล้วควรทาด้วยวัตถุทนไฟ (Kiln Wash) เพื่อป้องกันการไหลของน้ำเคลือบ หรือใช้ขาตั้ง (Stilts) รองผลิตภัณฑ์ก็ได้ ควรคัดเลือกขนาดความสูงของผลิตภัณฑ์ ที่ใกล้เคียงกัน วางอยู่ในชั้นเดียวกันจะได้ไม่เปลืองที่ในการเผา การเผาเคลือบเมื่อให้ความร้อนสารพวก คาร์บอนด์และซัลเฟต (Sulphate) จะค่อย ๆ ระบายออกไปและออกไปและออกหมดเมื่อความร้อนสูงขึ้น เช่น เคลือบไฟสูงที่เผาโค่น 9 น้ำเคลือบจะเริ่มเยิ้มตัวก่อนในโค่น 4 แล้วค่อยเยิ้มเหลวหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกันน้ำเคลือบในขณะที่เยิ้มตัวจะมีปฏิกิริยาเดือดเป็นฟองอากาศ แล้วค่อย ๆ รวมตัวกัน จะสังเกตเห็นได้จากช่องดูไฟ เทคนิคในการเผาเคลือบ การเผาเคลือบที่ดี ควรให้อัตราการเผา 50 – 100 องศาเซลเซียส แต่ถ้าผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่และค่อนข้างหนา ควรยืดเวลาในการเผาช้ากว่านี้ การเผาเคลือบไม่ควรเร่งรัดการเผาให้รวดเร็วเกินไป การเผาที่ใช้โคน (Cone) เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิประกอบด้วยนั้น ภายหลังจากที่โคนลึ้มแล้ว ควรเผานิ่งแช่ไว้อีกประมาณครึ่งชั่วโมง (Soaking Period) จะทำ

ให้การเผาสมบูรณ์ยิ่งขึ้น การปิดเตาภายหลังจากการเผาเคลือบได้ที่แล้ว ควรปล่อยให้เตาทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง อัตราการลดความร้อนควรใช้ 100 องศาเซลเซียสต่อชั่วโมงจะทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่แตกเสียหายได้

ข้อควรคำนึงในการเผาเคลือบ

- การให้ความร้อน และการลดความร้อนให้เย็นลงต้องเป็นไปแบบเดียวกันโดยตลอด
- การเผาไล่เชื้อปน เช่น คาร์บอนเนต ออกให้หมดก่อนที่เคลือบจะหลอมตัวเยิ้มผลิตภัณฑ์
- จุดสุกตัวของเคลือบจะลดความหนืดและเคลื่อนไหลเยิ้มคลุมผิวผลิตภัณฑ์
- เมื่อเผาถึงจุดสุกตัว ควรทิ้งระยะไว้สักพักหนึ่งจะทำให้ผิวเคลือบสม่ำเสมอ

การปิดเตาเผาเคลือบ ควรปิดช่องทุกช่องหลังจากการเสร็จเรียบร้อยแล้วเพื่อควบคุมความร้อนให้เย็นอย่าง ช้าๆ

วงจรการเผาเคลือบ (Glost Firing)

การเผาเคลือบอุณหภูมิต่ำ และอุณหภูมิปานกลางส่วนใหญ่จะเผาในบรรยากาศสันดาป สมบูรณ์นอกจากเคลือบอุณหภูมิสูงซึ่งมี 2 ชนิดคือเคลือบชนิดที่เผาในบรรยากาศสันดาปสมบูรณ์ และเคลือบชนิดพิเศษที่ต้องการเผาในบรรยากาศสันดาปไม่สมบูรณ์. (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์.2537:29)โกมล รัชวงศ์ ได้แนะนำวิธีการเผาเคลือบผลิตภัณฑ์ไว้ว่าการเผาเคลือบผลิตภัณฑ์มี 2 ลักษณะตามตารางการเผาเคลือบคือ (โกมล รัชวงศ์ 2538:268)

ตาราง 2 วิธีการเผาเคลือบ

อุณหภูมิ	คำแนะนำ
0-900 C	ช่วงแรกเผาให้ผลิตภัณฑ์แข็งตัวใช้เวลา5-6ชั่วโมง
900 C- จุดสุกตัวของเคลือบ	ช่วงที่สองหลังจาก 900องศาเซลเซียสสามารถเร่งการเผาจนถึงใช้เวลา 3-6 ชั่วโมง
เย็นไฟจุดสุกตัวของเคลือบ	ช่วงที่สาม เผาใช้เวลา 15 นาทีถึง 1 ชั่วโมง

ถ้าเป็นการเผาแบบรีดักชัน ช่วงที่สองจะใช้เวลามากกว่าการเผาเคลือบผลิตภัณฑ์ก่อนการเผาดิบ ผลิตภัณฑ์ที่นำไปเคลือบต้องผ่านการตากแห้ง และการเผาต้องระมัดระวังเป็นพิเศษเพราะผลิตภัณฑ์แตกหักได้ง่ายปฏิกิริยาที่ยังไม่ผ่านการเผาดิบเพราะต้องเริ่มการรีดักชันตั้งแต่ 1,100 องศาเซลเซียสขึ้นไปและสามารถทำให้ Fe_2O_3 ที่อยู่ในเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบเปลี่ยนเป็น FeO ได้และทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีขาวขึ้น การเผาเคลือบผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาดิบแล้ว ผลิตภัณฑ์จะมีความแข็ง ไม่ละลายน้ำซุบเคลือบได้ง่ายขนย้าย สะดวกการแตกหักของผลิตภัณฑ์ในการบรรจุระหว่างการเผามีน้อยไม่จำเป็นต้องระวังมากนักสามารถเร่งการเผาได้ในช่วงแรกส่วนช่วงที่สองและสามเผาเหมือนกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการเผาดิบ

ข้อผิดพลาดในการเผาเคลือบ ถ้าเผาดำกว่าอุณหภูมิเคลือบไม่สุกเรียกว่า Under Fire แต่ถ้าเผาเกินอุณหภูมิเคลือบอบไหม้ตัวมาก หรือมีความมันวาวกว่าเดิมเรียกว่า Over Fire ในการเผาเคลือบทุกครั้งนิยมใช้โคน (Cone) ใส่ในเตาเผาเคลือบด้วยถ้าไม่มีโคนให้ใช้ตัวอย่างทดสอบ(Test-ring) ที่ทำเป็นวงแหวนซุบเคลือบ สามารถใช้วัดอุณหภูมิที่ออกมาดูได้ว่าเคลือบสุกตัวหรือยังเพื่อเป็นการตรวจเช็ครักษามาตรฐานการเผาและคุณภาพของเคลือบให้คงที่ทุกครั้ง(ไพจิตร อิงศิริวัฒน์.2537:30)

1.6.3 การทำแผ่นทดสอบเคลือบ

แผ่นทดสอบเคลือบโดยทั่วไปนิยมทำได้ 3 แบบ แล้วแต่ความประสงค์ของการทำตัวอย่างว่าจะเก็บตัวอย่างน้ำเคลือบแบบไหน. (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์.2537:42)

1.6.3.1 แผ่นทดสอบตามแนวตั้ง

นิยมใช้เนื่องจากมีข้อดีอยู่หลายอย่างคือ สามารถเรียงชิ้นงานเข้าเตาเผาได้จำนวนมากในชั้นวางแต่ละแผ่น ทำให้ประหยัดเนื้อที่ในการใช้แผ่นรองเผาและแผ่นเคลือบตามแนวตั้งสามารถเห็นการไหลของเคลือบได้ชัดเจน แผ่นเคลือบตามแนวตั้งหยาบได้ถนัดเพื่อชุบเคลือบ และสามารถติดบน Chart ได้สวยงาม แต่มีข้อเสียอยู่ที่ถ้าทำฐานตั้งไม่ได้จากกับพื้นวางแล้ว จะมีปัญหาล้มไปโดนผลิตภัณฑ์อื่น หรือล้มทับกันทั้งแถว ขนาดของแผ่นทดสอบตามแนวตั้งก่อนเผาใช้ขนาด 3 X 5 เซนติเมตรฐานหนา 1.5 เซนติเมตรการเตรียมแผ่นทดสอบทำตัวอย่างด้วยดินเหนียว 1 ชิ้น แล้วทำพิมพ์กดด้วยปูนปลาสเตอร์.

1.6.3.2 แผ่นทดสอบตามแนวนอน

แผ่นแบนเป็นรูปวงกลม หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า แผ่นทดสอบชนิดนี้สามารถติดกับแผ่นกระดานหรือแผ่นกระดาษแข็งได้ง่ายแต่ถ้าผู้ดูแลแผ่นทดสอบ ไม่ชำนาญจะไม่สามารถดูการไหลของเคลือบได้แม่นยำ จะสังเกตยากกว่าแผ่นทดสอบ (Test) ตามแนวตั้งแผ่นทดสอบ ตามแนวนอนต้องเซตเคลือบที่ด้านข้างของแผ่นออกโดยรอบทั้งหมด และด้านบนจะต้องทำลายหนูเป็นสันขึ้นมาด้วย เพื่อ สังเกตหลังเผา ถ้าเคลือบบางบริเวณที่เป็นสันหนูแสดงว่าเคลือบไหลเล็กน้อย หรือเคลือบไหลย้อยลงไปที่ขอบของเนื้อดินทางด้านล่างรอบ ๆ แผ่นทดสอบ ก็แสดงว่าเคลือบไหล

1.6.3.3 แผ่นทดสอบชนิดที่เจาะรูแขวน

แผ่นทดสอบชนิดแบนและเจาะรูสำหรับแขวนกับถังเคลือบเพื่อเป็นตัวอย่าง หรือเพื่อการเก็บแผ่นทดสอบโดยวิธีร้อยเก็บไว้เป็นพวงได้ เนื้อดินที่ใช้ทำแผ่นทดสอบนี้ควรใช้ดินหลักที่ใช้อยู่ในโรงงานเป็นมาตรฐานในการทำแผ่นทดสอบแต่สำหรับสถานศึกษาถ้านักศึกษาทำเคลือบปอร์ซเลน ก็ควรจะใช้ดินขาว(Kaolin)ปอร์ซเลนเป็นแผ่นทดสอบด้วย หรือถ้าต้องการทดลองเคลือบบนดินหลาย ๆ ชนิดเพื่อดูความแตกต่างหลังเผาเคลือบก็สามารถทดลองได้จากดินหลาย ๆ ชนิด.

1.6.4 การชุบเคลือบบนแผ่นทดสอบ (Test)

แผ่นทดสอบที่ทำเตรียมไว้จำนวนมากโดยการกดพิมพ์ ควรผึ่งให้แห้ง และเผาดิบให้เรียบร้อยก่อนนำไปชุบเคลือบ การทดลองควรทำดังนี้

1.6.4.1 นำแผ่นทดสอบไปชุบน้ำ 1 ครั้งแล้วนำขึ้นมาวางบนแผ่นกระดาษรอง

1.6.4.2 เขียนชื่อเคลือบและหมายเลขของแผ่นทดสอบให้เห็นชัดเจน ทางด้านล่าง

ของแผ่นทดสอบ

1.6.4.3 เรียงแผ่นทดสอบที่เขียนชื่อและรหัสเลขตามลำดับให้เป็นระเบียบบนแผ่น

ไม้กระดาน

1.6.4.4 ถ้าทำเคลือบครั้งละสองเนื้อดิน ใช้แผ่นทดสอบดินสโตนแวร์ ๑ แผ่น และ

ดินขาว(Kaolin)ปอร์ซเลนอีก 1 แผ่น รวมเป็น 2 แผ่น

1.6.4.5 ถ้าต้องการเผารีดักชันให้เขียน RFกำกับไว้ด้านล่างของแผ่นทดสอบด้วยหรือ

ต้องการออกซิเดชันก็เขียนว่า OF ถ้าทดลองเคลือบกับเนื้อดิน 2 ชนิดต้องทำแผ่นทดสอบ 4 แผ่น ในเคลือบ 1 ครกเล็กซึ่งใช้วัตถุดิบเคมีเคลือบประมาณ 30 – 40 กรัม ในการชุบแผ่นทดสอบ 4 แผ่น

1.6.4.6 จำนวนปริมาณสารเคมีที่จะใช้บดในแต่ละสูตรว่ามีน้ำหนักของสารเคมีแต่

ละชนิดรวมกี่กรัม

1.6.4.7 ชั่งสารเคมีไว้เป็นถุงๆ เขียนรหัสให้ชัดเจนด้วยปากกาเคมีที่เขียนบนถุงพลาสติกได้

1.6.4.8 บดน้ำยาเคลือบที่ใช้ทดสอบแต่ละครกให้ละเอียดใช้เวลาบดสูตรละประมาณ 30 นาที โดยสังเกตว่าวัตถุดิบเนียนละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันไม่เป็นเม็ดเมื่อใช้นิ้วขยี้

1.6.4.9 ชุบเคลือบบนแผ่นทดสอบ ให้มีความหนา 1 – 1.5 มิลลิเมตรอย่าชุบเคลือบ หนาหรือบางเกินไปผลการเผาอาจเปลี่ยนแปลงได้

1.6.4.10 ชุบเคลือบให้ครบทั้ง 4 ชั้นแล้วเซ็ดเคลือบด้านหลังของแผ่นทดสอบให้สะอาด ถ้าเป็นแผ่นทดสอบเคลือบชนิดวางนอน

1.6.4.11 แบ่งกลุ่มเคลือบไว้เป็น 2 แผ่นกระดานรองเคลือบ คือเผาออกซิเดชัน 1 กลุ่มเผาด้วยเตาไฟฟ้า และกลุ่ม ริดักชันเผาด้วยเตาแก๊ส ต้องเขียน OF และ RF ไว้ให้ชัดเจนบนแผ่นทดสอบที่ทำการทดลองเผาเคลือบ.

1.7 เตาเผา (Kilns)

เตานี้ว่าเป็นอุปกรณ์สำคัญอย่างยิ่ง ในการทำอุตสาหกรรมต่าง ๆ หลายประเภท โดยเฉพาะเครื่องปั้นดินเผาอาจจะกล่าวได้ว่าเป็นหัวใจสำคัญของการทำงาน ซึ่งความสำเร็จหลายจะขึ้นอยู่กับเตาเป็นหลักสำคัญ

1.7.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของเตา

การออกแบบเตา หรือการสร้างเตา ตลอดอุปกรณ์ที่ให้ความร้อนซึ่งจำเป็นต้องสร้างให้ถูกวิธี จึงจะสามารถกระจายความร้อนได้สม่ำเสมอมีประสิทธิภาพสูง ประหยัด และปลอดภัยเพื่อให้มีคุณลักษณะตามต้องการ จำเป็นมีความเข้าใจส่วนประกอบต่าง ๆ ของเตาโดยทั่ว ๆ ไป คือ

1.7.1.1 ห้องบรรจุผลิตภัณฑ์สำหรับเตาเผา (Firing chamber Of Capacity)

โดยเฉพาะผู้ออกแบบสร้างเตา ต้องทราบความต้องการของผู้ใช้ ขนาดที่ลูกบาศก์ หรือลูกบาศก์เมตร ซึ่งหมายถึงความสามารถในการผลิตมากน้อยเท่าใด และ ทำผลิตภัณฑ์ใด ห้องบรรจุผลิตภัณฑ์สำหรับเตาเผาแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ คือ

ส่วนบนของเตา (Top part)

ตอนกลางเตา (Middle part)

ตอนล่างของเตา (Bottom part)

ห้องบรรจุผลิตภัณฑ์ทั้งสามส่วนนี้ จะต้องควบคุมความร้อนให้สม่ำเสมอในการเผาผลิตภัณฑ์ทุกครั้ง

1.7.1.2 ผนังเตา (Fire wall) ก่อด้วยอิฐชนิดที่ทนความร้อนได้สูง ทำหน้าที่คอย

ควบคุมความร้อน ผนังเตาใช้อิฐก่อสองชั้น ผนังภายนอกก่อด้วยอิฐธรรมดาก็ได้เพื่อกันความร้อน แต่ถ้าเป็นเตาไฟฟ้า นิยมใช้ฉนวน (Insulating board) สามารถควบคุมความร้อนได้ดี ทำให้ประหยัดกระแสไฟฟ้าได้ดี

1.7.1.3 พื้นเตา (Floor) ก่อด้วยอิฐชนิดทนความร้อนสูง และรับน้ำหนักได้ดีเตา

บางประเภทออกแบบให้พื้นเตาทำหน้าที่เป็นตะแกรง (checker work) ไปในตัวก็มี

1.7.1.4 ทางระบายความร้อน (Main flue) ส่วนมากเป็นเตาชนิดที่ออกแบบชนิดที่

ทางเดิมลมร้อนลง (Down drafts kiln) เป็นเตาที่สามารถให้ความร้อนสูง ส่วนมากเป็นเตาน้ำมัน เตาแก๊ส เป็นต้น

1.7.1.5 กำแพงไฟ (Baffle) ใช้ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้เปลวไฟไปกระทบผลิตภัณฑ์

เป็นอิฐชนิดที่ทนความร้อนได้สูงและสามารถทนต่อการกระแทกของเปลวไฟได้ดี

1.7.1.6 ห้องเผา (Furnace or Firing chamber) เป็นห้องที่ให้ความร้อนโดยตรงมีช่องให้หัวพ่นเข้าได้ดี มีช่องปรับอากาศเข้าไปช่วยให้การลุกไหม้ได้ดี ช่องอากาศจะเจาะทั้งข้างล่าง หรือข้างบนสองช่องได้

1.7.1.7 หัวพ่น (Burner) ทำหน้าที่ในการเผาผลิตภัณฑ์ มีทั้งชนิดใช้น้ำมัน หรือหัวพ่นแบบแก๊ส หัวพ่นชนิดที่ใช้น้ำมันบางแบบ มีพัดลม (Blower) ประกอบไปในตัวสามารถปรับลมและน้ำมันให้สัมพันธ์ได้ตามต้องการ หัวพ่นชนิดน้ำมันที่แยกเครื่อง ต่างหากก็มี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของเตาเป็นสำคัญ

1.7.1.8 หลังกาเตา (Crown) เตาที่มีความจะได้น้ำมากและขนาดใหญ่ หลังกาต้องสร้างโค้งจะช่วยให้เตามีความแข็งแรง และอิฐที่เรียงใช้อิฐลิ่ม ช่วยให้การทรงตัวเกาะกันได้ดี

1.7.1.9 ประตูเตา (Door) เตาบางชนิดนิยมออกแบบฝาเตาติดกับรถ (Kiln car) ก็มีบางชนิดออกแบบประตูเตาเผาเตาที่ดีควรมีฉนวนป้องกันความร้อนไม่ให้ไหลออก เพื่อทำให้ไม่ให้อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเร็วเกินไป

1.7.1.10 รถบรรจุภัณฑ์เข้าเตาเผา (Kiln Car) ส่วนมากมักเป็นเตาชนิดที่ทางเดินลมร้อนลง สามารถบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผาได้มากมาย และบรรจุในเตาขณะที่ยังร้อนได้ทันที นับว่าเป็นการประหยัดเชื้อเพลิงได้อีกวิธีหนึ่ง เตาชนิดที่ใช้ เช่น เตาอุโมงค์ สามารถเผาผลิตภัณฑ์ได้ตลอด 24 ชั่วโมงโดยไม่หยุดเลย นับว่าเป็นการสะดวกอย่างยิ่งในวงการอุตสาหกรรม

1.7.1.11 แผ่นควบคุมความร้อน (Damper) อาจทำด้วยแผ่นเหล็ก หรือแผ่นอิฐใช้กันความร้อน ไม่ให้ไหลเร็วจนเกินไป หรือใช้ในหารควบคุมการเผาแบบ Reduction ให้เป็นไปตามความต้องการและจะอยู่ในส่วนที่ทางเดินลมร้อนออก

1.7.1.12 เครื่องวัดอุณหภูมิ (Pyrometer) เป็นเครื่องมือใช้วัดอุณหภูมิภายในเตาใช้ในการควบคุมการเผาผลิตภัณฑ์

1.7.1.13 ช่องดูไฟ (Fire hole or Peep hold) เป็นช่องดูไฟภายในเตามักจะเจาะเป็นช่องในระดับต่าง ๆ กันใช้เป็นที่สังเกตความร้อนภายในเตาเช่นสีของไฟหรือดูโค่นที่วางไว้ในเตาเผา

1.7.2 ชนิดของเตาเผา (Type of kilns)

เตาที่ใช้ในการเผาผลิตภัณฑ์โดยทั่วไปนั้น มีอยู่หลายแบบชนิด อาจจะจำแนกแบ่งตามเชื้อเพลิงที่ใช้เผาได้ เช่น เตาใช้น้ำมัน เตาแก๊ส เตาฟืน เตาไฟฟ้า แบ่งตามหน้าที่การใช้งาน แบ่งตามรูปร่างลักษณะของเตา หรือจะแบ่งตามทางลมร้อนขึ้นหรือลมร้อนลง แต่ทั้งนี้ย่อมขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้และผู้ออกแบบ และความเหมาะสมเป็นหลักสำคัญชนิดของเตาเผาต่าง ๆ ทั่วไป พหุพจน์ได้จัดแบ่งรูปแบบของเตาไว้ดังต่อไปนี้ (พหุพจน์ 2523:143)

1.7.2.1 การแบ่งเตาตามหน้าที่การใช้งานซึ่งมักจะจำแนกแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่คือ เตาเผาชนิดเป็นครั้งคราว (periodic kiln) อาจจะเป็นเตาชนิดใดก็ได้ แต่การเผาเป็นครั้งคราวไม่ติดต่อกันโดยรอบผลิตภัณฑ์เต็มเตาจึงจะเผาและปล่อยระยะเวลาให้เตาเย็นเสียก่อน จึงจะเผาใหม่อีกเป็นการเผาที่ไม่ติดต่อกันไปเป็นการเหมาะสำหรับโรงเรียนและอุตสาหกรรมในครอบครัวอย่างยิ่ง

เตาเผาแบบกึ่งถาวร (Semi Continuous kiln) เป็นเตาเผาชนิดที่ค่อนข้างจะเผาติดต่อกันไปเมื่อเผาเสร็จแล้วก็พร้อมที่จะเผาต่อไปอีกโดยไม่ต้องรอให้เตาเย็น เป็นการประหยัดค่าเชื้อเพลิงไปในตัว แต่ข้อสำคัญจะต้องผลิตผลงานป้อนให้ทันและเพียงพอ จึงจะสมดุลย์กับเตาชนิดนี้

เตาเผาแบบถาวร (Continuous kiln) เป็นเตาชนิดเผาติดต่อกันตลอดเวลา 24 ชม. ไม่มีเวลาหยุดจะต้องทำการเผาติดต่อกันไป เป็นเตาเหมาะสำหรับการทำอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ได้แก่ เตาอุโมงค์ tunnel kiln ซึ่งการสร้างเตาชนิดนี้ราคาสูง และใช้เทคนิคมาก

1.7.2.2 แบ่งตามลักษณะทางเดินของลมร้อน ซึ่งหมายถึงความร้อนภายในเตาที่ ถูกบังคับให้ไปตามทิศทางความต้องการ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ชนิด กล่าวคือ(ทวี-พรหมพฤษ2523:143)

เตาชนิดทางลมร้อนลง เป็นเตาชนิดที่ให้ความร้อนสูง เนื่องจากการออกแบบเตาให้ความ ร้อนไหลหมุนเวียนภายในเตา แล้วไหลออกสู่ปล่อง ทำให้เพิ่มความร้อนภายในเตาสูงมากขึ้น การลงทุน สร้างเตาชนิดนี้นับว่าค่อนข้างสูงและใช้เทคนิคมาก การใช้อิฐทนไฟก็ต้องเลือกพิจารณาให้เหมาะสม เตา ชนิดนี้เป็นที่นิยมมาก สำหรับทำผลิตภัณฑ์ที่เผาอุณหภูมิสูง

เตาชนิดทางลมร้อนขึ้น เป็นเตาที่สร้างขึ้นให้ความร้อนไหลขึ้น ผ่านผลิตภัณฑ์สู่ปล่อง โดยตรง การสร้างง่ายและสะดวก ราคาไม่แพงมากนักสิ่งสำคัญที่ควรทำให้ความร้อนสม่ำเสมอ คือ การ เรียงตะแกรง ไว้หลายชั้น นับว่าสำคัญ จะช่วยทำให้ความร้อนไม่ไหลเร็วจนเกินไป จะช่วยทำให้ผลิต ภัณฑ์สุก ความร้อนสม่ำเสมอไปทั่วเตา

1.7.2.3 แบ่งตามรูปร่างลักษณะของเตา หมายถึงเตาที่มีรูปร่าง ต่าง ๆ เช่น เตากลม เตาเหลี่ยม เตาแมลงป่อง เตาкуп เตาจีน ในสมัยโบราณ ของไทย เตาที่เผาผลิตภัณฑ์มีชื่อเรียกว่า เตาทุ เรียง เตาเวียงกาหลง เป็นต้น ในสมัยแรก ๆ ใช้หินเป็นเชื้อเพลิงต่อมาภายหลังใช้น้ำมัน ใช้แก๊ส ไฟฟ้า ถ่านหินแกลบ โดยดัดแปลงให้เหมาะกับเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ ทำให้ในปัจจุบันมีเตาใช้งานชนิดที่มีคุณภาพดี ขึ้นตามลำดับ

2.ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแก้ว

แก้วจำเป็นต้องถูกผสมขึ้นมาเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ตามที่ต้องการ แก้วที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ปรากฏตาม พื้นผิวโลกค้นพบในปริมาณน้อย ความต้องการแก้วในปริมาณที่มากเพื่อผลิตเป็นเครื่องมือเครื่องใช้สอยที่เรา ใช้กันทุกวันนี้ ล้วนแต่ต้องผลิตขึ้นมาทั้งนั้น การทำแก้วขึ้นพื้นฐานก็คือ นำทรายซิลิกา มาเผาให้ร้อนจนหลอม ละลายเป็นของเหลว ทRAYเมื่อหลอมละลายแล้วจะมีลักษณะจับตัวหนาและเหนียว เมื่อทิ้งให้เย็นลงทั้งความ หนาและเหนียวก็จะเพิ่มขึ้นอีก แล้วจะแข็งตัวเป็นแก้ว(คติเกษม ทองยงค์.2520: 2)ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใส่ส่วน ประกอบ (ingredients) บางอย่างผสมลงไปกับทรายด้วยเพื่อช่วยให้ทรายหลอมละลายได้ง่ายขึ้น แก้ว สามารถผลิตขึ้นมาได้หลายชนิด แต่ละชนิดมีส่วนผสมวัตถุดิบแตกต่างกัน ส่วนผสมของแก้วตามปกติได้แก่ ซิลิกา (Silica)โซดา(Soda) และปูนขาว (Lime) โซดาเป็นตัวช่วยให้ซิลิกาหลอมละลายที่อุณหภูมิต่ำกว่าเดิม แต่ถ้าใช้ส่วนผสมเฉพาะซิลิกาและโซดาเพียง 2 อย่าง แก้วที่ได้จะเป็นแก้วที่เปราะมากดังนั้นจึงต้อง ใส่หิน ปูน(Limestone)บดละเอียดเหมือนผงชอล์ค ผสมเข้าไปด้วยซึ่งช่วยทำให้แก้วที่ได้มีคุณภาพดีขึ้น ถ้าเราใช้ โบโรซิลิเกต(borosilicate)แทนโซดา แก้วที่ได้จะทนความร้อนได้สูงมาก และถ้าเราใส่ตะกั่ว(Lead)ผสมลงไป ด้วยก็จะได้แก้วที่ใสและมีความแวววาว(Clear and brilliant) มากขึ้น นอกจากนั้นถ้าต้องการให้มีสีสันต่าง ๆ ก็อาจผสมสารที่ให้สี (Colouring agents) ลงไปก่อนที่ส่วนผสมต่าง ๆ จะหลอมละลายเมื่อส่วนผสมของ แต่ละอย่างตามจำนวนสัดส่วนที่ถูกต้องนำมาใส่ในเตาหลอม (Furnace) แล้วแก้วที่หลอมละลายในเตาหลอมก็ พร้อมที่จะนำมาทำให้เป็นรูปร่างต่าง ๆ ต่อไปได้ (คติเกษม ทองยงค์.2520:2)

2.1. ความหมาย

แก้วคือ วัตถุที่มีความแข็ง โปร่งแสง เปราะ มีความแวววาว มีจุดหลอมละลายสูง ไม่ละลาย น้ำและสารละลายใด ๆ ไม่ติดไฟ (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์.ม.ป.ป.)ในพจนานุกรมกล่าวไว้ว่า แก้วคือสารประกอบซิลิ ก้ากับสารโลหะออกไซด์มีลักษณะโปร่งแสงและมีความเปราะในตัวหรือในทางเทคนิคกล่าวว่า แก้วคือผลิต ภัณฑ์ที่ได้รับจากการหลอมอินทรีย์สาร มีการเย็นตัวจนกระทั่งแข็ง โดยไม่มีการตกผลึก ส่วนประกอบทาง เคมี มี SiO_2 , B_2O_3 , Na_2CO_3 , MgCO_3 (Dolomite)แก้วทำจากอินทรีย์สารคือทรายแก้ว เป็นส่วนประกอบ สำคัญ นอกนั้นก็เป็อนินทรีย์ออกไซด์ต่างๆ เช่น Ferric Oxide, Phosphoric Oxide ฯ แก้วมีส่วน

ประกอบบางเคมีไม่แน่นอน แต่ส่วนผสมจะต้องอยู่ในขอบเขตจำกัด ถ้าหากจัดสัดส่วนของส่วนผสมเกินออกไปจากที่กำหนด จะทำให้แก้วไม่หลอมละลาย หรือเกิดความยุ่งยากต่างๆ ขึ้น (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์.ม.ป.ป.)

บรรดาแก้วนานาชนิดที่มนุษย์ผลิตขึ้น เราสามารถผลิตแก้วเบาเหมือนไม้คอร์ก (Cork) หรือแก้วมีน้ำหนักเหมือนเหล็ก (Iron) แก้วที่มีความแข็งเหมือนเหล็กกล้า (Steel) แก้วที่มีความเปราะเหมือนเปลือกไข่ หรืออ่อนนุ่มเหมือนปุยนุ่น ให้แข็งเหมือนเพชรพลอย เนื่องจากแก้วสามารถควบคุมให้มีคุณสมบัติตามต้องการได้ จึงมีการนำแก้วไปใช้ในงานแขนงต่างๆ เช่น ทางด้านวิทยาศาสตร์ อุตสาหกรรม สถาปัตยกรรม โทรคมนาคม วิศวกรรมและตามบ้านเรือน แม้กว้างออกไปโดยไม่มีขอบเขตแม้กระทั่งเครื่องประดับขนาดเล็กๆ (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์.ม.ป.ป. :อ้างมาจาก อุตสาหกรรมวรรณ ม.ร.ว. “แก้ว”วารสารวิทยาศาสตร์ ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 (1 เมษายน 2525:11)

2.2.ชนิดของแก้ว

แก้วที่พบเห็นโดยทั่วไปมีหลายชนิดแต่สามารถแบ่งแก้วเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ(สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์.ม.ป.ป.)

2.2.1 แก้วที่เกิดมาโดยธรรมชาติ (God-made glass) เป็นแก้วที่เรียกว่า obsidian เกิดจากการเย็นตัวอย่างรวดเร็วของสารหลอมเหลว (Magma) ที่พุ่งออกมาจากปล่องภูเขาไฟ มีสีเทาหรือม่วงดำ ต่อมาในยุคหินที่มนุษย์เริ่มรู้จักไฟในการหุงต้ม ตรงเชิงตะกอนเตาเมื่อได้รับความร้อนสูง จะทำให้เกิดการหลอมละลายที่ผิวเป็นลูกปัด (Glass Bead) กลมๆ ได้ แก้วธรรมชาติ เช่น หินเขี้ยวหนุมาน (Quartz) มีจุดหลอมเหลวสูงมากกล่าวคือทรายแก้วบริสุทธิ์มีจุดหลอมเหลวสูงที่ 1,710 องศาเซลเซียส เมื่อละลายแล้วเรียกว่า Fused silica

2.2.2 แก้วที่มนุษย์สร้างขึ้น (Man-made glass)หรือแก้วสังเคราะห์คือแก้วที่เกิดจากการที่นำวัตถุดิบต่างๆมาผสมกันและนำไปผ่านความร้อนจนเกิดการหลอมตัวของวัตถุดิบจนเป็นเนื้อเดียวกันสามารถแบ่งได้ดังต่อไปนี้

2.2.2.1 Silica glass (Fused silica or Vitreous silica) ได้จากการหลอมทรายแก้วหรือควอทซ์ที่บดละเอียด โดยไม่ได้ผสมวัตถุดิบอื่นๆ ลงไป มีจุดหลอมเหลวสูง (1,710 องศาเซลเซียส) มีการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนน้อย ส่วนมากใช้ทำเครื่องใช้ในห้องปฏิบัติการ (Lab) แก้วชนิดนี้เวลาหลอมมักมีฟองมาก จึงนิยมทำการหลอมมักมีฟองมาก จึงนิยมทำการหลอมในสุญญากาศ (Vacuum) มีความหนืดสูง มีความคงทน (Staility) ทางเคมีและทนไฟได้ดี

2.2.2.2 ร้อยละ 96 Silica glass มีสมบัติเกือบเหมือน Fused silica แต่มีจุดหลอมต่ำกว่า มีการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนสูงกว่า เพราะมีสารช่วยหลอมละลาย (Fluxing oxide) ผสมอยู่ เพื่อลดจุดหลอมให้ต่ำลงและสะดวกในการขึ้นรูป ใช้ทำเครื่องใช้ในห้อง Lab พวกหลอดแก้ว (Tubes) หรือ ถ้วยแก้ว (Rod)

2.2.2.3 Soda – lime glass เป็นชนิดที่ใช้มากที่สุด โดยใช้โซดา (Soda) หรือโปแตส (Potas) ผสมเป็นสารช่วยหลอมละลาย (Fluxing oxide) เพื่อลดจุดหลอมให้ต่ำลง ลดความหนืดให้สะดวกในการขึ้นรูป นอกจากนี้ยังมีไลม์ (CaO) แมกนีเซีย (MgO) และอลูมินา (Al₂O₃) ปนอยู่เล็กน้อย เพื่อให้เกิดความคงทนต่อสารเคมี แก้วชนิดนี้ถ้าผลิตบางจะไม่สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างกะทันหัน (Thermal shock) ได้ใช้ทำขวด กระชกหน้าต่าง กระชกแผ่น หลอดแก้ว ถ้วยแก้ว แก้วกันกระสุน (Bullet proof glass)

2.2.2.4 Lead alkali silica glass แก้วชนิดนี้ได้จากการแทนที่แคลเซียมออกไซด์ด้วยตะกั่ว ตามปกติ แคลเซียมออกไซด์จะใช้ได้ไม่เกินร้อยละ 15 แต่ถ้าใช้ตะกั่วแทนสามารถใช้ได้ถึงร้อยละ 80โดยตะกั่วทำหน้าที่เป็นตัวช่วยหลอมละลาย (Fluxing oxide) แก้วชนิดนี้เนื่องจากมีส่วนผสมของตะกั่ว

จึงมีความแวววาวใสสวยงาม นิยมใช้ทำหลอดแสงสว่าง ทั้งชนิดธรรมดาและหลอดนีออน นอกจากนั้นยังนิยมเอาไปทำผลิตภัณฑ์ประเภทงานศิลปะ (Artware) และแก้วเจียรไน (Crystal glass) มีความต้านทานทางไฟฟ้าดี จึงนำไปใช้ผลิตอุปกรณ์ วิทยุ เรดาร์ และเครื่องหลอดโทรทัศน์ หลอดวิทยุต่างๆ เป็นต้น บางครั้งใส่ตะกั่ว ถึงร้อยละ 92 จึงมีน้ำหนักมาก

2.2.2.5 BorO.silicate glass แก้วชนิดนี้ใช้โบร็กซ์ (Borax) เป็นตัวช่วยหลอมละลาย (Fluxing agent) โดย B_2O_3 จะลดความหนืดของแก้วลงแต่ทำได้น้อยกว่า Soda การขึ้นรูปค่อนข้างลำบาก แต่ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกระทันหัน (Thermal shock) ได้ดี ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี (Chemical corrosion) ใช้ทำภาชนะหุงต้ม (Cooking ware) ชนิดที่ทนความร้อนโดยตรง (ใช้หุงต้มได้) เพราะทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างกระทันหัน ภาชนะที่ใช้ในห้องทดลอง (Lab) และทำเลนส์ของกล้องดูดาว (Telescope mirror)

2.2.2.6 Alumina silicate glass ได้แก่แก้วที่มี Al_2O_3 มากกว่าร้อยละ 20 มีแคลเซียมออกไซด์ และ แมกนีเซียมออกไซด์ ปริมาณน้อย มีจุดหลอมสูง มีการขยายตัวน้อย เมื่อได้รับความร้อนจึงเหมาะที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์ประเภทที่ต้องสัมผัสกับอุณหภูมิสูง (Height temperature ware) และภาชนะหุงต้ม (Cooking ware)

2.2.2.7 แก้วสี (Color glass) เป็นแก้วที่มีสี ทำได้โดยผสมสารให้สี (Colorants) ที่เป็นออกไซด์ของโลหะ (Metallic oxide) ลงไปปริมาณน้อยๆ ประมาณร้อยละ 1-4 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสีที่ต้องการ

2.3.ประเภทผลิตภัณฑ์แก้ว

แก้วที่เราใช้ในชีวิตประจำวันนั้นส่วนมากเป็นแก้วที่ผ่านการประดิษฐ์ขึ้นซึ่งมีมากมายหลายประเภท แต่เราสามารถจำแนกตามลักษณะการใช้งานได้โดย จะแบ่งได้ดังต่อไปนี้

2.3.1 แก้วที่ใช้ในวงการวิทยาศาสตร์ (Glass for science) เช่น พวกหลอดแก้วทดลอง (Tubes) ต่างๆ พวกปริซึม (Prism)

2.3.2 แก้วที่ใช้ในการให้แสงสว่างต่างๆ เช่น ฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent) นีออน (Neon) แก้วประเภทนี้ยังคลุมถึงเลนส์ (Lens) ต่างๆ ของแว่นตา แว่นขยายกล้องถ่ายรูป กล้องจุลทรรศน์ กล้องส่องทางไกล

2.3.3 แก้วที่ใช้ในการก่อสร้าง (Glass for construction) เช่น พวกแก้วอิฐ แก้วบุเพดาน หรือ กำแพง เสื่อกันความร้อน และเสื่อกันไฟ เป็นต้น

2.3.4 แก้วสะเทิน (Neutral glass) คือแก้วที่ไม่ทำปฏิกิริยากับกรดหรือด่าง แก้วพวกนี้ได้แก่ พวกขวดใส่ยา ขวดใส่น้ำเกลือ

2.3.5 แก้วกระจกรถยนต์ (Safety glass) หรือพวกแก้วนิรภัย คุณสมบัติเด่น คือ ในขณะที่ถูกของแข็งกระทบแตกจะไม่มีลักษณะแหลมคม (Angular fragment) จัดเป็น Soda – lime – glass

2.3.6 แก้วกันกระสุน (Bullet proof glass) เป็นแก้วธรรมดาชนิด Soda – lime - glass นั้นเอง หลังจากนั้นมาเป็นแผ่นบางๆ หลายๆ แผ่นแล้วเอาแผ่นพลาสติก ใส่ตรงกลางระหว่างชั้นและประกบกันจนกระทั่งได้ความหนาที่ต้องการ แก้วนี้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น จนสามารถกันกระสุนทะลุผ่านได้ โดยกรณีที่ถูกยิง กระสุนปืนมักจะเกิดการฉีก ไม่สามารถทะลุทะลวงเข้าไปได้

2.3.7 โยแก้ว (Glass fibers) ทำโดยดึงแก้วออกมาเป็นเส้นใยแล้วเอามาตัดขึ้นรูป แข็งแรง ยิ่งกว่าเหล็กกล้า มีความเบาเหมือนปุยพู่ อ่อนนุ่มเหมือนขนสัตว์ และงอไปมาได้เหมือนผ้าไหม สามารถดึงให้เป็นเส้นเล็กถึง 1/300 ของความหนาของเส้นผม ทนความร้อนได้ถึง 1,000 องศาฟาเรนไฮต์คุณสมบัติเก็บเสียงและกันความร้อนได้ดีนอกจากนั้นยังสามารถนำไปต่อเรือได้อีกด้วย ซึ่งให้น้ำหนักเบาและแข็งแรงดีมาก

2.3.8 แก้วในวงการศิลปะ (Arts glass) ผลิตภัณฑ์แก้วประเภทนี้ได้แก่ Photo sensitive glass ซึ่งมีความไวต่อแสง Ultraviolet ซึ่งสามารถจะอัดภาพถ่ายลงไปได้ตลอดช่วงความหนาของเนื้อแก้ว ประเภทอื่นๆ ได้แก่ พวกแก้วสีต่างๆ ตลอดจนเครื่องประดับต่างๆ

2.3.9 แก้วที่เป็นเครื่องใช้ในบ้าน (Glass for living) ได้แก่ เครื่องแก้วต่างๆ แก้วแม้จะเป็นตัวนำความร้อนไม่ดี แต่ก็ดูดความร้อนได้ดี ฉะนั้นหม้อแก้วจึงสามารถดูดเก็บความร้อนไว้ได้นานกว่าหม้อโลหะ นอกจากนี้ก็มีพวกโคมไฟต่างๆ จานแก้ว และถ้วยแก้ว

2.3.10 แก้วในวงการอิเล็กทรอนิกส์ และโทรคมนาคม (Glass for electronics Tele – communication) แก้วประเภทนี้ได้แก่ หลอดโทรทัศน์ หลอดสัญญาณ เป็นต้น

2.3.11 แก้วในวงการอวกาศ (Glass in the space age) เช่น พวกหน้าต่างเครื่องบิน เป็นต้น

2.4 วัตถุดิบที่ใช้ผลิตแก้ว

แก้วเกิดจากการผสมกันของสารเคมีหลายชนิดและนำไปผ่านความร้อนจนเกิดการหลอมตัวเป็นเนื้อแก้วซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแก้วมีวัตถุดิบอยู่หลายชนิดสามารถแบ่งเป็นกลุ่มหลัก 6 กลุ่มคือ

2.4.1 กลุ่มวัตถุดิบหลักคือ หินทรายหรือทรายแก้ว (Glass sand) เป็นตัวทำให้เกิดแก้ว หินทรายแก้วที่ดีจะต้องมีปริมาณของเหล็กต่ำ และสารประกอบอื่นประเภท Impurities เจือปนอยู่ มีฉะนั้น จะได้เนื้อแก้วที่ไม่ค่อยใส คือมักมีสีปนอยู่ในเนื้อและยากในการหลอมละลาย วัตถุดิบประเภทนี้ในประเทศไทยมีปริมาณมากและคุณภาพดี ที่ใช้มากมี 2 แห่ง คือ ทรายแก้วจากจังหวัดระยอง และที่สงขลา

2.4.2 กลุ่มช่วยลดอุณหภูมิในการหลอมแก้ว (Fluxes) ที่นิยมใช้ ได้แก่ โซดาแอช (Na_2O_3) ชนิดหนัก (Dense) สารนี้เมื่อนำเอาไปผสมกับทรายแก้วในอัตราร้อยละ 10-16 จะลดอุณหภูมิการหลอมลงมาอยู่ที่ 700-800 องศาเซลเซียส ทำให้ทรายแก้วหลอมตัวง่ายขึ้น โซดาแอช (Na_2O_3) เมื่อผสมกับทรายแก้ว (SiO_2) จะได้แก้วชนิด Sodium silicate (Na_2SiO_3) หรือที่เรียกว่า Water glass คุณสมบัติละลายน้ำได้ง่าย ดังนั้น จึงใส่หินปูน (CaCO_3) ลงไปด้วย เพื่อไม่ให้ละลายน้ำ เมื่อหลอมตัวเป็นแก้วเรียกว่า Soda – Lime glass นอกจากนั้นยังใส่ Alkaline earth ตัวอื่นๆ ได้อีก เช่น Magnesium, Barium เป็นต้น ฟลักซ์ตัวอื่นๆ ที่นิยมใช้ ได้แก่ Feldspar, Lead oxide และ Boric oxide ใน Borax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) หรือ ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) Boric oxide นิยมใช้ทำ Borosilicate glass อย่างไรก็ดี ควรยึดถือหลักเกณฑ์โดยทั่วไปว่า แก้วตัวประเภทใดมีจำนวนฟลักซ์สูง จะใช้อุณหภูมิในการหลอมต่ำ ราคาถูกแต่ถ้าใส่ฟลักซ์น้อย จะได้เนื้อแก้วคุณภาพดีราคาแพงขึ้นนอกจากนี้ เศษแก้ว (Cullet) ก็ทำหน้าที่เป็นฟลักซ์เช่นเดียวกัน ซึ่งจะใช้ประมาณร้อยละ 10-75 ของวัตถุดิบ

2.4.3 กลุ่มตัวฟอกสี (Decolorizing agent) ได้แก่ ซีลีเนียม (Selenium) และโคบอลต์ (Cobalt) ใช้ในปริมาณเล็กน้อย แต่เป็นสารที่มีราคาแพง ใช้สำหรับฟอกสีเขียวที่เกิดจากออกไซด์ของเหล็ก (เหล็กเป็นตัวทำให้เกิดสีในแก้ว) หากมีปริมาณเกิน 0.06 ร้อยละ แม้ตัวฟอกสีจะช่วยไม่ได้ ฉะนั้นจะต้องควบคุมปริมาณของตัวที่ทำให้เกิดสีด้วยการใช้ซีลีเนียม มีข้อเสียบ้างเล็กน้อยคือ ถ้าใช้ปริมาณมากเกินไปจะทำให้ความใสของเนื้อแก้วลดลงอีกประการหนึ่ง คือ ถ้าใช้ตัวไล์ฟอง (Arsenic) มาก จะมีผลต่อสมบัติในการฟอกสีของซีลีเนียมด้วย

2.4.4 กลุ่มตัวไล์ฟอง ได้แก่ อาร์ซีนีออกไซด์ (As_2O_3) หรือ โซเดียมไนเตรจ (NaNO_3) การหลอมแก้วแต่ละครั้งจะเกิดฟองขึ้นอย่างมากมาย เนื่องจากสารพวกคาร์บอเนต (Carbonate) ขณะที่ทำปฏิกิริยากับการหลอม จะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งเป็นตัวการทำให้เกิดฟอง ฟองอันนี้จะขจัดได้โดยการเติมสารจำพวก As_2O_3 หรือ NaNO_3

2.4.5 กลุ่มตัวช่วยทำให้เกิดสีและทึบแสง (Coloring and Opacifying Agent) ใช้ในการทำพวกแก้วสีและแก้วทึบแสงสามารถแบ่งได้ตามตาราง

ตาราง 3 สารช่วยให้เกิดสีในแก้ว

สีแก้ว	สารที่ใช้
สีน้ำเงิน ใช้	Co_2O_3
สีฟ้าใช้	Cu SO_4
สีเหลืองใช้	CdSF , $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{C}$
สีเขียวใช้	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, Cr_2O_3
สีชาใช้	$\text{C} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{S}$
สีม่วงใช้	NiO , MnO
สีเหลืองใช้	V (Vanadium)
สีแดงใช้	$\text{SeO}_2 + \text{CdsF}$, $\text{SeO}_2 + \text{C}$, Au
สีดำใช้	MnO เปรอร์เซนต์ค่อนข้างสูง
แก้วทึบแสง	F (Fluorite) กับ P (Phosphate)

2.4.6 ตัวควบคุมความหนืดหรือการไหลตัวของแก้ว (Viscosity Fluidity) นิยมใช้อลูมินา (Al_2O_3) หรือเฟลสปาร์ (Feldspar) โซดาโซดา (Soda) หรือโปแตสเฟลสปาร์ (Potash feldspar) ซึ่งจะต้องมีความบริสุทธิ์พอสมควรไม่ควรจะมีปริมาณเหล็กสูง ฉะนั้นอลูมินาที่ได้จากดิน (Clay) บ็อกไซต์ (Bauxite) ยิปโซไซต์ (Gibbsite) และไดสเปอร์ (disperse) จึงไม่นิยมใช้ทำแก้วเพราะมีเปอร์เซนต์เหล็กสูง นอกจากนั้นอลูมินาจึงเป็นตัวเพิ่มความแข็งแรง (Strength) แก่เนื้อแก้วด้วย ควรใช้ไม่เกิน 2 ร้อยละ จากเฟลสปาร์ เพราะราคาถูกกว่า Cacined -alumina

สรุปแล้วในอุตสาหกรรมแก้ว วัตถุดิบที่ใช้มีมากมายหลายชนิด ซึ่งถ้าเราจะแบ่งหยาบๆ ออกเป็น 2 พวกคือ วัตถุดิบที่ได้จากธรรมชาติโดยตรง กับวัตถุดิบที่ผ่านการสังเคราะห์หรือกรรมวิธีทางเคมีตัวอย่างวัตถุดิบที่ได้มาจากธรรมชาติโดยตรง เช่น หวาย (Silica sand) หินฟันม้า หินโดโลไมท์ ส่วนวัตถุดิบที่ผ่านการสังเคราะห์ ได้แก่ โซดาแอช (Na_2CO_3) ซอลท์เคท (Na_2SO_4) , Blue Dust (Iron oxide) เป็นต้น ในบรรดาวัตถุดิบทั้งหลายนี้วัตถุดิบที่ใช้มากที่สุด ได้แก่ หวาย ซึ่งการผลิตแก้วที่ใช้ทั่วๆ ไป ในชีวิตประจำวัน เป็นพวก Soda – lime silica glass จะมีส่วนประกอบของซิลิกา (SiO_2) อยู่ประมาณ 70 ร้อยละ สำหรับวัตถุดิบตัวอื่นๆ นั้น เป็นตัวประกอบในการทำแก้วเพื่อให้มีคุณสมบัติตามต้องการ เช่น อลูมินา (Al_2O_3) ที่ได้จากเฟลสปาร์ จะช่วยเพิ่มคุณสมบัติในด้านความคงทนของแก้ว โซดาแอช (Na_2O) ผสมลงไปเพื่อเป็นตัวช่วยหลอม ทำให้สามารถหลอมแก้วได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดหลอมของซิลิกา (1710 องศา) ตัวอย่างอัตราส่วนผสมของแก้วชนิดต่างๆตามตาราง 4 ส่วนประกอบของแก้ว

ตาราง 4 ส่วนประกอบของแก้ว

	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	BaO	Pbo	B ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
1. Fused silica	99.5	-	-	-	-	-	-	-	-
2. 96ร้อยละ silica	96.3	0.2	0.2	-	-	-	-	2.9	0.4
3. Soda lime (window shot)	71-73	12-15	-	8-10	1.5 - 3.5	-	-	-	0.5 - 1.5
4. Soda lime (Flute glass)	71-73	12-14	-	10-12	1-4	-	-	-	0.5 - 1.5
5. Soda lime (Containers)	70-74	13-16	13-16	10-13	0.05	-	-	-	1.5 - 2.5
6. Soda lime (Electric lampbulb)	23-26	16.0	0.6	5.2	3.6	-	-	-	1
7. Lead alkaline silicate	63	7.6	6.0	0.3	0.2	-	21	0.2	9.6
8. Lead alkaline high lead	35	-	7.2	-	-	-	58	-	-
9. Alumina boro silicate	74.7	6.4	0.5	0.9	-	2.2	-	9.6	5.6
10. Boro silicate	80.5	3.8	0.4	-	-	-	-	12.9	2.5
11. Alumina silicate	57	1.0	-	5.5	12.0	-	-	4	20.0

3. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระเบื้องดินเผาบุผนังภายใน(มอก.613-2529)

3.1 ขอบข่าย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ชั้นคุณภาพ ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน คุณลักษณะที่ต้องการการบรรจุ เครื่องหมาย และฉลาก การทดสอบกระเบื้องดินเผาเคลือบผนังและกระเบื้องเสริมประกอบที่ใช้บุผนังภายในอาคารส่วนที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำและการรักษาความสะอาดเพื่อให้ถูกสุขลักษณะ เช่น ห้องน้ำ ห้องครัว โรงพยาบาล(มอก.613-2529:1)

3.2 บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้
กระเบื้องดินเผาเคลือบผนังภายในซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่า “กระเบื้อง” หมายถึงผลิตภัณฑ์

3.2.1 ภัณฑ์ที่ได้จากการอัด ดินและส่วนผสมอื่นๆ เช่นหิน ทราช สี เป็นต้น แล้วเผาที่อุณหภูมิไม่น้อยกว่า 1,000องศาเซลเซียส มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมมุมฉาก แต่ละแผ่นมีพื้นที่ไม่น้อยกว่า 90 ตารางเซนติเมตรและมีการเคลือบบนผิวหน้ากระเบื้องให้มีสีใดก็ได้ ทั้งนี้รวมทั้งกระเบื้องเสริมประกอบด้วย

3.2.2 การราน หมายถึง การเกิดรอยร้าวบนผิวเคลือบกันระหว่างเคลือบเนื้อกระเบื้อง

3.2.3 รอยร้าว หมายถึง รอยแตกที่ลึกถึงเนื้อกระเบื้อง

3.2.4 รูเข็ม หมายถึง รูเล็กๆ ที่ปรากฏบนผิวเคลือบ

3.2.5 รอยพอง หมายถึง รอยนูนบนผิวเคลือบซึ่งเกิดจากการขยายตัวของก๊าซหรือฟองอากาศที่อยู่ภายใน เมื่อกระเบื้องแตกจะเกิดโพรงขึ้นที่ผิวเคลือบ

3.2.6 หลุม หมายถึง การเกิดหลุมเล็กๆ ที่ผิวหน้ากระเบื้อง ซึ่งมีความลึกเท่ากับ หรือน้อยกว่าความกว้าง

3.2.7 รอยบิ่น หมายถึง รอยตามแนวขอบหรือตามมุมขอบกระเบื้องซึ่งเกิดจากเนื้อกระเบื้องแตกหลุดออกไป(มอก.613-2529:2)

3.2.8 การหดตัวของเคลือบ หมายถึง การที่เคลือบหดตัวจนเนื้อกระเบื้องบางส่วนไม่มีเคลือบฉาบอยู่

3.2.9 ความบิดเบี้ยว หมายถึง ความบิดเบี้ยวจากรูปร่างของกระเบื้องที่กำหนดเนื่องจากกรรมวิธีการ ผลิต

3.2.10 โค้งออก หมายถึง ความบิดเบี้ยวในลักษณะที่ส่วนกลางของขอบกระเบื้องโค้งออก

3.2.11 เว้าเข้า หมายถึง ความบิดเบี้ยวในลักษณะที่ส่วนกลางของขอบกระเบื้องเว้าเข้า

3.2.12 นูนขึ้น หมายถึง ความบิดเบี้ยวจากแนวระนาบของผิวหน้ากระเบื้อง เนื่องจากส่วนกลางตามแนวเส้นทแยงมุมหรือส่วนกลางของขอบกระเบื้องสูงขึ้น

3.2.13 แ่นลง หมายถึง ความบิดเบี้ยวไปจากแนวระนาบของผิวหน้ากระเบื้องเนื่องจากส่วนกลางตามแนวเส้นทแยงมุมหรือส่วนกลางตามแนวขอบกระเบื้องต่ำลง

3.2.14 ความสอป หมายถึง ลักษณะของด้านตรงข้ามของกระเบื้องสอปเข้าหากัน เนื่องจากความยาวของด้านตรงข้ามอีกคู่หนึ่งไม่เท่ากัน(มอก.613-2529:3)

3.3 ชั้นคุณภาพ

กระเบื้องแบ่งออกเป็น 2 ชั้นคุณภาพคือ

3.3.1 ชั้นคุณภาพที่ 1

3.3.2 ชั้นคุณภาพที่ 2 (มอก.613-2529:8)

3.4 คุณลักษณะที่ต้องการ

ลักษณะทั่วไป

3.4.1 ชั้นคุณภาพที่ 1

กระเบื้องต้องไม่มีการล่อนตัว การแยกชั้นเนื้อกระเบื้อง การราน การแตกหักและเมื่อตรวจสอบตามข้อ 3.5.1 แล้วต้องมองไม่เห็นรอยร้าว รูเข็ม รอยพอง หลุม รอยบิ่น การหดตัวของเคลือบและตำหนิอื่นๆ เช่นสีไม่สม่ำเสมอหรือจุดด่าง เป็นต้น

3.4.2 ชั้นคุณภาพที่ 2

ให้เป็นไปตามที่กำหนดข้อ 3.4.1 โดยจะมี

3.4.2.1 จุดด่าง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 1 มิลลิเมตรได้ไม่เกิน 3 จุด

3.4.2.2 ความบกพร่องของผิวเคลือบต่างๆ รวมกันได้ไม่เกิน 5 ตารางมิลลิเมตร

3.4.2.3 พื้นที่ของรอยบิ่นหรือมุมหรือขอบเมื่อทดสอบตามข้อ 5.2 ได้ไม่เกินที่กำหนดไว้ในตาราง 2 แต่ทั้งนี้ในกระเบื้องแผ่นเดียวกันจะมีรอยบิ่นที่มุมและที่ขอบรวมกันได้ไม่เกิน 3 จุด(มอก.613-2529:9)

3.4.3 ความทนสารเคมี

เมื่อทดสอบตามข้อ 3.5.2 แล้วกระเบื้องต้องไม่ปรากฏการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากสารเคมี

3.4.4 ความทนการร้าว

เมื่อทดสอบตามข้อ 3.5.3 แล้วผิวเคลือบของกระเบื้องต้องไม่ร้าว

3.5 การทดสอบ

3.5.1 ลักษณะทั่วไป

วางกระเบื้อง ณ ที่ที่มีความสว่างประมาณ 300 ลักซ์ โดยหันหน้าออกแล้วมองในแนวตั้งฉาก ห่างจากกระเบื้องเป็นระยะ 1 เมตร ทั้งนี้ผู้ทดสอบต้องไม่มีโอกาสพิเศษในการพิจารณากระเบื้องนั้นอย่างใกล้ชิดมาก่อน(มอก.613-2529:15)

3.5.2 ความทนสารเคมี

3.5.2.1 สารละลายและวิธีเตรียม

สารละลายกรดไฮโดรคลอริก ร้อยละ 3 โดยปริมาตร เจือจางกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (ความหนาแน่นสัมพัทธ์ 1.18)30 ลูกบาศก์เซนติเมตร ด้วยน้ำกลั่นจนปริมาตรเป็น 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 3 โดยน้ำหนักละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 30 กรัม ในจำนวนเล็กน้อยแล้วเติมน้ำกลั่นอีกจนปริมาตรเป็น 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.5.2.2 วิธีทดสอบ

3.5.2.2.1 ความทนกรด

แช่ผิวตัวอย่างจำนวน 5 แผ่น ให้สะอาดแล้วแช่ตัวอย่างให้ 2 ใน 3 จมในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเป็นเวลา 7 วัน โดยใช้วิธีการควบคุมความเข้มข้นของสารละลายให้คงที่ตลอดระยะเวลาการทดสอบ เมื่อครบกำหนดแล้วยกตัวอย่างออกและตรวจพิจารณาการเปลี่ยนแปลงที่ผิวเคลือบ โดยการเปรียบเทียบกับผิวเคลือบของกระเบื้องส่วนที่ไม่ได้แช่(มอก.613-2529:19)

3.5.2.2.2 ความทนด่าง

ทำวิธีเดียวกันกับข้อ 3.5.2.1. แต่ให้แช่ในสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ตรวจพิจารณาการเปลี่ยนแปลงที่ผิวเคลือบเช่นเดียวกับข้อ 3.5.2.1.

3.5 การทนการร้าว

วิธีการทดสอบ ใส่น้ำลงในหม้อหนึ่งอัตรา ให้มากพอที่จะใช้ในการทดสอบนี้วางกระเบื้องบนขาตั้งให้พื้นระดับน้ำปิดฝาให้แน่นแล้วเริ่มต้มโดยเปิดลิ้นท่อน้ำออกจนกระทั่งน้ำเดือดเพื่อให้ไอน้ำไล่อากาศภายในหม้อหนึ่งอัตราออกหมดแล้วจึงปิด ปลดปล่อยให้น้ำเดือดต่อไป ให้ความดันไอลดลงๆ เพิ่มขึ้นด้วยอัตราเร็วที่สม่ำเสมอจนมีความดันประมาณ 100 กิโลปาสกาล รักษาความดันนี้เป็นเวลา 1 ชั่วโมงแล้วจึงดับไฟ และค่อยๆ ระบายความดันออกทีละน้อยจนหมด หลังจากทั้งให้กระเบื้องเย็นในหม้อหนึ่งอัตราจนถึงอุณหภูมิห้องแล้ว ให้นำกระเบื้องออกมาด้วยสารละลายของสีย้อมอินทรีย์ เช่น เมทิลีนบลู ร้อยละ 1 โดยน้ำหนักบนผิวเคลือบ สารละลายของสีย้อมจะปรากฏแทรกเป็นเส้นของการร้าวบนผิวเคลือบนั้น บันทึกและตรวจสอบลายเส้นที่ปรากฏเหล่านี้ไว้(มอก.613-2529:20)

4. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

4.1 เศษแก้ว(Cullet) $0.5\text{Na}_2\text{O} \cdot 0.5\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 0.5\text{Na}$

จากสูตรทางเคมีข้างต้นนี้คือ สูตรเคมีทั่วไปของการผลิตแก้วสำหรับ ขวด กระจกหน้าต่างทั่วไปแต่ส่วนประกอบทางเคมีของแก้วแต่ละชนิดอาจแตกต่างกันได้ตามความต้องการของการใช้งาน Parmelee.1951:13) ในส่วนของแก้วชนิด Soda – lime glass เป็นชนิดที่ใช้มากที่สุด โดยใช้โซดา (Soda) หรือโปแตส (Potas) ผสมเป็นสารช่วยหลอมละลาย (Fluxing oxide) เพื่อลดจุดหลอมให้ต่ำลง ลดความหนืดให้สะดวกในการขึ้นรูป นอกจากนี้ยังมีไลม์ (CaO) แมกนีเซีย (MgO) และอลูมินา (Al_2O_3) ปนอยู่เล็กน้อย เพื่อให้เกิดความทนต่อสารเคมี แก้วชนิดนี้ถ้าผลิตบางจะไม่สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างกะทันหัน (Thermal shock) ได้ใช้ทำขวด กระจกหน้าต่าง กระจกแผ่น หลอดแก้ว ถ้วยแก้ว แก้วกันกระสุน (Bullet proof glass) และในส่วนของเศษแก้ว(Cullet)จะได้เศษของ ขวดแตก หรือกระจกแตก เป็นต้นแต่จะมีส่วนประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันบ้างเนื่องจากการทำแก้วประเภทใดย่อมมีส่วนผสมที่แตกต่างกัน แต่การทำแก้วส่วนใหญ่จะทำจาก โซดาไลม์กับซิลิกาเป็นหลัก เศษแก้วสามารถนำไปผสมเคลือบได้ และถ้าเป็นแก้วสีก็สามารถทำให้เกิดสีได้โดยไม่ต้องเติมสารให้สีกับเคลือบนั้นได้และคุณสมบัติอีกอย่างของการนำเศษแก้วมาใช้คือทำให้เคลือบเกิดการไหลตัวดี(โกลม รักช่วงศ์:17)

4.2 โซดาเฟลด์สปาร์(Soda Feldspar) $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$

เฟลด์สปาร์หรือแร่ฟันม้า ไม่ได้เป็นชื่อเฉพาะสำหรับแร่ตัวใดตัวหนึ่ง แต่เป็นชื่อที่ใช้เรียกแร่ประกอบหินในกลุ่มซิลิเกต ที่มีการจับตัวชนิด Tectosilicate เฟลด์สปาร์เป็นสารประกอบที่จัดอยู่ในกลุ่มอัลคาไลน์(Alkaline) เป็นสารที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 1 หรือเรียกว่า โมโนวาเลนต์(Monovalent) ใช้สัญลักษณ์ RO สารกลุ่มนี้จะละลายน้ำได้เป็นส่วนใหญ่ มีคุณสมบัติเป็นฟลักซ์ที่ดี(Strong Flux) เพิ่มความไหลตัวของเคลือบ และเพิ่มความแวววาว(Glossy) (โกลม รักช่วงศ์.2531:37)

โซดาเฟลด์สปาร์(Soda Feldspar) $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า อัลไบต์(albite) เป็นหินฟันม้าชนิดที่มีสารประกอบของโซเดียม อลูมินาและซิลิกา (Sodium Alumina Silicate) มีความถ่วงจำเพาะระหว่าง 2.61-2.64 มีความแข็ง 6-6.5 เป็นผลึกสีเทาหรือขาวขุ่น นิยมใช้ทำเคลือบไฟสูง

มีส่วนประกอบทางเคมีดังนี้

Silica	68.8 ร้อยละ
Alumina	19.4 ร้อยละ
Sodium	11.8 ร้อยละ
Molecular weight	524

4.3 บอร์แรคซ (Borax) $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

เป็นสารประกอบที่มีชื่อทางเคมีว่า โซเดียมเตตราโบเรต (Sodium tetraborate) มีลักษณะเป็นผลึกสีขาวเป็นสารที่มีจุดหลอมละลายต่ำอยู่ที่ 735-741 องศาเซลเซียสจึงทำให้บอร์แรคซมีคุณสมบัติเป็นฟลักซ์(Flux)ไฟต่ำอย่างดีและเป็นสารที่สามารถละลายน้ำได้ดี และเป็นสารที่มีคุณสมบัติในการช่วยให้สีเคลือบมีความสดใสมากขึ้น อีกทั้งยังช่วยลดปัญหาการแตกร้าวหรือรูเข็มในเคลือบไฟสูงอย่างเคลือบผลิตภัณฑ์ประเภทพอร์ซเลน (Porcelain) โดยใส่ในอัตราส่วนไม่เกิน 10 ร้อยละก็สามารถทำให้เคลือบเป็นมันเงาแวววาวและลดรูเข็มในเคลือบได้(โกลม รักช่วงศ์. 2537:35) บอร์แรคซมีส่วนประกอบทางเคมีคือ

Sodium oxide	16.3 ร้อยละ
Boric oxide	36.5 ร้อยละ
Water of crystallization	47.2 ร้อยละ

การนำบอร์แรคซ์ไปใช้ผสมเคลือบโดยทั่วไปนิยมทำให้อยู่ในรูปของฟริตเนื่องจากบอร์แรคเป็นสารที่ละลายน้ำได้ดีเพราะมีผลึกของน้ำถึง 47.2ร้อยละ 5 ถ้านำไปใช้ทันทีควรผสมเคลือบให้มีความเข้มข้นสูงจึงจะได้ผลดี

4.4 ดินขาว(Kaolin) $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$

ดิน (clay) เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตงานเครื่องปั้นดินเผาเป็นวัตถุดิบที่มีความเหนียว (Plastic material) สามารถใช้ได้ทั้งในเนื้อผลิตภัณฑ์ และในส่วนของการทำงานเคลือบดินเป็นสารประกอบของอลูมิเนียมซิลิเกต (Aluminium silicate) มีสูตรทางเคมี คือ $Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$ ดินโดยทั่วไปมักเกิดจากการแปรสภาพของหินพื้นน้ำ อันเนื่องมาจากหินพื้นน้ำเกิดการผุพังก็เปลี่ยนสภาพเป็นดินเรียกปฏิกิริยานี้ว่า (Kaolinization) (โกลล รัชวงศ์.2531:3) ดินสามารถแบ่งการเกิดได้ 2 ช่วง

ดินที่เกิดครั้งแรก (Primary clay) เป็นดินที่สลายตัวอยู่ในแหล่งเดิม (Parent rock) เนื้อดินหยาบ ให้สีขาวหรือสีขาวหม่น หนไฟสูง มีความเหนียวน้อย ไม่สามารถขึ้นรูปได้ต้องนำไปผสมกับวัตถุดิบอื่น

ดินที่เกิดครั้งที่สอง (Secondary clay) ได้แก่ดินที่พบในที่ราบต่ำ ที่ราบลุ่ม เช่น ดินเหนียว (Ball clay) เนื้อดินจะมีความละเอียดมากขึ้นแต่จะมีสิ่งเจือปนจากอินทรีย์สารมากกว่าดินที่เกิดครั้งแรก

ดินขาว (Kaolin) $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ หมายถึงดินที่มีสีขาวหรือสีที่ซีดจางทั้งในสภาพที่ยังไม่ผ่านการเผาหรือผ่านการเผาแล้วก็ตาม ดินขาวมีส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นแร่ดินกลุ่ม Kaolinite จะพบได้ทั้งในแหล่งเดิมและแหล่งที่ราบเนื่องจากการพัดพาของกระแสน้ำ ดินขาวเป็นวัตถุดิบที่มีความหยาบและมีความเหนียวน้อยจึงต้องผสมกับวัตถุดิบอื่นๆ แต่ดินขาวเป็นดินที่มีการหดตัวน้อยนอกจากนำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกแล้วยังสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ ได้อีกเช่น อุตสาหกรรมสี อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมวัตถุทนไฟและไฟเบอร์ทนความร้อน (ทวี พรหมพฤกษ์.2523:58) ดินขาวที่พบในประเทศไทยมีอยู่หลายแหล่งเช่น

ดินขาวที่สามารถนำมาใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผา เช่น ดินขาวแจ่ม จังหวัดลำปาง ดินขาวหาดส้มแป้น จังหวัดระนอง ดินขาวนครนายก ดินขาวปราจีน เป็นต้น

ตัวอย่างผลวิเคราะห์ทางเคมีของดินขาว อำเภอแจ่ม จังหวัดลำปาง (5ตัวอย่าง)

LiO ร้อยละ 3.1-4.5	$2SiO_2$ ร้อยละ 51.2-78.9	Al_2O_3 ร้อยละ 14.4-35.3	Fe_2O_3 ร้อยละ 0.8-1.4
CaO ร้อยละ 0.25-1.4	MgO ร้อยละ 0.19-3.5	Na_2O ร้อยละ 1.05-3.15	

คุณสมบัติของดินที่เป็นประโยชน์ต่อการทำเคลือบคือ

-เป็นตัวช่วยให้วัตถุดิบอื่นๆ ในน้ำเคลือบลอยตัวได้ดี

-ในการเพิ่มความเหนียวให้กับเคลือบดินทำให้เคลือบเกาะผลิตภัณฑ์ได้ดี

-เป็นตัวกลางที่ช่วยควบคุมการหดตัวของเคลือบดินที่คลุมผิวผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่เผา

-ดินเป็นสารประกอบของอลูมินา ซึ่งมีอิทธิพลต่อเคลือบในการเพิ่มหรือลดจุดหลอมละลายของ

เคลือบ และมีผลต่อคุณภาพการใช้สีในเคลือบ

-ดินเป็นสารประกอบที่มีซิลิกา ซึ่งปริมาณมากหรือน้อยของซิลิกาจะมีอิทธิพลต่อเคลือบดังต่อไปนี้

-จุดหลอมละลายจะสูงขึ้น

-ลดการไหลตัวของเคลือบขณะหลอม

-ช่วยทำให้เคลือบมีความต้านทานต่อการละลายน้ำและการกัดกร่อนของสารเคมีมากขึ้น

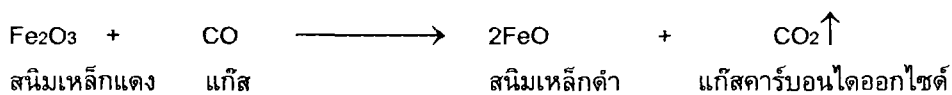
-ช่วยลดค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

-เพิ่มความแข็งแรงของเคลือบ (ปริดา พิมพ์ขาวชา.2530:20-220)

4.5 เหล็กออกไซด์ (Iron oxide) Fe_2O_3

ในผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่เราพบเห็นทั่วไปในชนิดที่ไม่มีการเคลือบปิดผิวดินเราจะสังเกตเห็นว่าเนื้อดินมีทั้งสีขาว สีแดง สีน้ำตาลหรือสีดำ ซึ่งสีแดง น้ำตาลหรือดำจะเกิดจากเหล็กออกไซด์ที่ปนอยู่ในเนื้อดินเช่นผลิตภัณฑ์กระถางดินเผาปลูกต้นไม้ อัฐมอญ ผลิตภัณฑ์ด้านแก้วียน หรือผลิตภัณฑ์โองราชบุรี การที่ผลิตภัณฑ์มีสีที่แตกต่างกันออกไปเกิดจากปริมาณของเหล็กที่แตกต่างกัน และอุณหภูมิที่ต่างกันออกไปเช่นผลิตภัณฑ์ที่มีสีแดงหรือสีส้มเกิดจากปริมาณเหล็กออกไซด์ในเนื้อดินร้อยละ 6 เผาที่อุณหภูมิประมาณ 900 องศาเซลเซียสในบรรยากาศออกซิเดชันและจากการศึกษาพบว่าแร่เหล็กหรือสนิมเหล็ก(Fe_2O_3)มี 3 ชนิดด้วยกันคือ (สมบูรณ์ อรรถนภาค.2545:1)

4.5.1 สนิมเหล็กดำ (Black Iron Oxide) FeO หรือเรียกอีกชื่อว่า เฟอรัสออกไซด์ (Ferrous oxide) ได้จากสนิมเหล็กแดง (Red Iron oxide) Fe_2O_3 เผาในบรรยากาศรีดักชันด้วยคาร์บอนมอนอกไซด์(CO)



เมื่อนำสนิมตัวนี้ผสมในเนื้อดินหรือเคลือบจะทำหน้าที่เป็นเหมือนตัวหลอมละลายทำปฏิกิริยากับซิลิกา กลายเป็นซิลิเกต ในเคลือบและเนื้อดินปั้น(สมบูรณ์ อรรถนภาค.2545:2) เมื่อผสมในเคลือบได้ดังนี้

FeO 1ร้อยละ	ในเคลือบจะให้สีเขียวอ่อน
FeO 3ร้อยละ	ในเคลือบจะให้สีเขียวเทาหรือสีเชลาดอน $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$
FeO 8ร้อยละ	ในเคลือบจะให้สีดำ

4.5.1 สนิมแม่เหล็ก (Magnetic Iron Oxide) Fe_3O_4 หรือเรียกว่าเหล็ก เฟอโร-โซเฟอริก ออกไซด์(Ferroso-Ferric Oxide)เป็นเกลือผลึกของเหล็กมีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็ก มีผงสีดำละเอียดมีความแวววาวแบบโลหะ และตัวแร่เป็นแม่เหล็กด้วย และมีความทนทานต่อการแตกตัวทางปฏิกิริยาทางเคมี คือ จะไม่ทำปฏิกิริยาต่อเนื้อดินและเคลือบที่อุณหภูมิต่ำกว่า 1,100 องศาเซลเซียส แต่เมื่อทำปฏิกิริยาแล้วมันจะให้เฟอรัสและเฟอริกออกไซด์ ออกมาในส่วนที่หลอมละลายจะเป็นสีแดงและสามารถคงรูปในสภาพเนื้อสารเล็กๆ อยู่ภายในเนื้อดินหรือเคลือบนั้น(สมบูรณ์ อรรถนภาค.2545:3)

4.5.2 สนิมเหล็กแดง (Red Iron oxide) Fe_2O_3 เฟอริกออกไซด์ หรือเหล็กเซสควิออกไซด์ (Ferric Sesqui Oxide) ออกไซด์ที่บริสุทธิ์จะมีสีแดงสด มีลักษณะเป็นผลึก แต่โครงสร้างของผลึกจะแตกตัวง่าย สนิมเหล็กแดงจะเป็นผงละเอียดมากสามารถนำมาใช้ทำสีในเคลือบและเนื้อดินปั้นได้ง่ายสำหรับการผสมเคลือบเหล็กออกไซด์ในเคลือบ (Iron Oxide in Glaze)จากการนำเสนอของ เสาวคนธ์ จอมพรวน ในสรุปผลการปฏิบัติงานของห้องปฏิบัติการเครือข่ายเซรามิกส์ เนื้อดินและเคลือบในรอบ 6 เดือน (เดือนพฤษภาคม-ตุลาคม 2544) การวิจัยเนื้อดิน เคลือบและสี ได้สรุปไว้ว่า เหล็กออกไซด์จะมีการเปลี่ยนแปลงตอบสนองเงื่อนไขต่างๆมากมาย ซึ่งเป็นการตอบสนองต่อองค์ประกอบของเคลือบและการเผาที่แตกต่างกัน สีของผลิตภัณฑ์ที่มีการผสมเหล็กออกไซด์จึงแตกต่างกันขึ้นกับสมบัติต่างๆสามารถสรุปได้ดังนี้

บรรยากาศออกซิเดชัน (Oxidation)สถานะปกติของเหล็กออกไซด์คือเหล็กออกไซด์สีแดง Fe_2O_3 ในสถานะนี้เหล็กจะรวมตัวกับออกซิเจนมากที่สุดและมีผลึกสีแดง เหล็กออกไซด์สีแดงในเคลือบจะให้สีเหลืองและสีน้ำตาล คือ ปริมาณเหล็กไม่เกินร้อยละ 4 ให้สีเหลือง,ร้อยละ 4-6 ให้สีแทน,ร้อยละ 6-10 ให้สีน้ำตาล, และร้อยละ10-25 ทำให้เคลือบมีสีน้ำตาลแก่

บรรยากาศรีดักชัน (Reduction)เหล็กออกไซด์จะง่ายต่อการรีดิวซ์(การลดลงของออกซิเจน) จะมีการตอบสนองอย่างทันทีทันใดต่อก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์(CO) และพร้อมจะปล่อยออกซิเจนออกไป ทำให้กลายเป็นเหล็กออกไซด์สีดำ สัดส่วนของออกไซด์สีดำและสีที่ได้คือ ปริมาณร้อยละ 1-3 ให้สีเทาอม

เขี้ยวอ่อนถึงแก่ หรือเซลาดอน, ร้อยละ 8 สำหรับสีดำและร้อยละ 8-12 สำหรับเคลือบเทมโมกุ(เคลือบที่มีจุดของแร่เหล็กเหมือนหยดน้ำมัน) (สมบูรณ์ อรรถยภาค.2545:4)

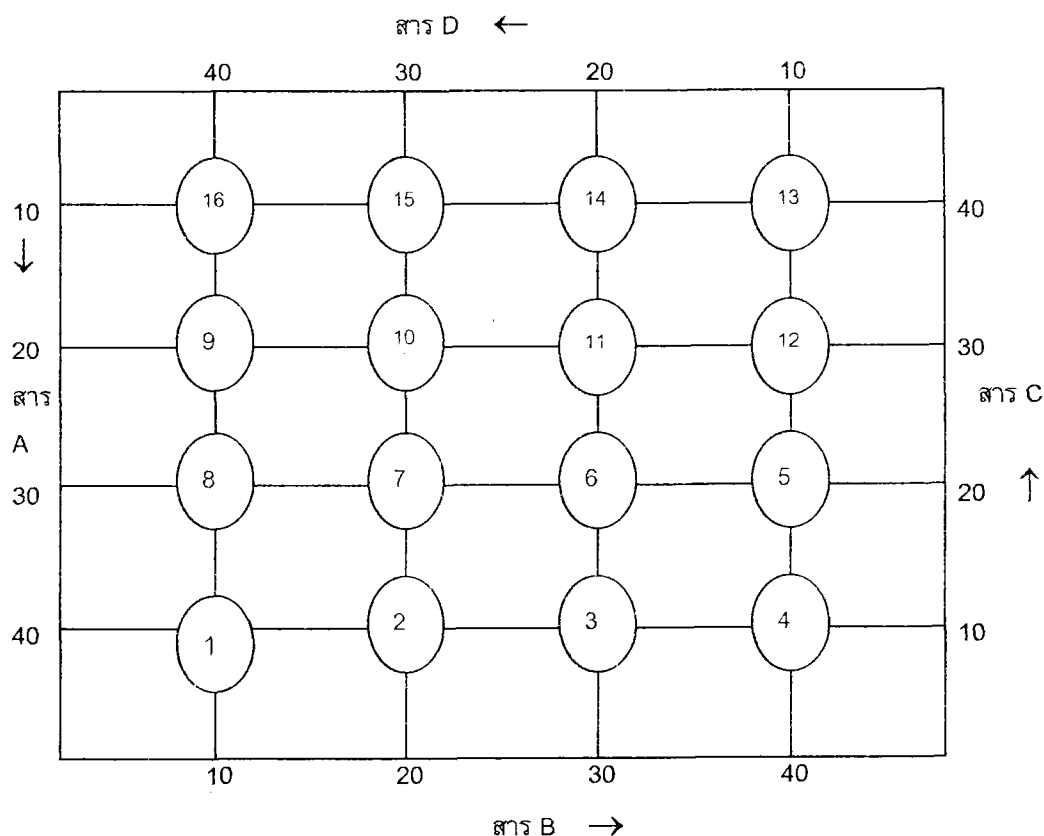
4.5.3 บทบาท 2 ประการของเหล็กออกไซด์

ประการแรกเหล็กออกไซด์สีดำปกติเป็นตัวช่วยหลอมในเคลือบที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 900 องศาเซลเซียส เช่นในเคลือบตะกั่วเหล็กออกไซด์สามารถใช้แทนตะกั่วได้ในปริมาณที่เท่ากัน

ประการที่สองส่วนเหล็กออกไซด์สีแดงจะเป็นตัวด้านการหลอมขณะที่เหล็กออกไซด์มีการเปลี่ยนแปลงสถานะของการออกซิเดชัน มันจะมีการเปลี่ยนบทบาทของตัวมันเองด้วย เหล็กออกไซด์สีแดงจะคุณสมบัติด้านการหลอมในเคลือบซึ่งถูกทำให้เป็นออกไซด์ได้อย่างเต็มที่แต่การทำเคลือบให้ออกไซด์อย่างสมบูรณ์เป็นไปได้ยากดังนั้นการป้องกันจึงต้องใช้ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาไหม้ไฟสูงเพื่อป้องกันการรื้อถอนที่เกิดเนื้อดิน

5.การอ่านอัตราส่วนผสมจากตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่า

ตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่าคือตารางสำหรับการกำหนดอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ



จากตารางแบ่งออกเป็นด้านๆละ 5 ช่องจะได้ 16 จุด(อัตราส่วน)

สามารถอ่านค่าของสาร A,B,C,D ได้ดังนี้

วิธีการอ่านค่าอัตราส่วนของสาร A B C D

เช่น อัตราส่วนที่ 1 อ่านค่าสาร A อ่านที่แกนด้านซ้ายของตารางเท่ากับ 40
 อ่านค่าสาร B อ่านที่แกนด้านล่างของตารางเท่ากับ 10
 อ่านค่าสาร C อ่านที่แกนด้านขวาของตารางเท่ากับ 10
 อ่านค่าสาร D อ่านที่แกนด้านบนของตารางเท่ากับ 40

ตาราง 5 ตารางตัวอย่างการอ่านค่าอัตราส่วนผสมจากตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่า

จุดที่	สาร A	สาร B	สาร C	สาร D
1	40	10	10	40
2	40	20	10	30
3	40	30	10	20
4	40	40	10	10

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากงานวิจัยของ ภัทรพล สุวรรณโณได้ทำการศึกษาอัตราส่วนผสมของโซดาแอส โฟแทสเซียม แพลตสพาร์ และควอทซ์ ในการทำพริตสำหรับตกแต่งกระเบื้องบุผนัง ได้อภิปรายผลการวิจัยในด้านการหลอมตัวของพริตพบว่าการหลอมตัวของพริตในสูตรที่ 13 ในบรรยากาศออกซิเดชันซึ่งมี โซดาแอสร้อยละ 49 โฟแทสเซียมแพลตสพาร์ร้อยละ 31 และควอทซ์ร้อยละ 20 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 3 และ 5 ตามลำดับพบว่าการหลอมตัวดี และสูตรที่ 15 ในบรรยากาศรีดักชัน โซดาแอสร้อยละ 49 โฟแทสเซียมแพลตสพาร์ร้อยละ 29 และควอทซ์ร้อยละ 22 โดยเพิ่มแบเรียมคาร์บอเนตและอลูมินาในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 3 และ 5 ตามลำดับพบว่าการหลอมตัวดี (ภัทรพล สุวรรณโณ.2545:60)

จากงานวิจัยของ สมศักดิ์ ขวาลาวณีย์ ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาสีในเนื้อดินปั้นสำหรับผลิตภัณฑ์เซรามิก โดยการใช้สัณนิมโลหะตามสูตรแผนภาพไตรดุลยภาพ ได้สรุปผลการทดลองในตอนหนึ่งว่าบรรยากาศของการเผามีผลต่อสีของเนื้อดินที่ผสมโลหะโคบอลต์ออกไซด์ และเหล็กออกไซด์ คือการเผาแบบรีดักชัน จะให้สีที่มีความเข้ม มากกว่าการเผาแบบบรรยากาศออกซิเดชัน (สมศักดิ์ ขวาลาวณีย์.2535:129)

จากงานวิจัยของ มนัส ขำอ่อน ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาน้ำเคลือบผลึก ผลวิจัยสรุปได้ว่า การเผาแบบรีดักชัน จะทำให้สีเคลือบเปลี่ยนแปลงไปจากการเผาแบบออกซิเดชัน และอุณหภูมิการเผาจะขึ้นช้ากว่า แต่อย่างไรก็ตามการเผาแบบรีดักชัน ก็ต้องเผาแบบออกซิเดชัน ก่อนจนถึงอุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส จึงเปลี่ยนเป็น การเผาแบบรีดักชัน จนถึงอุณหภูมิ 1,160 องศาเซลเซียส ในช่วงนี้การควบคุมปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่เข้าไปทำปฏิกิริยากับออกไซด์ต่างๆในน้ำเคลือบทำให้เกิดสี(สมศักดิ์ ขวาลาวณีย์.2535:59;อ้างมาจากมนัส ขำอ่อน)

จากงานวิจัยของ นิสา มีฉัยยา ได้ทำการทดลองทำเคลือบซี้เถ้าจาก อัตราส่วนผสมระหว่าง ซี้เถ้าไม่ ยางพารา หินฟันม้า ดินเหนียวท้องถิ่น และซี้เถ้าเปลือกหอยแครง พบว่าเคลือบที่มีส่วนผสมของซี้เถ้าเปลือกหอยแครงสูงร้อยละ 30-45 และมีหินฟันม้าต่ำร้อยละ 5-20 เคลือบจะไม่หลอมทั้งสองบรรยากาศการเผา แต่ถ้าเคลือบมีดินเหนียวท้องถิ่นสูงร้อยละ 30-45 ซี้เถ้าเปลือกหอยแครงลดลงร้อยละ 45-5 หินฟันม้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 10-45 และซี้เถ้าไม่ยางพาราอยู่ระหว่างร้อยละ 5-20 จะพบว่าเคลือบกึ่งมันกึ่งด้าน และเคลือบที่มีปริมาณหินฟันม้าสูงร้อยละ 25-45 ซี้เถ้าเปลือกหอยลดลงร้อยละ 25-5 พบว่าเคลือบแวววาว และสีของเคลือบจะมีความแตกต่างกันเมื่อเผาในบรรยากาศที่แตกต่างกัน (นิสา มีฉัยยา.2538:)

จากการทดลองของ Shurecht พบว่ากระบวนการเกิดผลึกสามารถเพิ่มขึ้นได้โดยการเพิ่มโซเดียมออกไซด์ ซึ่งเป็นสารอัลคาไลน์ออกไซด์ตัวหนึ่งที่ใช้กันบ่อยในเคลือบอะเวนาจูรีน และมีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณสมบัติและขนาดของผลึกและเป็นการช่วยให้เกิดความมันวาวมากขึ้น หรือแคลเซียมออกไซด์ก็ช่วยกระตุ้นการเกิดผลึกของเคลือบอะเวนาจูรีนได้เช่นกันแต่ถ้าใส่มากเกินไป 0.4 โมลก็จะขัดขวางการเกิดเคลือบอะเวนาจูรีน (CERAMIC GLAZES.323-326:ม.ป.ป.)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการศึกษาค้นคว้า

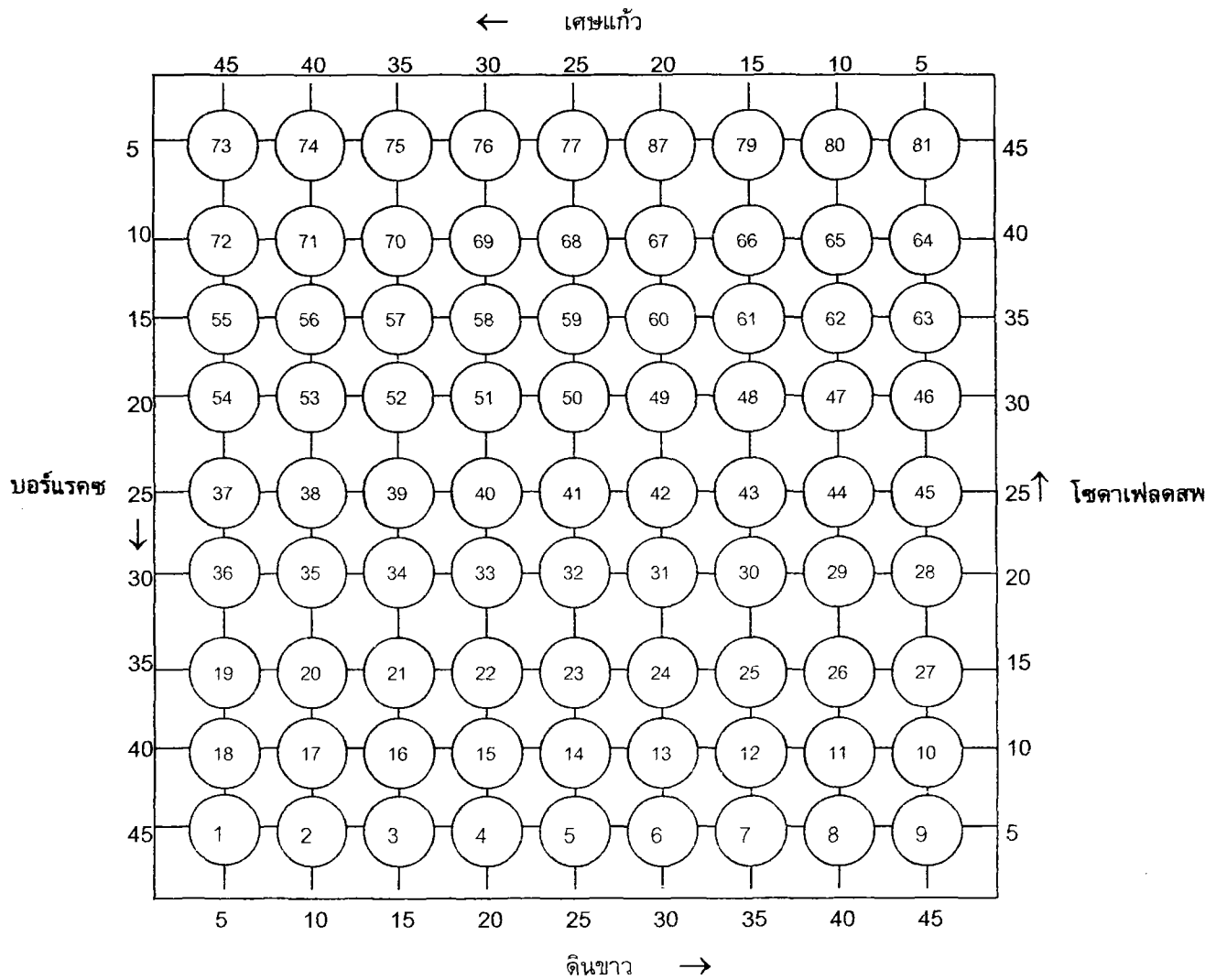
การดำเนินการทดลองทำน้ำเคลือบอะเวนจัวร์นจากส่วนผสมระหว่าง เศษแก้ว(Cullet) โซดาเฟลด์สพาร์(Soda-Feldspar) ดินขาว(Kaolin) บอร์แรคซ(Borax) และเฟอร์ริกออกไซด์(Ferric oxide) มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง
2. วัตถุประสงค์ และอุปกรณ์ในการทดลอง
3. การดำเนินการทดลอง
4. สถานที่และระยะเวลาการทดลอง
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

ประชากร คือ อัตราส่วนผสมของเคลือบอะเวนจัวร์นที่มีวัตถุประสงค์คือ เศษแก้ว(Cullet) โซดาเฟลด์สพาร์(Soda Feldspar) ดินขาว(Kaolin) บอร์แรคซ(Borax) และเฟอร์ริกออกไซด์(Ferric oxide) โดยการสุ่มจากตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่าโดยให้เศษแก้ว(Cullet) โซดาเฟลด์สพาร์(Soda Feldspar) ดินขาว(Kaolin) และบอร์แรคซ(Borax)เป็นวัตถุประสงค์หลัก และกำหนดค่าของเฟอร์ริกออกไซด์(Ferric oxide)ที่ 10ร้อยละ จากน้ำหนักของสารหลัก

กลุ่มตัวอย่าง คือ อัตราส่วนผสมของเคลือบอะเวนจัวร์นที่มีวัตถุประสงค์คือ เศษแก้ว(Cullet) โซดาเฟลด์สพาร์(Soda Feldspar)ดินขาว(Kaolin) ที่ได้จากการสุ่มอย่างมีระบบจากตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่าจำนวน 81 จุดตั้งภาพประกอบ 1 และตาราง 6



ภาพประกอบ 1 ตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่าแสดงอัตราส่วนผสม

ตาราง 6 อัตราส่วนผสมเคลือบอะเวนจัวร์จาก เศษแก้ว บอรัลเรซ ดินขาว โซดาแพลต์สปาร์

จุดที่	เศษแก้ว(Cullet)	บอรัลเรซ(Borax)	ดินขาว(Kaolin)	โซดาแพลต์สปาร์
1	45	45	5	5
2	40	45	10	5
3	35	45	15	5
4	30	45	20	5
5	25	45	25	5
6	20	45	30	5
7	15	45	35	5
8	10	45	40	5
9	5	45	45	5
10	5	40	45	10
11	10	40	40	10
12	15	40	35	10
13	20	40	30	10
14	25	40	25	10
15	30	40	20	10
16	35	40	15	10
17	40	40	10	10
18	45	40	5	10
19	45	35	5	15
20	40	35	10	15
21	35	35	15	15
22	30	35	20	15
23	25	35	25	15
24	20	35	30	15
25	15	35	35	15
26	10	35	40	15
27	5	35	45	15
28	5	30	45	20
29	10	30	40	20
30	15	30	35	20

ตาราง 6 (ต่อ)

จุดที่	เศษแก้ว(Cullet)	บอร์แรคซ(Borax)	ดินขาว(Kaolin)	โซดาแอสลต์สปาร์
31	20	30	30	20
32	25	30	25	20
33	30	30	20	20
34	35	30	15	20
35	40	30	10	20
36	45	30	5	20
37	45	25	5	25
38	40	25	10	25
39	35	25	15	25
40	30	25	20	25
41	25	25	25	25
42	20	25	30	25
43	15	25	35	25
44	10	25	40	25
45	5	25	45	25
46	5	20	45	30
47	10	20	40	30
48	15	20	35	30
49	20	20	30	30
50	25	20	25	30
51	30	20	20	30
52	35	20	15	30
53	40	20	10	30
54	45	20	5	30
55	45	15	5	35
56	40	15	10	35
57	35	15	15	35
58	30	15	20	35
59	25	15	25	35
60	20	15	30	35

ตาราง 6 (ต่อ)

จุดที่	เศษแก้ว(Cullet)	บอร์แรคซ(Borax)	ดินขาว(Kaolin)	โซดาเฟลด์สปาร์
61	15	15	35	35
62	10	15	40	35
63	5	15	45	35
64	5	5	45	40
65	10	10	40	40
66	15	10	35	40
67	20	10	30	40
68	25	10	25	40
69	30	10	20	40
70	35	10	15	40
71	40	10	10	40
72	45	10	5	40
73	45	5	5	45
74	40	5	10	45
75	35	5	15	45
76	30	5	20	45
77	25	5	25	45
78	20	5	30	45
79	15	5	35	45
80	10	5	40	45
81	5	5	45	45

2. วัตถุดิบ และอุปกรณ์ในการทดลอง

2.1 วัตถุดิบ ได้แก่

- 2.1.1. เศษแก้ว(Cullet)
- 2.1.2. โซดาเฟลด์สปาร์(Soda Feldspar)
- 2.1.3. ดินขาว(Kaolin)
- 2.1.4. บอร์แรคซ(Borax)
- 2.1.5. เฟอริกออกไซด์(Ferric oxide)

2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ ได้แก่

- 2.2.1. เครื่องชั่งไฟฟ้า
- 2.2.2. ตะแกรงร่อนขนาด 100 เมช
- 2.2.3. เตาเผาแก๊ส

- 2.2.4. หม้ออบเคลือบขนาดความจุเคลือบไม่เกิน 1 กิโลกรัม
- 2.2.5. ขั้นตอนการทำจากดินผสมสำเร็จรูปที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส
- 2.2.6. กระเบื้องดินดิบขนาด 10x10 เซนติเมตรของบริษัทสหโมเสคจำกัด

3. การดำเนินการทดลอง

ขั้นตอนการดำเนินการทดลองทำเคลือบจากอะเวนจัวร์จากเศษแก้ว(Cullet) โซดาเฟลด์สปาร์(Soda Feldspar) ดินขาว(Kaolin) และเฟอร์ริกออกไซด์(Ferric oxide) มี 2 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1

3.1 กำหนดอัตราส่วนผสมของเคลือบจากแผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่า จะได้อัตราส่วนผสมทั้งหมด 81 อัตราส่วนผสม และใส่เฟอร์ริกออกไซด์(Ferric oxide) ในอัตราส่วนร้อยละ 10 จากน้ำหนักของเคลือบ

3.2 เตรียมวัตถุดิบ

3.2.1. เศษแก้ว(Cullet)ใส เตรียมโดยการนำขวดแก้วมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องแล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100.เมส

3.2.2. โซดาเฟลด์สปาร์(Soda Feldspar) ถูกเตรียมไว้ในลักษณะเป็นผงละเอียด ซึ่งใช้ในการค้าทั่วไป สามารถนำไปผสมเคลือบได้ทันที

3.2.3. ดินขาว(Kaolin) ถูกเตรียมไว้ในลักษณะเป็นผงละเอียด ซึ่งใช้ในการค้าทั่วไป สามารถนำไปผสมเคลือบได้ทันที

3.2.4. บอแรกซ์(Borax) ถูกเตรียมไว้ในลักษณะผงละเอียด ซึ่งใช้ในการค้าทั่วไป นำไปผสมเคลือบได้ทันที

3.2.5. เฟอร์ริกออกไซด์(Ferric oxide) ถูกเตรียมไว้ในลักษณะเป็นผงละเอียด ซึ่งใช้ในการค้าทั่วไปสามารถนำไปผสมเคลือบได้ทันที

3.3. ชั่งวัตถุดิบที่เตรียมไว้ด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าที่มีจุดทศนิยม 2 ตำแหน่ง ตามอัตราส่วนผสมที่ได้จากแผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่า จำนวน 81 อัตราส่วนผสม โดยอัตราส่วนผสมละ 100 กรัม

3.4. เติมเฟอร์ริกออกไซด์อัตราส่วนละ 10 กรัม

3.5. บดเคลือบด้วยวิธีการบดเปียกด้วยหม้อบดเคลือบนาน 10 นาที

3.6. กรองน้ำเคลือบด้วยตะแกรงขนาด 100 เมช

3.7. เตรียมขั้นตอนการทำจากดินผสมสำเร็จของบริษัทคอมพาวด์เคลย์ รูปทรงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางก่อนเผา10 ซม.หนา 1 ซม. นำไปผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส นำมาทำความสะอาดแล้วนำมา อบไล่ความชื้น ที่ 100 องศาเซลเซียส

3.8. นำขั้นตอนทดลองไปชุบเคลือบด้วยวิธีจุ่มอัตราส่วนละ 2 ชั้นจะได้ขั้นตอนทดลองจำนวน 162 ขั้นตอนทดลอง

3.9. นำขั้นตอนทดลองไปเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส เผาบรรยากาศแบบออกซิเดชัน และบรรยากาศแบบรีดักชันด้วยเตาแก๊ส

3.10. นำขั้นตอนทดลองทั้งหมดจำนวน162 ขั้นตอนทดลองไปวิเคราะห์ผลโดยผู้เชี่ยวชาญตามตารางวิเคราะห์ผล

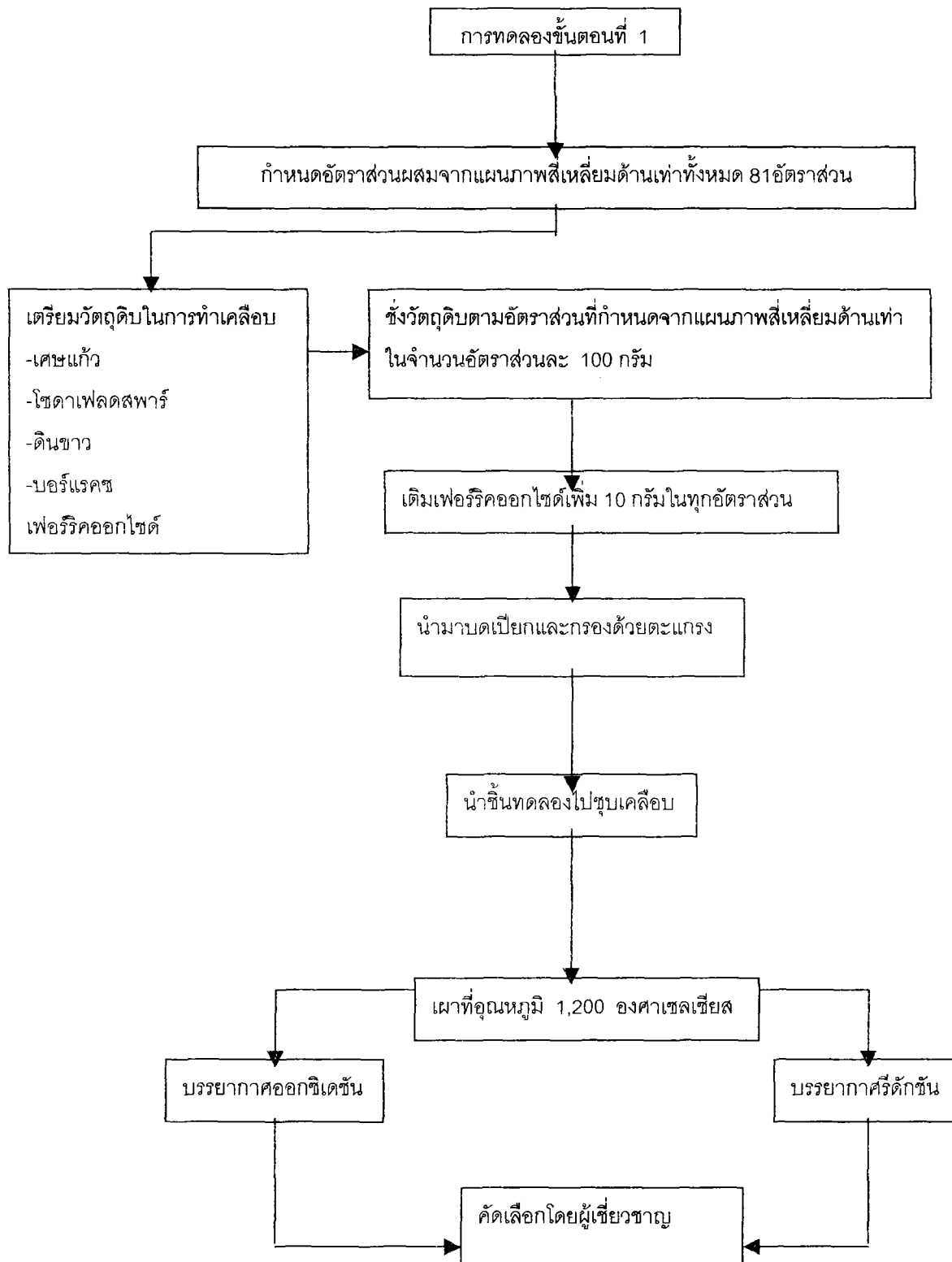
ขั้นตอนที่ 2

3.11. เลือกอัตราส่วนเคลือบที่ดีที่สุดจากการวิเคราะห์ไปทดลองเคลือบบนกระเบื้องที่ไม่ผ่านการเผาที่ขนาด10x10 เซนติเมตรและเผาเคลือบที่ 1,200 องศาในบรรยากาศออกซิเดชันและรีดักชัน

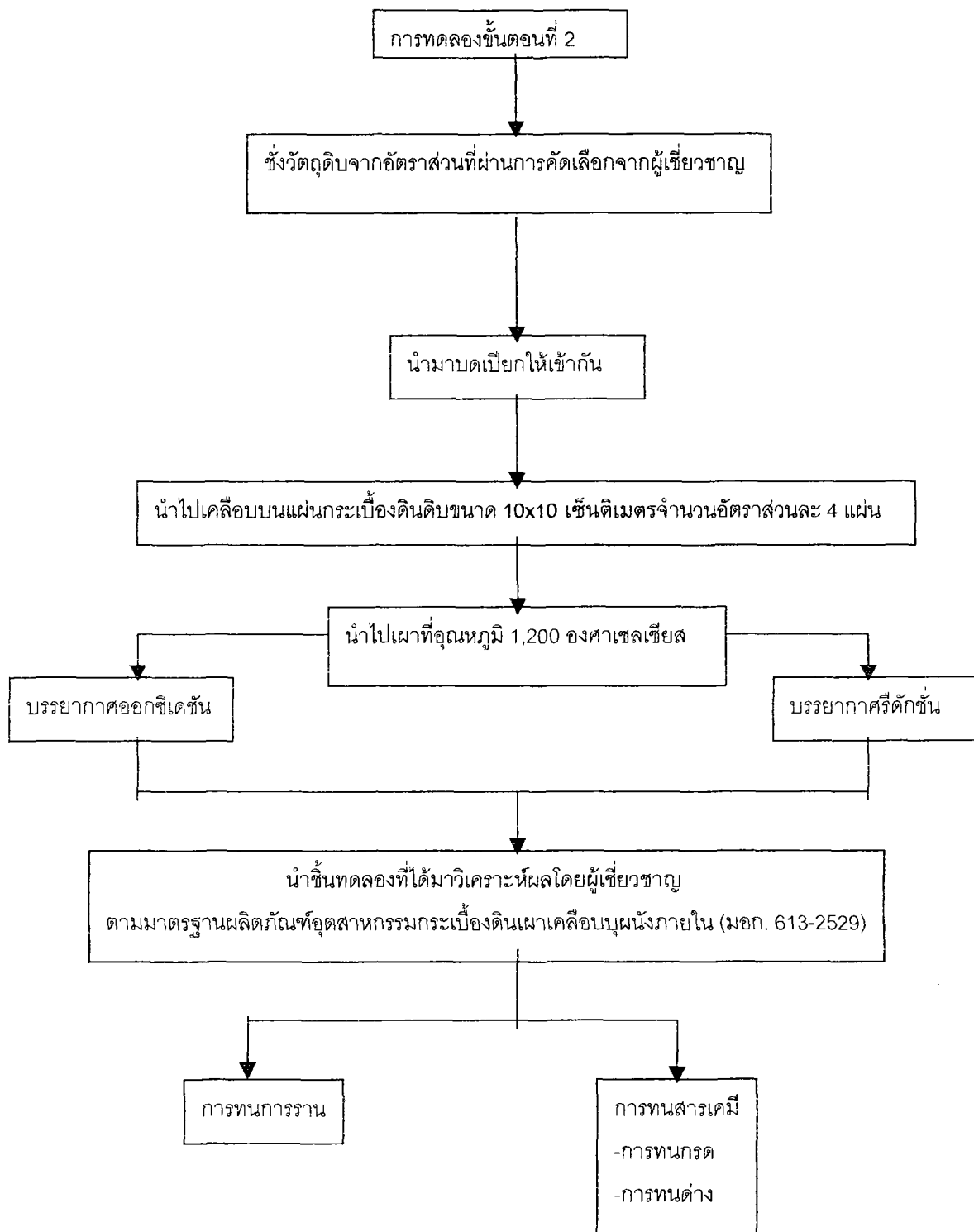
3.12 นำขั้นตอนทดลองไปทดสอบในด้านการทนสารเคมี(การทนกรด และการทนด่าง)และ การทนการร้าว

3.13 วิเคราะห์ข้อมูลของการทดลองครั้งนี้โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 2 ท่านตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์

อุตสาหกรรมกระเบื้องดินเผาเคลือบบุผนังภายใน(มอก 613-2529) ซึ่งประกอบด้วยผู้ช่วยศาสตราจารย์สมศักดิ์
 ชาลาวัดน์ และอาจารย์สมทรง ชิมภรณ์
 ลำดับขั้นตอนการทดลองครั้งนี้สรุปเป็นภาพโดยรวมดังภาพประกอบ 2-3



ภาพประกอบ 2 แผนภูมิแสดงลำดับการทดลองขั้นตอนที่ 1



ภาพประกอบ 3 แผนภูมิแสดงลำดับการทดลองขั้นที่ 2

4. สถานที่และระยะเวลาที่ทำการทดลอง

4.1 ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยใช้สถานที่ทำการทดลองคือภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา

คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร

4.2 ระยะเวลาที่ทำการทดลอง ผู้วิจัยจัดเตรียมและดำเนินการทดลองตั้งแต่ พฤศจิกายน 2546 – กุมภาพันธ์ 2547

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามตารางที่กำหนดขึ้นมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ แบ่งเป็น สองขั้นตอนดังต่อไปนี้

5.1 ในขั้นตอนที่ 1 เป็นการวิเคราะห์คุณลักษณะทั่วไปของผิวเคลือบตามมาตรฐานอุตสาหกรรมกระเบื้องดินเผาเคลือบบุผนังภายใน (มอก 613-2529) คือ

ในด้านลักษณะทั่วไปคือ รูเข็ม ล่อนตัว ราน พอง หลุม หดตัว

ในด้านปริมาณผลึกแบ่งเป็น น้อยที่สุด น้อย ปานกลาง มาก มากที่สุด

ในด้านความมันของผิวเคลือบ เคลือบไม่หลอม เคลือบกึ่งมัน เคลือบมัน

5.2 ในขั้นตอนที่ 2 เป็นการตรวจสอบคุณสมบัติในด้านการทนการราน และการทนสารเคมี ตามวิธีการทดสอบตามมาตรฐานอุตสาหกรรมกระเบื้องดินเผาเคลือบบุผนังภายใน(มอก 613-2529)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการทดลองครั้งนี้ ทำการวิเคราะห์โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 2 ท่าน ที่มีประสบการณ์ทางการสอนวิชาเซรามิกส์ในระดับอุดมศึกษา หรือผู้ที่มีประสบการณ์ในการทำงานด้านเซรามิกไม่น้อยกว่า 10 ปี โดยทำการวิเคราะห์ผลการทดลองตามที่ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานไว้คือ การใช้เศษแก้ว โซดาเฟลตสฟาร์ ดินขาว บอร์แรคซ และเฟอรรีออกไซด์ จะสามารถทำเคลือบอะเวนจัวร์นได้ โดยกำหนดเกณฑ์ในการวิเคราะห์ไว้ คือ

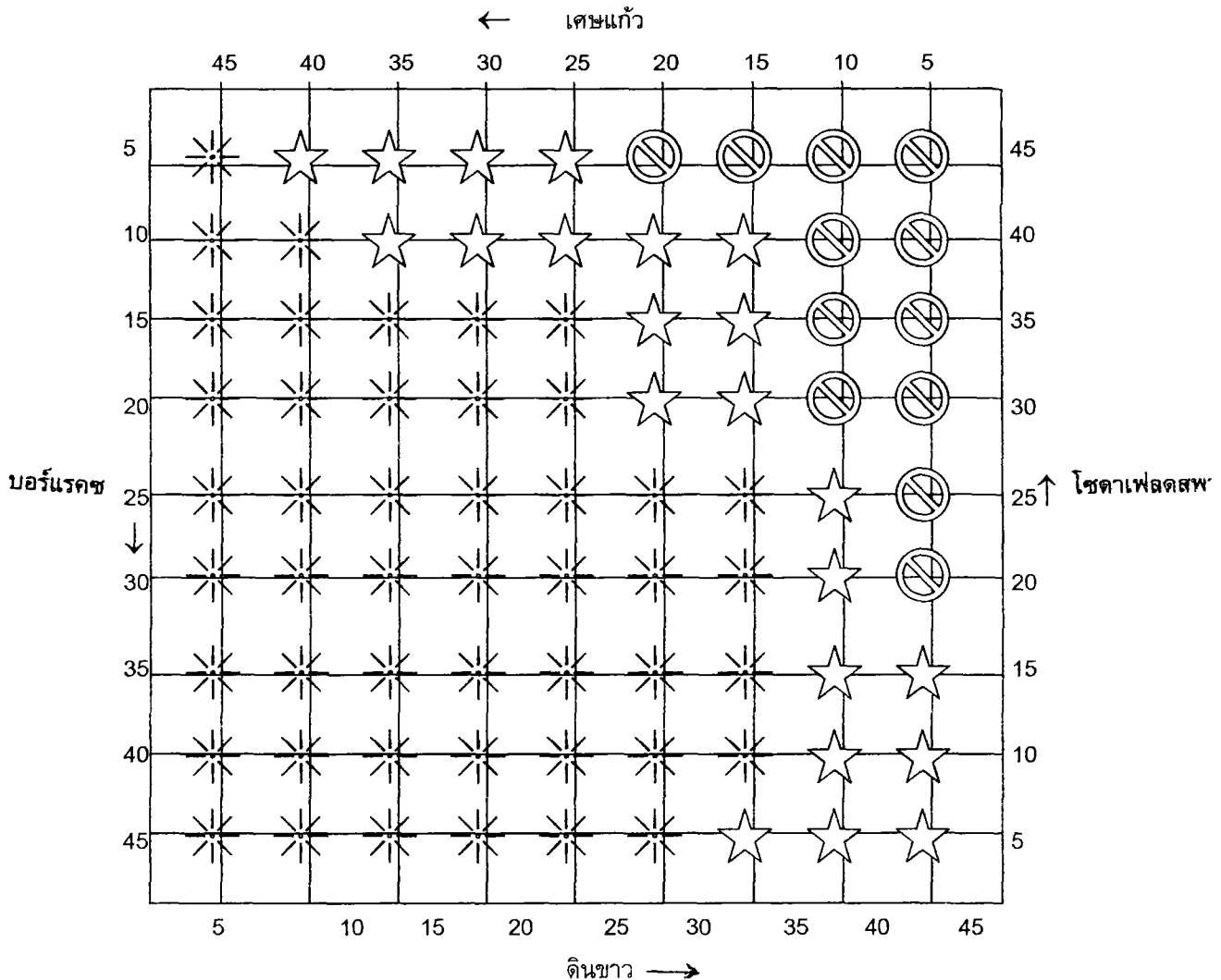
1. ความมันของเคลือบหมายถึง ลักษณะของผิวเคลือบหลังการเผาซึ่งสามารถแบ่งได้คือ เคลือบไม่หลอม เคลือบกึ่งมันกึ่งด้าน และเคลือบมัน
2. การเกิดผลึก หมายถึง อัตราส่วนที่มีการเกิดผลึกขึ้นและดูปริมาณผลึกที่เกิดโดยเปรียบเทียบปริมาณผลึกกันเองแต่ละสูตรภายในตารางโดยแบ่งเป็น น้อยที่สุด น้อย ปานกลาง มาก มากที่สุด จากความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
3. ความสมบูรณ์ของเคลือบ หมายถึง ลักษณะของผิวเคลือบที่เกิดเมื่อตรวจสอบจากการทดสอบในด้านลักษณะทั่วไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องดินเผาบุผนังภายใน (มอก 613-2529) ว่าพบปัญหาบนผิวเคลือบในลักษณะต่างๆคือการล่อนตัวการเกิดรูเข็ม การล่อนตัว รอยราน รอยพอง หลุม

ขั้นตอนที่ 1 อัตราส่วนผสมทั้งหมด 81 อัตราส่วนผสม อัตราส่วนละ 2 ชิ้นทดลอง เคลือบบนชิ้นทดลองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตรหนา 1 เซนติเมตร รวมจำนวน 162 ชิ้นทดลอง และทำการเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียสในบรรยากาศออกซิเดชัน 81 อัตราส่วนผสม และบรรยากาศรีดักชัน 81 อัตราส่วนผสม อัตราส่วนละ 1 ชิ้นทดลอง ผลหลังการเผานำมาคัดเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมจะพิจารณาจากการเกิดผลึก และเคลือบต้องไม่มีตำหนิคือ การล่อนตัวการเกิดรูเข็ม การล่อนตัว รอยราน รอยพอง หลุม ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องดินเผาบุผนังภายใน (มอก 613-2529)

ผลการทดลอง

ขั้นตอนที่ 1

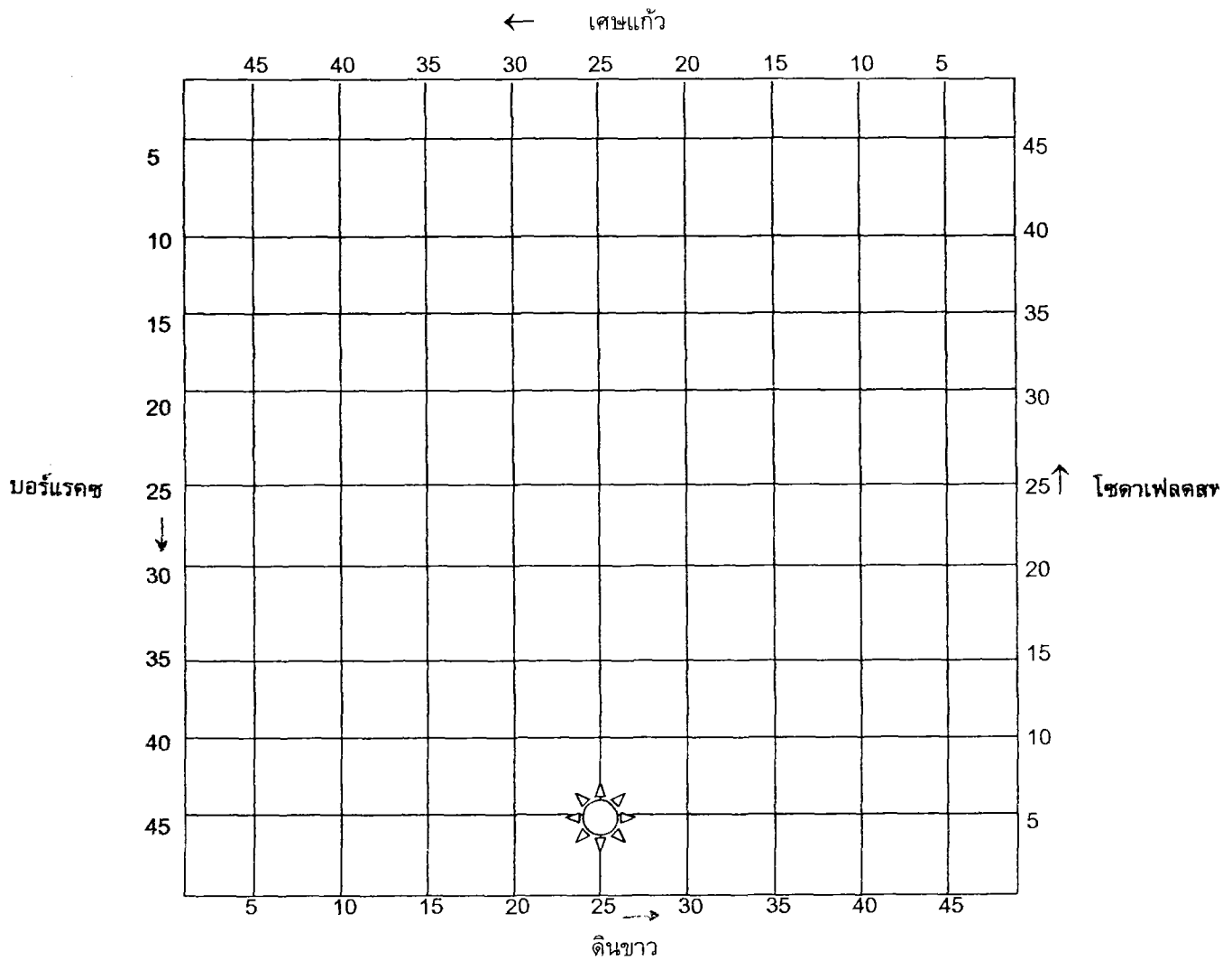
1. ผลการทดลองเผาบรรยากาศออกซิเดชัน โดยนำชิ้นทดลองจำนวน 81 อัตราส่วนๆละ 1 ชิ้นเข้าเตาผลการทดลองดังภาพประกอบที่ 4-6



หมายถึง เคลือบไม่หลอมหรือด้าน
 หมายถึง เคลือบกึ่งมันกึ่งด้าน
 หมายถึง เคลือบมัน

ภาพประกอบ 4 แสดงผลการวิเคราะห์ความมันของเคลือบในการเผาบรรยากาศออกซิเดชัน

จากภาพประกอบ 4 อัตราส่วนที่มีผิวเคลือบไม่หลอมหรือด้านคืออัตราส่วนที่ 28,45,46,47,62-65,78-81 เคลือบกึ่งมันกึ่งด้านคืออัตราส่วนที่ 7-11,26,27,29,44,48,49,66-70,74-77 ที่ผิวมันคืออัตราส่วนที่ 1-6,12-25,30-43,50-59,71-73



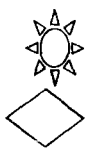
หมายถึง ปริมาณผลึกที่พบน้อยที่สุด



หมายถึง ปริมาณผลึกที่พบบานกลาง



หมายถึง ปริมาณผลึกที่พบมากที่สุด

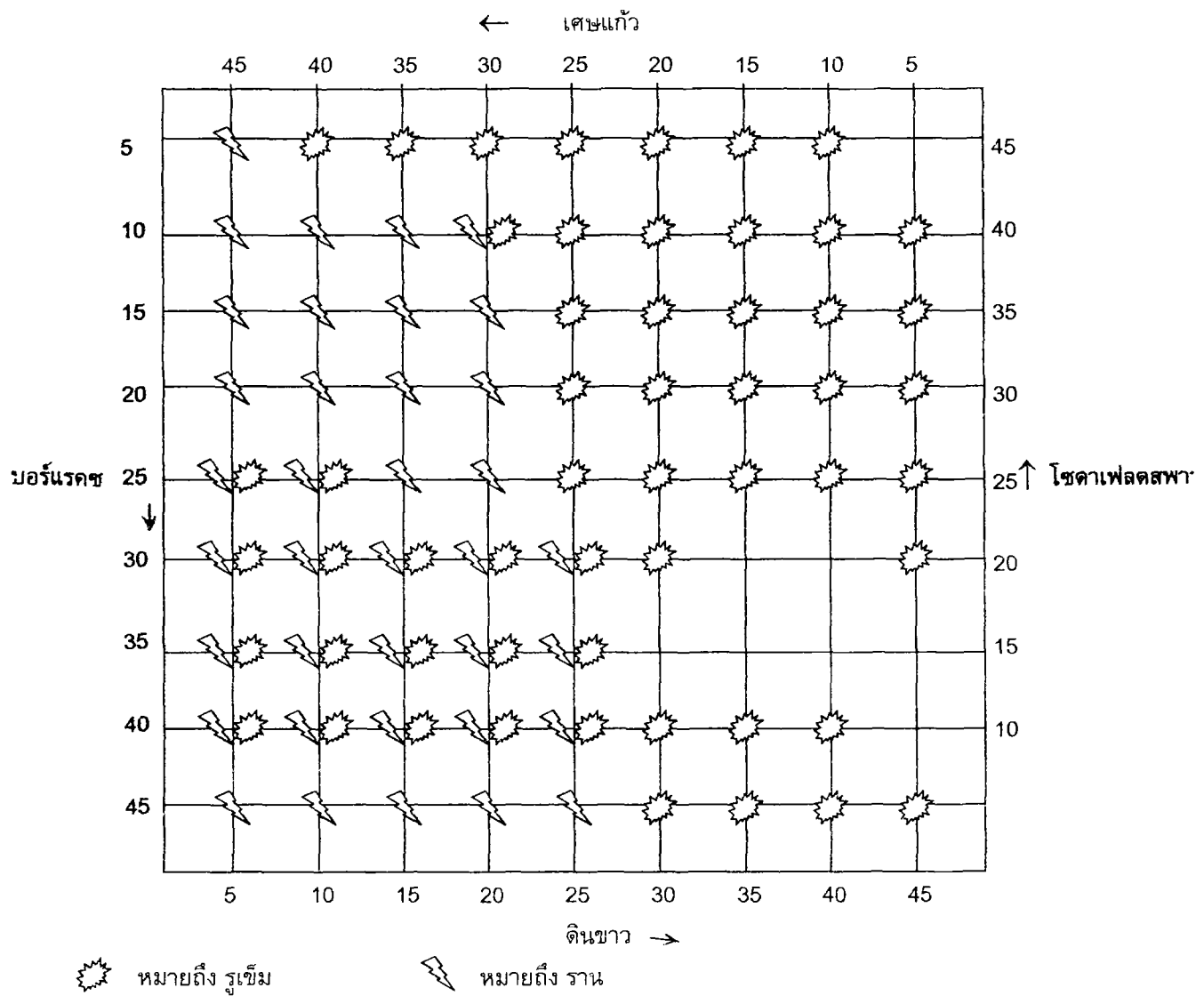


หมายถึง ปริมาณผลึกที่พบน้อย

หมายถึง ปริมาณผลึกที่พบมาก

ภาพประกอบ 5 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณการเกิดผลึกในการเผาบรรยากาศออกซิเดชัน

จากภาพประกอบ 5 พบผลึกจากสูตรที่ 5 เพียงสูตรเดียวและมีปริมาณผลึกน้อย



ภาพประกอบ 6 แสดงผลการวิเคราะห์ลักษณะของผิวเคลือบในการเผาบรรยากาศออกซิเดชัน

จากภาพประกอบ 6 ลักษณะของผิวเคลือบที่พบเกิดตำหนิมี 2 ชนิด

1. เกิดรูเข็มคืออัตราส่วนที่ 6-9, 11-23, 28, 31-38, 41-45, 50-59, 64-70, 74-80

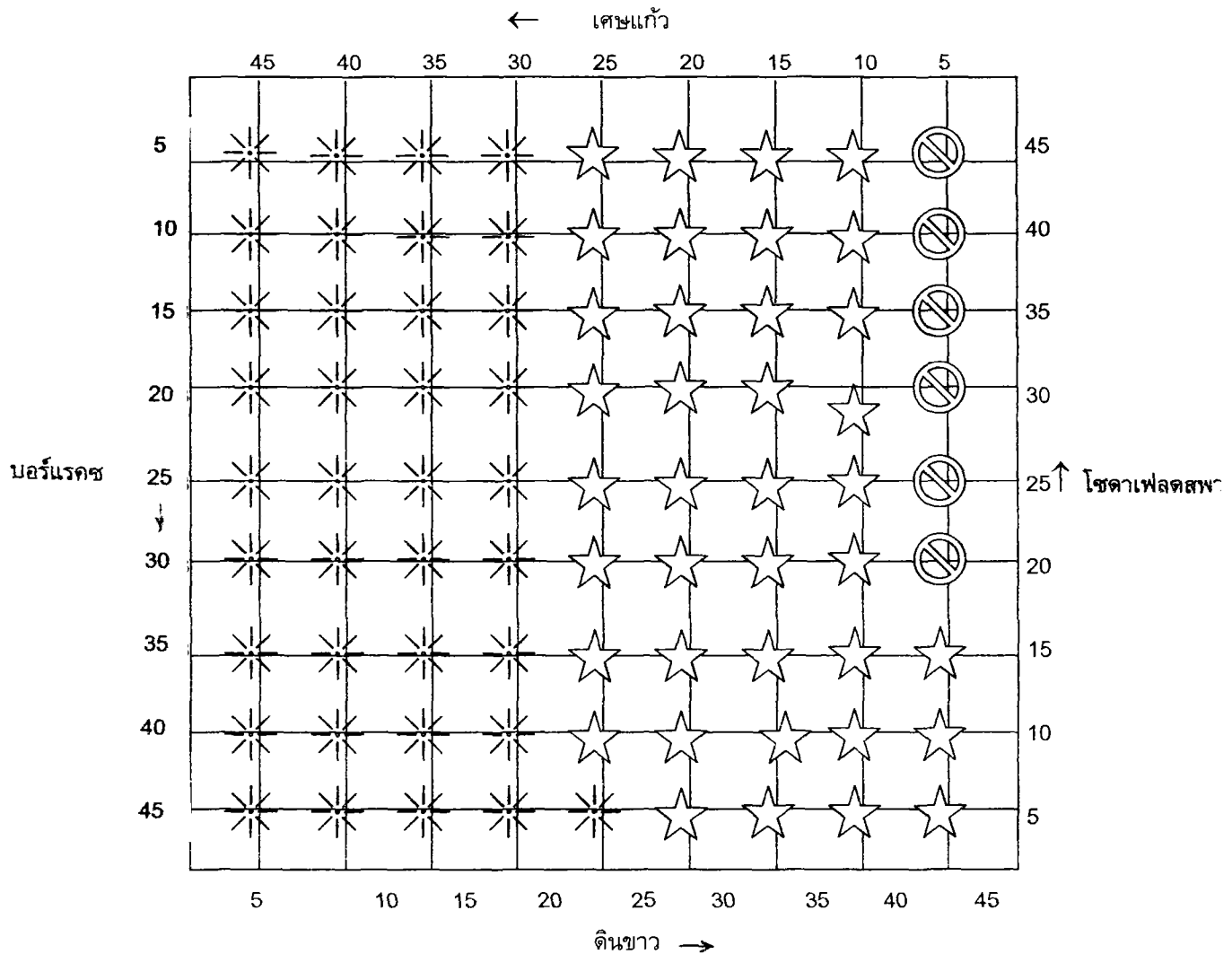
2. เกิดรอยร้าวหรือรานคืออัตราส่วนที่ 1-5, 15-23, 32-40, 51-58, 70-73

อัตราส่วนที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมกระเบื้องดินเผาบุผนังภายในคืออัตราส่วนที่ 10, 24-

27, 29-30

2. ผลการทดลองเผาบรรยากาศรีดักชัน โดยนำชิ้นทดลองจำนวน 81 อัตราส่วนๆละ 1 ชิ้น

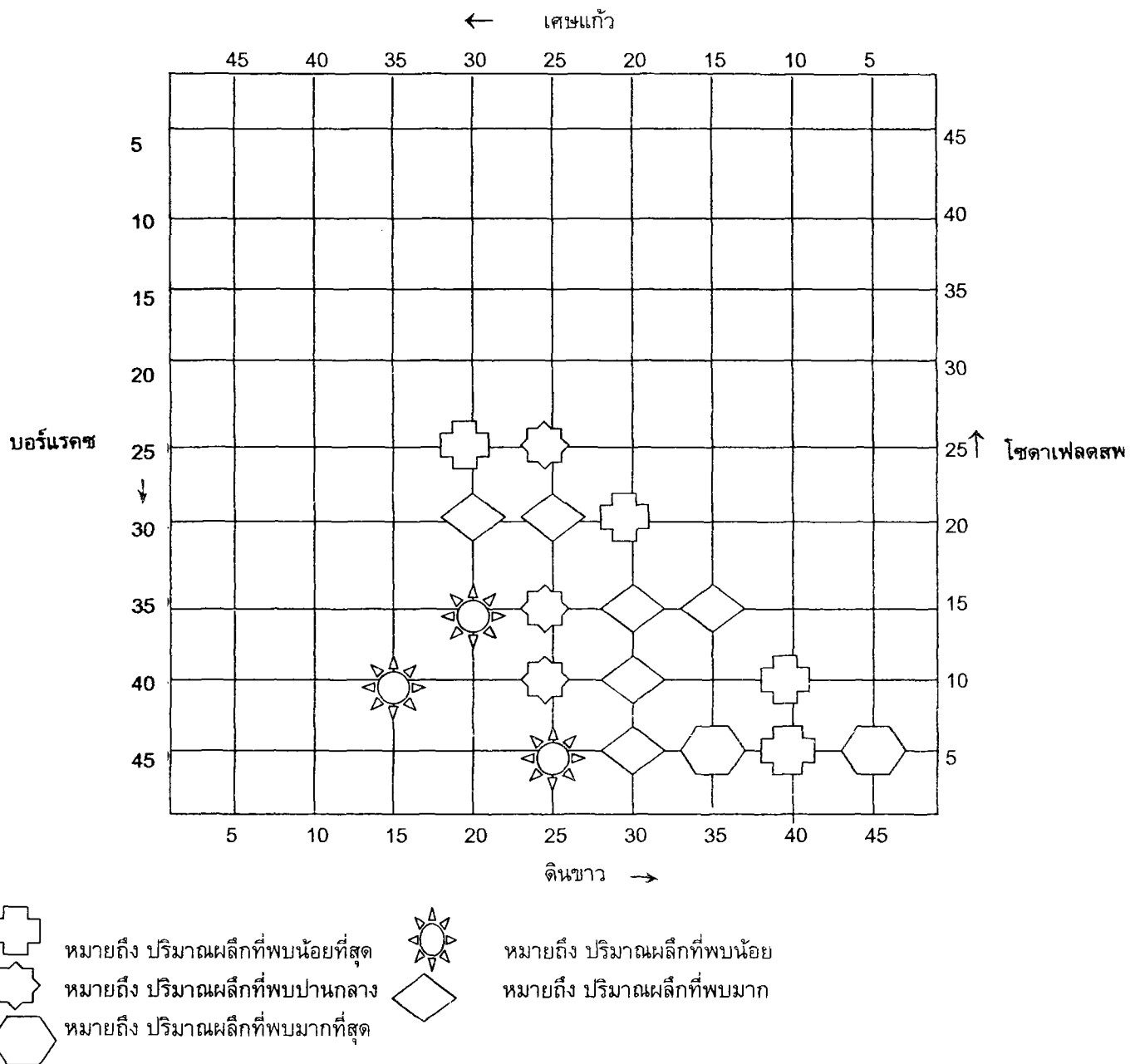
เข้าเตาผลการทดลองดังภาพประกอบที่ 7-9



☼ หมายถึง เคลือบไม่หลอม ★• หมายถึง เคลือบกึ่งมันกึ่งด้าน ☼ หมายถึง เคลือบมัน

ภาพประกอบ 7 แสดงผลการวิเคราะห์ความมันของเคลือบในการเผาบรรยากาศรีดักชัน

จากภาพประกอบ 7 เคลือบที่มีลักษณะผิวเคลือบที่มันคือในอัตราส่วนที่ 1-5,15-22,33-40,51-58,69-76 เคลือบที่มีผิวกึ่งมันกึ่งด้านคืออัตราส่วนที่ 6-14,23-27,41-44,47-50,59-62,65-68,77-80
เคลือบที่มีผิวด้านคืออัตราส่วนที่ 28,45,46,63,64,81



ภาพประกอบ 8 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณการเกิดผลึกในการเผาบรรยากาศรีดักชัน

จากภาพประกอบ 8 แสดงให้เห็นว่าจำนวนผลึกที่เกิดขึ้นมีจำนวน 18 สูตร

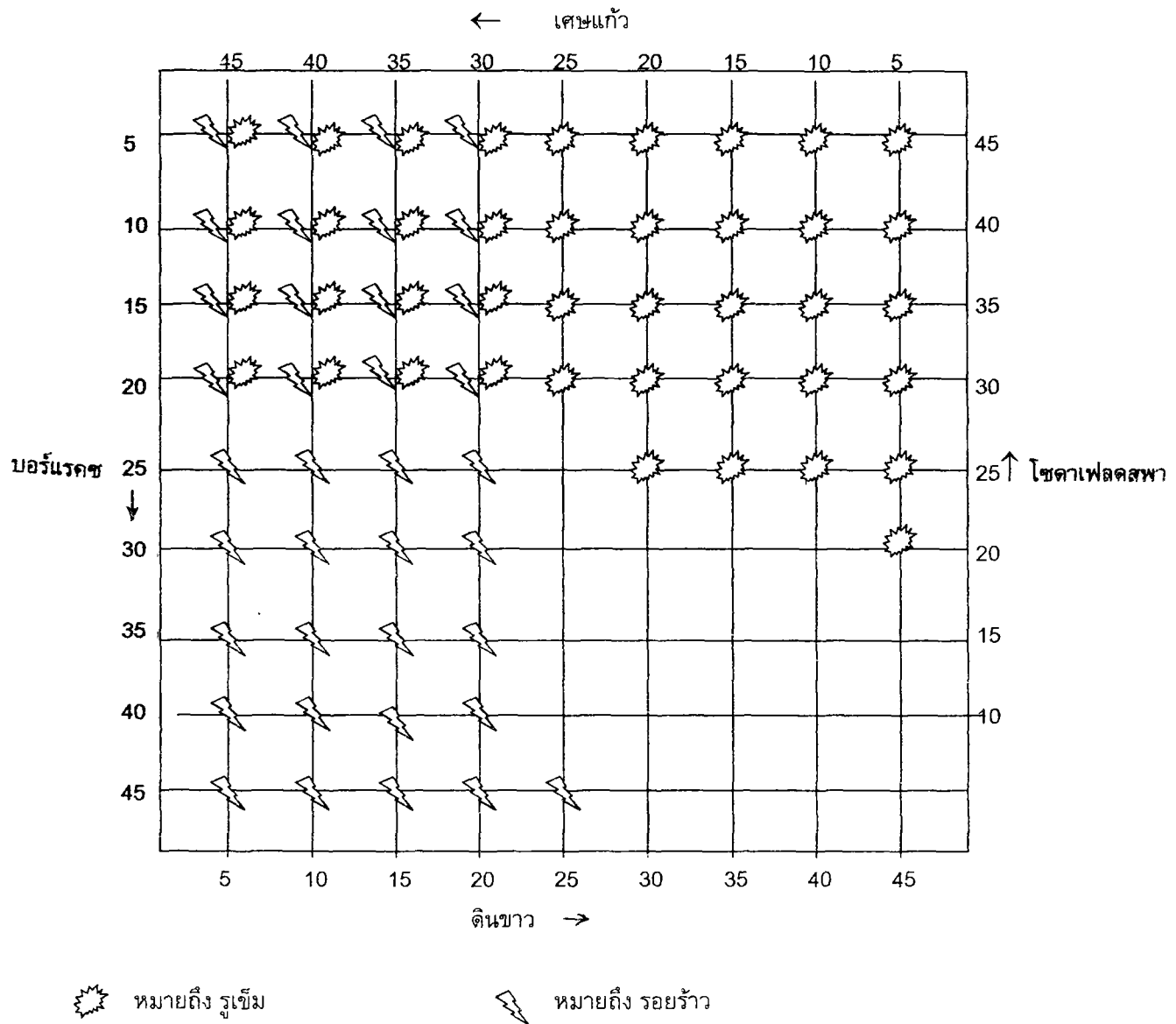
พบปริมาณผลึกน้อยที่สุดคืออัตราส่วนที่ 8, 11, 19, 31, 40

ปริมาณผลึกน้อยคืออัตราส่วนที่ 5, 16, 22

ปริมาณผลึกปานกลางคืออัตราส่วนที่ 14, 23, 41

ปริมาณผลึกมากคืออัตราส่วนที่ 6, 13, 24, 25, 32

ปริมาณผลึกมากที่สุดคืออัตราส่วนที่ 7, 9



ภาพประกอบ 9 แสดงผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิวของเคลือบในการเผาบรรยากาศรีดักชัน

จากภาพประกอบ 9 แสดงให้เห็นว่าลักษณะเคลือบที่พบดำหนมี 2 ชนิดคือ

1. รูเข็มคืออัตราส่วนที่ 28,42-80

2. พบรานคืออัตราส่วนที่ 15-22, 33-40,51-58,69-76

เคลือบที่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมกระเบื้องดินเผาบุผนังภายในคืออัตราส่วนที่ 6-14, 23-27,29-32 และอัตราส่วนที่ 41

ผลการทดลองขั้นตอนที่ 1

ผลการทดลองการเผาบรรยากาศออกซิเดชัน

จากภาพประกอบ 1 แสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนผสมของเคลือบที่มีปริมาณของดินขาวมากกว่าร้อยละ 35 จะส่งผลทำให้เคลือบเริ่มมีผิวแข็งมันเงาและเมื่อรวมกันกับเฟลด์สปาร์ในอัตราส่วนที่สูงจะทำให้เคลือบไม่หลอมตัวอัตราส่วนที่มีผิวเคลือบไม่หลอมหรือด้านคืออัตราส่วนที่ 28,45,46,47,62-65,78-81 เคลือบเงามันเงา ด้านคืออัตราส่วนที่ 7-11,26,27,29,44,48,49,66-70,74-77 ในทางกลับกันเคลือบที่มีส่วนผสมของเศษแก้วและบอร์แรคซ์ในปริมาณสูงก็จะมีผิวเคลือบที่มันมากเคลือบที่ผิวมันคืออัตราส่วนที่ 1-6,12-25,30-43,50-59,71-73

จากภาพประกอบ 2 พบผลึกจากสูตรที่ 5 เพียงสูตรเดียวและมีปริมาณผลึก

จากภาพประกอบ 3 ลักษณะของผิวเคลือบที่พบเกิดรูเข็มคืออัตราส่วนที่ 6-9,11-23,28,31-38,41-45,50-59,64-70,74-80 เกิดรอยร้าวหรือร้าวคืออัตราส่วนที่ 1-5,15-23,32-40,51-58,70-73

ผลการทดลองการเผาบรรยากาศรีดักชัน

จากภาพประกอบ 4 เคลือบที่มีส่วนผสมของเศษแก้วมากกว่า 25 ร้อยละ จะมีลักษณะผิวเคลือบที่มันคือในอัตราส่วนที่ 1-5,15-22,33-40,51-58,69-76 เคลือบที่มีผิวเงามันเงา ด้านคืออัตราส่วนที่ 6-14,23-27,41-44,47-50,59-62,65-68,77-80 เคลือบที่มีผิวด้านคืออัตราส่วนที่ 28,45,46,63,64,81

จากภาพประกอบ 5 แสดงให้เห็นว่าจำนวนผลึกที่เกิดขึ้นมีจำนวน 18 สูตรและพบปริมาณผลึกน้อยที่สุดคืออัตราส่วนที่ 8,11,19,31,40 ปริมาณผลึกน้อยคืออัตราส่วนที่ 5,16,22 ปริมาณผลึกปานกลางคืออัตราส่วนที่ 14,23,41 ปริมาณผลึกมากคืออัตราส่วนที่ 6,13,24,25,32 ปริมาณผลึกมากที่สุดคืออัตราส่วนที่ 7,9

จากภาพประกอบ 6 แสดงให้เห็นว่าลักษณะเคลือบที่พบรูเข็มคืออัตราส่วนที่ 28,42-80 และพบร้าวคืออัตราส่วนที่ 15-22, 33-40,51-58,69-76

ขั้นตอนที่ 2 นำเคลือบในอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทดลองครั้งที่ 1 นำมาเตรียมน้ำเคลือบสำหรับเคลือบบนชิ้นทดลองขนาด 4x4 นิ้วจำนวนอัตราส่วนละ 3 ชิ้นทดลองทำการเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียสนำมาทดสอบคุณสมบัติหลังการเผา คือ การทนต่อการรานตัว การทนต่อสารเคมี ดังตาราง 7-9 จากการทดลองตอนที่ 1 พบอัตราส่วนที่เหมาะสมจำนวน 6 อัตราส่วนในการเผาบรรยากาศรีดักชัน คืออัตราส่วนที่ 6,7,9,24,25 และ 32 ผลการทดลองที่ได้ดูผลตามตาราง 7

ตาราง 7 ผลการทดสอบ การทนต่อการรบกวน การทนต่อสารเคมี

จุดที่	ผลการทดสอบหลังการเผา					
	การรบกวน		การทนกรด		การทนด่าง	
	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
6	/		/		/	
7	/		/		/	
9	/		/		/	
24	/		/		/	
25	/		/		/	
32	/		/		/	

จากผลการทดลองการทนสารเคมีคือการทนกรด และการทนด่าง ทุกอัตราส่วนผสมผ่านการทดสอบ
การทดสอบการทนการรบกวน ทุกอัตราส่วนผสมผ่านการทดสอบ

สรุปอัตราส่วนที่เหมาะสมของเคลือบอะเวนจัวร์นคืออัตราส่วนที่ 6,7,9,24,25,32 เเผาบรรยากาศ
รีดักชันมีอัตราส่วนผสมตามตาราง 8

ตาราง 8 สรุปอัตราส่วนที่เหมาะสม

อัตราส่วนที่	เศษแก้ว	บอร์แรคซ	ดินขาว	โซดาแอสต์สฟาร์
6	20	45	30	5
7	15	45	35	5
9	5	45	45	5
24	20	35	30	15
25	15	35	35	15
32	25	30	25	20

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองอัตราส่วนผสมในการทำเคลือบอะเวนจัวร์จาก เศษแก้ว โซดาเฟลด์สพาร์ ดินขาว และบอร์แรคซ สำหรับกระเบื้องดินเผาบุผนังภายใน

จุดมุ่งหมายของการทดลอง

การทดลองมีจุดมุ่งหมายการทดลองนำเศษแก้ว(Cullet) โซดาเฟลด์สพาร์(Soda Feldspar) ดินขาว (Kaolin) บอร์แรคซ(Borax) และ เฟอริกออกไซด์(Ferric oxide)สำหรับทำน้ำเคลือบอะเวนจัวร์ที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส สำหรับเคลือบกระเบื้องดินเผาบุผนังภายใน เฝ้าในบรรยากาศออกซิเดชัน และรีดักชัน โดยการทดลองแบ่งเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1 ใช้การสุ่มตัวอย่างอัตราส่วนผสมจากตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสเป็นจำนวนทั้งหมด 81 อัตราส่วนผสมนำไปเคลือบบนชั้นทดลองขนาด 10 x 1.5 เซนติเมตร อัตราส่วนละ 2 ชั้นทดลองนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศออกซิเดชันและรีดักชันตรวจสอบและคัดเลือกดำหนึ่ ปริมาณผลึกโดยใช้สายตา โดยดูสภาพต่างๆว่าเคลือบ สมบูรณ์ไม่ล่อนตัว รานของผิวเคลือบ รอยร้าว รูเข็ม รอยพอง หลุม เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม

ตอนที่ 2 นำอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมจากการทดลองตอนที่ 1 นำมาเตรียมเคลือบแลนำไปเคลือบบนชั้นทดลองสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 10x10 เซนติเมตรและนำชั้นทดลองที่ผ่านการเผาเคลือบไปทดสอบความทนต่อการราน และการทนต่อสารเคมี

วัตถุดิบ และอุปกรณ์ในการทดลอง

วัตถุดิบ ได้แก่

1. เศษแก้ว(Cullet)จากขวดแก้วใส
2. โซดาเฟลด์สพาร์(Soda Feldspar)
3. ดินขาว(Kaolin)
4. บอร์แรคซ(Borax)
5. เฟอริกออกไซด์(Ferric oxide)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องชั่งไฟฟ้า
2. ตะแกรงร่อนขนาด 100 เมช
3. เตาเผาไฟฟ้าชนิดควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ
4. เตาเผาแก๊ส
5. ชั้นทดลองทำจากดินผสมสำเร็จรูปที่ผ่านการเผาดิบที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 x 1 เซนติเมตร และ ชั้นทดลองสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 10x10 เซนติเมตร
6. หม้ออบเคลือบขนาดความจุเคลือบไม่เกิน 1 กิโลกรัม

7. กากันเคลือบ
8. โกร่งบดเคลือบ

การดำเนินการทดลอง

การดำเนินการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนโดยแต่ละขั้นตอนมีวิธีการทำการทดลองดังนี้คือ การทดลองขั้นที่ 1 มีลำดับการทดลอง คือ

1. นำเศษแก้วมาทำความสะอาดบดย่อยแล้วนำไปบดด้วยหม้อบดเคลือบให้ละเอียดกรองด้วยตะแกรงขนาด 100 เมชนำไปอบให้แห้ง
 2. นำวัตถุดิบซึ่งตามตารางอัตราส่วนผสมจำนวน 81 อัตราส่วนผสม
 3. นำส่วนผสมที่ได้บดในหม้อบดเคลือบแล้วกรองผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช
 4. นำน้ำเคลือบที่ได้เคลือบชั้นทดลองขนาด 10 x 1 เซนติเมตร ที่ผ่านการเผาดิบแล้วเคลือบด้วยวิธีการจุ่มให้มีความหนาประมาณ 1.5 มิลลิเมตรอัตราส่วนผสมละ 2 ชั้น
 5. นำชั้นทดลองไปเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียสในบรรยากาศออกซิเดชัน จำนวน 81 อัตราส่วนผสมและบรรยากาศรีดักชันจำนวน 81 อัตราส่วนผสม
 6. นำชั้นทดลองที่ผ่านการเผาเคลือบมาคัดเลือกด้วยสายตาเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมโดยดูสภาพต่าง ๆ ว่าเคลือบ สมบูรณ์ไม่ล่อนตัว รานของผิวเคลือบ รอยร้าว รูเข็ม รอยพอง หลุม
- การทดลองตอนที่ 2 นำอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองขั้นที่ 1 มาทดลองต่อในขั้นที่ 2 ดังต่อไปนี้
1. เตรียมอัตราส่วนผสมละ 500 กรัมต่ออัตราส่วนผสม
 2. นำไปบดด้วยหม้อบดและกรองด้วยตะแกรงขนาด 100 เมช
 3. เคลือบชั้นทดลองสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด
 4. นำชั้นทดลองไปเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียสในบรรยากาศออกซิเดชัน และบรรยากาศรีดักชัน

ผลการทดลอง

จากการทดลองในแต่ละขั้นตอน ได้ผลการทดลองคือ ผลการทดลองตอนที่ 1 เมื่อนำอัตราส่วนของเคลือบทั้ง 81 อัตราส่วนที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียสในบรรยากาศการเผาที่แตกต่างกัน

1. ในบรรยากาศออกซิเดชัน ในด้านความมันของเคลือบตัวอัตราส่วนที่มีผิวเคลือบไม่หลอมหรือด้านคืออัตราส่วนที่ 28,45,46,47,62-65,78-81 เคลือบกึ่งมันกึ่งด้านคืออัตราส่วนที่ 7,11,26,27,29,44,48,49,66-70,74-77 เคลือบที่มีผิวมันคืออัตราส่วนที่ 1-6,12-25,30-43,50-59,71-73 ปริมาณผลึกที่พบมีอัตราส่วนที่เกิดเพียง 1 อัตราส่วนคืออัตราส่วนที่ 5 ในด้านความสมบูรณ์ของเคลือบพบตำหนิคือเกิดรูเข็มคืออัตราส่วนที่ 6-9,11-23,28,31-38,41-45,50-59,64-70,74-80 เกิดรอยรานอัตราส่วนที่ 1-5,15-23,32-40,51-58,70-73

2. บรรยากาศรีดักชัน ในด้านความมันของเคลือบมีลักษณะผิวเคลือบที่มันคือในอัตราส่วนที่ 1-5,15-22,33-40,51-58,69-76 เคลือบที่มีผิวกึ่งมันกึ่งด้านคืออัตราส่วนที่ 6-14,23-27,41-44,47-50,59-62,65-68,77-80เคลือบที่มีผิวด้านคืออัตราส่วนที่ 28,45,46,63,64,81 เคลือบเกิดผลึกได้ถึง 18 อัตราส่วนและแบ่งปริมาณการเกิดผลึกแบ่งโดยการเปรียบเทียบกันเองในแต่ละอัตราส่วนผสมคือ ผลึกน้อยที่สุดคืออัตราส่วนที่ 8,11,19,31,40 ปริมาณผลึกน้อยคืออัตราส่วนที่ 5,16,22 ปริมาณผลึกปานกลางอัตราส่วนที่ 14,23,41 ปริมาณผลึกมากอัตราส่วนที่ 6,13,24,25,32 ปริมาณผลึกมากที่สุดอัตราส่วนที่ 7,9 ในด้านความสมบูรณ์

ของเคลือบพบตำหนิเริ่มคืออัตราส่วนที่ 28,42-80 และพบการรานตัวคืออัตราส่วนที่ 15-22,33-40,51-58,69-76

จากนั้นหาความเหมาะสมของอัตราส่วนผสมของเคลือบที่ดีที่สุดจากเกณฑ์ต่าง ๆ โดยดูสภาพต่าง ๆ ว่าเคลือบ สมบูรณ์ไม่ล่อนตัว การรานของผิวเคลือบ รอยร้าว รูเข็ม รอยพอง หลุม เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมและได้ผลการการเลือกคือ อัตราส่วนผสมที่ 6,7,9,24,25,32 ในบรรยากาศการเผาแบบรีดักชัน ในส่วนของการเผาแบบออกซิเดชันไม่มีอัตราส่วนใดเหมาะสมเนื่องจากอัตราส่วนผสมที่ 5 แม้ว่าจะมีผลึกเกิดขึ้น แต่ว่าผิวเคลือบกลับเกิดการรานตัว ดังนั้นอัตราส่วนที่ 5 จึงไม่ผ่านเกณฑ์เพราะมีการรานที่ผิวของเคลือบ

ผลการทดลองขั้นที่ 2 ได้นำอัตราส่วนผสมของเคลือบที่เหมาะสมจากการทดลองขั้นที่ 1 โดยอัตราส่วนผสมที่ผ่านเกณฑ์การทดสอบจากการทดลองในขั้นตอนที่ 1 คืออัตราส่วนผสมที่ 6,7,9,24,25,32 ในบรรยากาศการเผาแบบรีดักชัน มาทำการทดลองขั้นที่ 2 เป็นขั้นตอนการทดสอบการทนต่อการรานตัว การทนต่อสารเคมี โดยการทดสอบการทนต่อสารเคมี และการทนการราน นั้นผ่านการวิเคราะห์ผลจากผู้เชี่ยวชาญโดยเทียบจากเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมกระเบื้องดินเผาบุผนังภายในทุกอัตราส่วนไม่มีความแตกต่างของผิวเคลือบเมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นทดลองหลังจากผ่านการทดสอบ และขึ้นก่อนการทดสอบการราน และการทนสารเคมี ดังนั้นทุกอัตราส่วนผสมจึงผ่านเกณฑ์การทดสอบ

การอภิปรายผล

จากการทดลองอัตราส่วนผสมในการทำเคลือบอะเวเนจัวร์จากเศษแก้ว โซดาฟอสเฟตสฟาร์ ดินขาว และบอร์แรคซ์ สำหรับกระเบื้องบุผนังภายใน อภิปรายผลได้ดังนี้

การทดลองขั้นที่ 1

1. จากการทดลองเผาเคลือบอะเวเนจัวร์ในบรรยากาศออกซิเดชันผลของเคลือบจะพบผลึกเพียงอัตราส่วนที่ 5 เพียงอัตราส่วนเดียวมีส่วนผสมเศษแก้วร้อยละ 25 โซดาฟอสเฟตสฟาร์ร้อยละ 5 ดินขาวร้อยละ 25 และบอร์แรคซ์ร้อยละ 45 ได้ผิวเคลือบมันแต่ปริมาณผลึกน้อยและเกิดการรานที่ผิวมากจึงไม่ผ่านการคัดเลือกจะสังเกตได้ว่าจากอัตราส่วนผสมของเคลือบอัตราส่วนนี้จะเป็นเคลือบที่มีส่วนผสมของสารที่มีอุณหภูมิการหลอมละลายต่ำจึงทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวระหว่างเนื้อดินและเคลือบไม่เท่ากัน (โกมล วัชรพงศ์.2538:174)วิธีการแก้ไขบางวิธีเช่น การลดวัตถุดิบที่เป็นตัวหลอมละลายและเพิ่มซิลิกาในส่วนผสมของน้ำเคลือบ เพื่อเป็นการเพิ่มอุณหภูมิในเคลือบ และในการเผาออกซิเดชันจะเห็นว่าอัตราส่วนอื่นๆไม่มีการเกิดผลึกหรือแม้แต่อัตราส่วนที่ 5 มีผลึกแต่ก็น้อย ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่าการเผาเคลือบอะเวเนจัวร์ ที่ใช้สนิมเหล็กเป็นสารให้สีและเป็นสารที่ก่อให้เกิดผลึกในบรรยากาศออกซิเดชันนั้นสีผิวของเคลือบจะออกในลักษณะสีทึบซึ่ง (เสาวคนธ์ จอมพรวน.2545:32) เหล็กออกไซด์สามารถถูกละลายในเคลือบที่เผาบรรยากาศรีดักชันได้มากกว่าการเผาในบรรยากาศออกซิเดชัน และเหล็กออกไซด์ที่ไม่มีการละลายจะทำให้ผิวเคลือบเกิดการทึบแสงและผิวด้าน ดังนั้นการเผาเคลือบอะเวเนจัวร์จากส่วนผสมของสาร 4 ชนิดนี้จึงไม่เหมาะกับการเผาในบรรยากาศออกซิเดชัน

2. จากการทดลองเผาเคลือบอะเวเนจัวร์ในบรรยากาศรีดักชันมีเคลือบที่เกิดผลึกมีทั้งหมด 18 อัตราส่วนคืออัตราส่วนที่5-9,11,13-14,16,22-25,31-33,40และ41และการเกิดขึ้นเป็นกลุ่ม(ดูจากภาพประกอบ 8:หน้า49)และในอัตราส่วนน้ำเคลือบที่เหมาะสมผ่านการคัดเลือกสำหรับการทดลองในขั้นตอนที่ 2 คือจะต้องไม่มีการราน ล่อนตัว รอยร้าว รูเข็ม รอยพอง หลุม ตามเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมกระเบื้องดินเผาเคลือบบุผนังภายใน(มอก. 613-2529)มี 6 อัตราส่วนผสมที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกมีดังต่อไปนี้คือ
อัตราส่วนที่ 6 เศษแก้วร้อยละ 20 บอร์แรคซ์ร้อยละ 45 ดินขาวร้อยละ 30 โซดาฟอสเฟตสฟาร์ร้อยละ 5
อัตราส่วนที่ 7 เศษแก้วร้อยละ 15 บอร์แรคซ์ร้อยละ 45 ดินขาวร้อยละ 35 โซดาฟอสเฟตสฟาร์ร้อยละ 5

อัตราส่วนที่ 9 เศษแก้วร้อยละ 5 บอร์แรคชร้อยละ 45 ดินขาวร้อยละ 45 โซดาแพลดสพาร์ร้อยละ 5
 อัตราส่วนที่ 24 เศษแก้วร้อยละ 20 บอร์แรคชร้อยละ 35 ดินขาวร้อยละ 30 โซดาแพลดสพาร์ร้อยละ 15
 อัตราส่วนที่ 25 เศษแก้วร้อยละ 15 บอร์แรคชร้อยละ 35 ดินขาวร้อยละ 35 โซดาแพลดสพาร์ร้อยละ 15
 อัตราส่วนที่ 32 เศษแก้วร้อยละ 25 บอร์แรคชร้อยละ 30 ดินขาวร้อยละ 25 โซดาแพลดสพาร์ร้อยละ 20

และจากอัตราส่วนทั้ง 6 อัตราส่วนจะเห็นว่าเคลือบจะมีสารที่หลอมในอุณหภูมิต่ำคือ เศษแก้ว และบอร์แรคชมากกว่าร้อยละ 50 ของอัตราส่วนผสมซึ่งในสารแต่ละตัวนั้นก็มิใช่เป็นสารประกอบที่สำคัญ และเหล็กออกไซด์(สีแดง)ก็จะรวมตัวกับต่างได้ถ้าเคลือบมีปริมาณต่างสูงโดยเฉพาะโซเดียมออกไซด์ซึ่งเป็นอัลคาไลน์ออกไซด์ที่ใช้อยู่ในเคลือบอะเวนจัวร์และมีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณสมบัติและขนาดผลึกของเคลือบคือโซเดียมออกไซด์จะเป็นสารเร่งให้เกิดกระบวนการตกผลึกขึ้นในเคลือบอะเวนจัวร์(Stefan stefanof.1988:324;ciling Parmelee & Lothrop. n.d.)และเหล็กออกไซด์สามารถถูกละลายในเคลือบที่เผาในบรรยากาศรีดักชันได้มากกว่าในบรรยากาศออกซิเดชัน(เสาวคนธ์ จอมพรวน.2545:30)จึงทำให้เคลือบเกิดความใสของผิวเคลือบจึงทำให้สามารถมองเห็นผลึกที่เกิดในชิ้นงานอันเกิดจากการเกินพอดีของเหล็กออกไซด์จึงทำให้เป็นเคลือบอะเวนจัวร์ซึ่งต่างจากการเผาออกซิเดชันแม้ว่าในอัตราส่วนเดียวกันการเผาออกซิเดชันก็ทำให้ผิวเกิดการทึบแสงจนไม่สามารถมองเห็นผลึกได้แม้ว่าจะมีอัตราส่วนของโซเดียมออกไซด์ในปริมาณสูงก็ตาม

ผลการทดลองขั้นที่ 2 ได้นำอัตราส่วนผสมของเคลือบที่เหมาะสมจากการทดลองขั้นที่ 1 ทั้งหมด 6 อัตราส่วนผสมคืออัตราส่วนที่ 6,7,9,24,25,32 ที่ได้จากการเผาในบรรยากาศรีดักชันมาทดสอบ การทนการร้าว การทนสารเคมี คือการทนกรด และการทนด่าง ผลการทดสอบตรวจวิเคราะห์ผลโดยผู้เชี่ยวชาญตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องดินเผาเคลือบบุผนังภายใน(มอก.613-2529)ทุกอัตราส่วนผสมของเคลือบไม่มีการเปลี่ยนแปลงของผิวเคลือบหลังการทดสอบดังนั้นทั้ง 6 อัตราส่วนผสมที่ผ่านการเผาในบรรยากาศรีดักชันจึงมีความเหมาะสมสำหรับใช้ในการผลิตกระเบื้องดินเผาเคลือบบุผนังภายในได้

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ตำแหน่งของการวางเผาในตำแหน่งการวางเผาที่ต่างกันก็มีส่วนในการเกิดผลึกดังนั้นจึงควรทดสอบในจุดที่ต่างกันไปในเตาก่อนที่จะเผาจริง
2. ในช่วงการเผาอุณหภูมิที่สูงสุดควรจุ่มไฟ(Soaking)จะช่วยให้อุณหภูมิสม่ำเสมอทั่วทั้งเตา
3. การเผาเคลือบอะเวนจัวร์ในการลดอุณหภูมิเตาควรทำด้วยความระมัดระวังเพราะถ้าอุณหภูมิลดลงเร็วหรือช้าเกินไปเคลือบจะไม่เกิดผลึกและจะเป็นสีทึบโดยเฉพาะการเผาในบรรยากาศรีดักชันผลึกก็อาจจะไม่เกิดขึ้นก็ได้ถ้าการลดอุณหภูมิการเผาไม่เหมาะสม
4. การเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้โดยความคิดเห็นของผู้วิจัยคืออัตราส่วนที่ 32 เนื่องจากเป็นอัตราส่วนที่มีวัตถุดิบราคาถูกผสมอยู่มากคือเศษแก้วร้อยละ 25 ดินขาวร้อยละ 25 โซดาแพลดสพาร์ร้อยละ 20 ซึ่งสารทั้งสามชนิดมีอัตราส่วนมากถึงร้อยละ 70 แต่มีบอร์แรคชเพียงร้อยละ 30

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาการใช้เหล็กออกไซด์ตัวอื่นเพื่อให้ได้สีที่มากขึ้น
2. ควรศึกษาอุณหภูมิการเผาที่แตกต่างกันเช่น 1,100 องศาเซลเซียส 1,150 องศาเซลเซียส 1,200 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาลักษณะเคลือบที่อุณหภูมิต่างกันว่าจะมีผลอย่างไร

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- โกมล รัชวงศ์ . (2531) . **วัตถุดิบที่ใช้ในงานเครื่องเคลือบดินเผาและเนื้อดินปั้น** . กรุงเทพฯ :
วิทยาลัยครูพระนคร .
- . (2538) . **เอกสารคำสอน น้ำเคลือบ 1** . กรุงเทพฯ : สถาบันราชภัฏพระนคร .
- ทวี พรหมพุกษ์ . (2523) . **เครื่องเคลือบดินเผาเบื้องต้น** . กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์ .
- . (2525) . **เตาและการเผา** . หน่วยนิเทศก์ : กรมการฝึกหัดครู .
- ธานินทร์ พุทธรัตน์ (2542) . **การนำน้ำเคลือบกระเบื้องดินเผาประเภทปูพื้นที่สูญเสียในกระบวนการ
ผลิตเคลือบมาใช้เคลือบกระเบื้องดินเผาประเภทปูพื้นใหม่** . ปรินญาณินท์ กศ.ม.
(อุตสาหกรรมศึกษา) . กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ . ถ่ายสำเนา .
- นิวัตร พัฒนะ . (2534) . **การทดลองสัดส่วนของอลูมินาต่อซิลิกาที่ทำให้เกิดลักษณะ
ของเคลือบเฟลด์สปาร์** . ปรินญาณินท์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา) . กรุงเทพฯ :
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ . ถ่ายสำเนา .
- นิสา มีนียา . (2538) . **การทดลองทำเคลือบซี้ได้จากอัตราส่วนผสมระหว่าง ซี้เข้าไม้ยางพารา
หินฟันม้า ดินเหนียวท้องถิ่น และซี้เข้าเปลือกหอยแครง** . ปรินญาณินท์ กศ.ม.
(อุตสาหกรรมศึกษา) . กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ . ถ่ายสำเนา .
- ปรีดา พิมพ์ขาวชา . (2532) . **เซรามิก** . พิมพ์ครั้งที่ 3 . กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .
- ไพจิตร อิงศิริวัฒน์ . (2537) . **รวมสูตรเคลือบเซรามิก** . กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์ .
- ภัทรพล สุวรรณโณม . (2543) . **การศึกษาอัตราส่วนผสมของโซดาแอส โปแทสเซียมเฟลด์สปาร์
และควอทซ์ ในการทำฟrit สำหรับตกแต่งกระเบื้องบุผนัง** . ปรินญาณินท์ กศ.ม.
(อุตสาหกรรมศึกษา) . กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ . ถ่ายสำเนา .
- ศศิเกษม ทองยงค์ . (2520) . **แก้ว** . กรุงเทพฯ : วิทยาลัยครูจันทระเกษม .
- สมศักดิ์ ขวาลาวันย์ . (2535) . **การพัฒนาสีในเนื้อดินปั้นสำหรับ ผลิตภัณฑ์เซรามิกโดยการใช้
สนิมโลหะ ตามสูตรแผนภาพไตรดุลยภาพ** . ปรินญาณินท์ กศ.ม. (ศิลปศึกษา) . กรุงเทพฯ :
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ . ถ่ายสำเนา .
- สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ . (มปป) . **วัสดุศาสตร์** . กรุงเทพฯ : วิทยาลัยครูพระนคร .
- สมบุญ อรรถนภาค . และคนอื่นๆ . (2545) . **เทคนิคการใช้วัตถุดิบที่มีเหล็กออกไซด์สูงในการผลิต
เซรามิก** . ลำปาง : ห้องปฏิบัติการเครือข่ายเซรามิกเนื้อดินและเคลือบศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่อง
เคลือบดินเผา .
- อายุวัฒน์ สว่างผล . (2543) . **วัตถุดิบที่ใช้แพร่หลายในงานเซรามิก** . กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์ .
อุตสาหกรรม . กระทรวง . **การสัมมนาเรื่องเซรามิกและแก้วของไทย: วัตถุดิบและแนวทางการ
พัฒนา** . กรุงเทพฯ : กองเศรษฐกิจวิเทศาภิบาล กรมทรัพยากรธรณี
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . (2543) . **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระเบื้องดินเผาบุผนังภายใน** . กรุงเทพฯ : สำนักงาน .
- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม . (2546) . **รายงานสภาวะอุตสาหกรรมไตรมาสที่ 2 ปีพ.ศ. 2546** . กรุงเทพฯ
: สำนักงาน

Cullen w. parmelee . (1951) . **Ceramic Glazes** . Illinois : University of Illinois .

Stefan Stefanov . Svetlan Batschwarov . (1988) . **Ceramic Glazes** . Berlin: Druck .

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางการวิเคราะห์เคลือบอะเวนจัวร์

ตาราง 9 การวิเคราะห์เกลือบะเวนจูนับรยาภาศรีตักชัน

อัตรา ส่วนที่	ความมันของเกลือบ			ปริมาณเกลือ					ความสมบูรณ์ของเกลือบ					
	ไ ม่ หลอม	กึ่งมัน	มัน	น้อย สุด	น้อย	กลาง	มาก	มาก สุด	รูเข็ม	สั้น ตัว	ราน	พอง	หลุม	หตุตัว
1			/								/			
2			/								/			
3			/								/			
4			/		/						/			
5			/			/					/			
6		/					/							
7		/					/							
8		/												
9		/												
10		/												
11		/												
12		/												
13		/					/							
14		/					/							
15			/		/						/			
16			/		/						/			
17			/								/			
18			/								/			
19			/		/						/			
20			/								/			
21			/								/			
22			/			/					/			
23		/					/							
24		/					/							
25		/					/							
26		/												
27		/												
28		/							/					
29		/							/					

ตาราง 9 (ต่อ)

อัตรา ส่วนที่	ความมันของเคลือบ			ปริมาณผลึก					ความสมบูรณ์ของเคลือบ					
	ใ ม ห ล อ ม	กึ่งมัน	มัน	น้อย สุด	น้อย	กลาง	มาก	มาก สุด	รูเข็ม	ต่อเนื่อง ตัว	ราน	พอง	หลุม	หุดตัว
30		/												
31		/					/							
32		/					/							
33			/								/			
34			/								/			
35			/								/			
36			/								/			
37			/								/			
38			/								/			
39			/								/			
40			/		/						/			
41		/					/							
42	/								/					
43	/								/					
44	/								/					
45	/								/					
46	/								/					
47	/								/					
48	/								/					
49	/								/					
50	/								/					
51			/						/		/			
52			/						/		/			
53			/						/		/			
54			/						/		/			
55			/						/		/			
56			/						/		/			
57			/						/		/			
58			/						/		/			
59	/								/					
60	/								/					

ตาราง 9 (ต่อ)

อัตรา ส่วนที่	ความมันของเคลือบ			ปริมาณผลึก					ความสมบูรณ์ของเคลือบ					
	ไ ม่ หลอม	กึ่งมัน	มัน	น้อย สุด	น้อย	กลาง	มาก	มาก สุด	รูเข็ม	ลอน ตัว	ราน	พอง	หลุม	หุดตัว
61	/								/					
62	/								/					
63	/								/					
64	/								/					
65	/								/					
66	/								/					
67	/								/					
68	/								/					
69			/						/		/			
70			/						/		/			
71			/						/		/			
72			/						/		/			
73			/						/		/			
74			/						/		/			
75			/						/		/			
76		/							/					
77		/							/					
78		/							/					
79		/							/					
80		/							/					
81		/							/					/

ตาราง 10 (ต่อ)

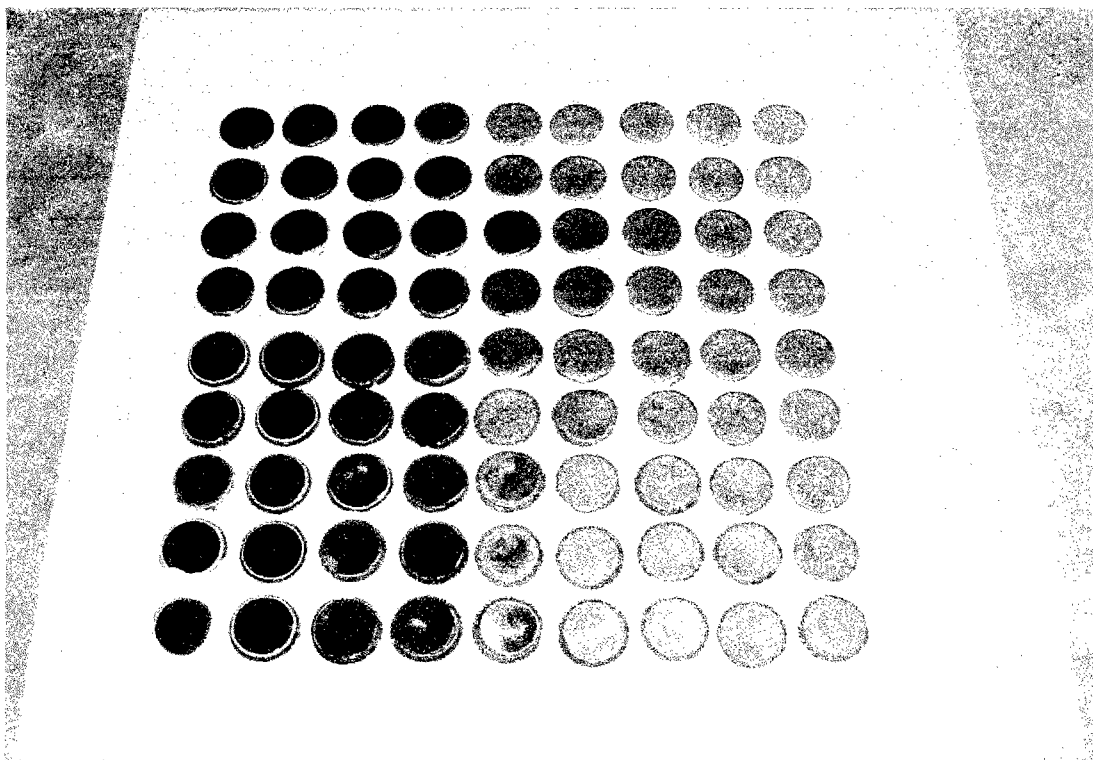
อัตรา ส่วนที่	ความมันของเคลือบ			ปริมาณผลึก					ความสมบูรณ์ของเคลือบ					
	ใ ม ห ล อ ม	ก ึ่ง มัน	มัน	น ้อย ส ุด	น ้อย	ก ล า ง	ม า ก	ม า ก ส ุด	ร ู เ ริ ม	ล ึ น ตัว	ร า น	พ อ ง	ห ล ุ ม	ห ค ตัว
31			/						/					
32			/						/		/			
33			/						/		/			
34			/						/		/			
35			/						/		/			
36			/						/		/			
37			/						/		/			
38			/						/		/			
39			/								/			
40			/								/			
41			/						/					
42			/						/					
43			/						/					
44		/							/					
45	/													
46	/								/					
47	/													
48		/							/					
49		/							/					
50			/						/					
51			/								/			
52			/								/			
53			/								/			
54			/								/			
55			/								/			
56		/									/			
57			/								/			
58			/								/			
59			/						/					
60		/							/					
61		/							/					

ตาราง 10 (ต่อ)

อัตรา ส่วนที่	ความมันของเคลือบ			ปริมาณผลึก					ความสมบูรณ์ของเคลือบ					
	ใ ม ห ล อ ม	ก ึ่ง มัน	มัน	น ้อย สุด	น ้อย	ก ล าง	ม าก	ม าก สุด	ร ู ข ี ม	ล ้อ น ตัว	ร า น	พ อง	ห ล ุม	ห ด ตัว
62	/								/					
64	/								/					
65	/								/					
66		/							/					
67		/							/					
68		/							/					
69		/							/					
70			/								/			
71			/								/			
72			/								/			
73			/								/			
74		/							/					
75		/							/					
76		/							/					
77		/							/					
78	/								/					
79	/								/					
80	/								/					
81	/								/					

ภาคผนวก ข

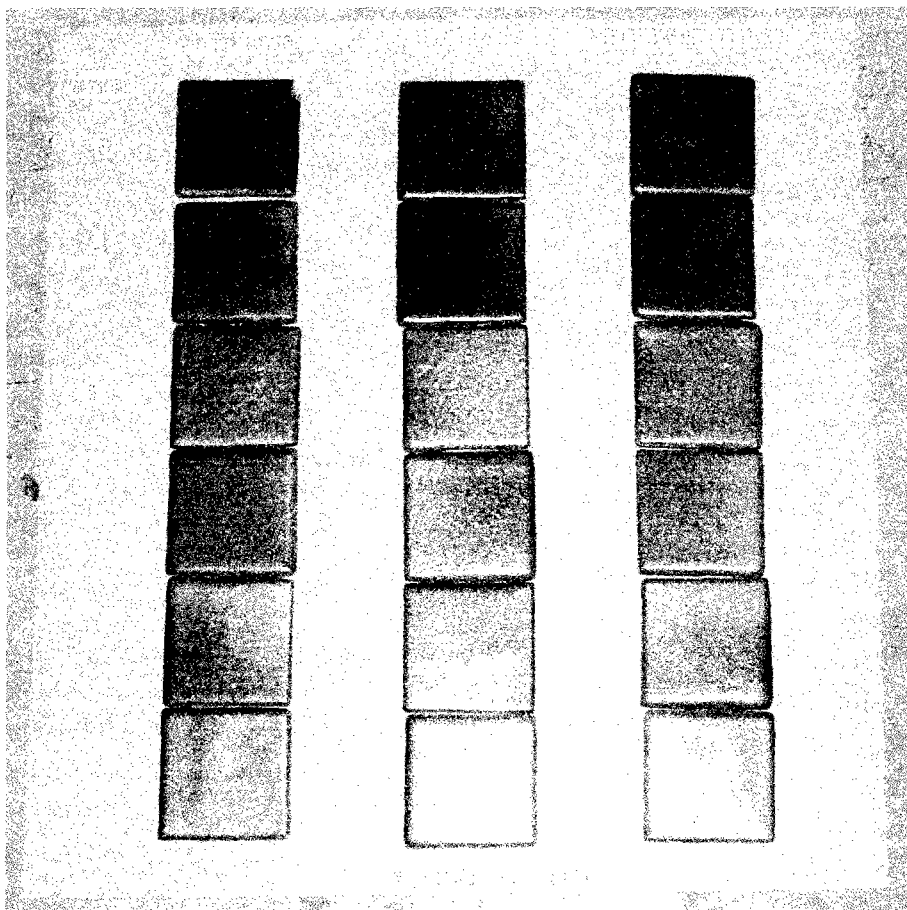
ภาพแสดงผลการทดลอง



ภาพประกอบ 10 ชั้นทดลองเผาบรรยากาศรีดักชั่น



ภาพประกอบ 11 ชั้นทดลองเผาบรรยากาศออกซิเดชัน



ภาพประกอบ 12 ชั้นทดลองที่ผ่านการทดสอบการทนการรบกวน การทนสารเคมี

ภาคผนวก ค

หนังสือขอใช้สถานที่และประวัติผู้เชี่ยวชาญ



บันทึกข้อความ

คณะศิลปกรรมศาสตร์
รับที่... 3860
วันที่... 2.9.6. 2546
เวลา... 13.45 น.

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มศว โทร. 5731, 5618

ที่ ศธ 0519.12/ 7308

วันที่ // พฤศจิกายน 2546

ลงนามรับเรื่องด้วย

เรื่อง ขอใช้ห้องปฏิบัติงานและอุปกรณ์เพื่อการวิจัย

เรียน คณบดีคณะศิลปกรรมศาสตร์

เนื่องด้วย นายชัยชาญ วานิชทวีวัฒน์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การทดลองอัตราส่วนผสมในการทำเคลือบอะเวนจอรินจากเศษแก้ว โซดาฟอสเฟตสาร ดินขาว และบอร์แรคซ์ สำหรับกระเบื้องบุผนังภายใน” โดยมี อาจารย์อุปวิทย์ สุวกันทรกุล และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมศักดิ์ ขวาลาวัณย์ เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย โดยขอใช้ห้องปฏิบัติงานเซรามิกส์ พร้อมทั้งอุปกรณ์หม้ออบเคลือบ เครื่องชั่งไฟฟ้า และเตาเผา เพื่อทดลองการทำเคลือบอะเวนจอรินจากเศษแก้ว โซดาฟอสเฟตสาร ดินขาว และบอร์แรคซ์ สำหรับกระเบื้องบุผนังภายใน ในระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2546 - มกราคม 2547

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ นายชัยชาญ วานิชทวีวัฒน์ ได้ใช้ห้องปฏิบัติงานทดลองอัตราส่วนผสมดังกล่าว ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

[Signature]

(รองศาสตราจารย์นภาพร หะวานนท์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มศว

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มศว

ถ้าแผนผังข้อนี้... (ข้อความที่เขียนด้วยปากกามีลักษณะเป็นลายเส้นและข้อความที่อ่านไม่ออก)

ผู้รับทราบ

[Signature]
6.10.47

เรียน คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอเรียนแจ้งให้ทราบว่า... (ข้อความที่เขียนด้วยปากกามีลักษณะเป็นลายเส้นและข้อความที่อ่านไม่ออก)

ขอเรียนแจ้งให้ทราบว่า... (ข้อความที่เขียนด้วยปากกามีลักษณะเป็นลายเส้นและข้อความที่อ่านไม่ออก)

ขอเรียน

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

[Signature]

ประวัติผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อ	ผศ. สมศักดิ์ ชวาลาวัฒน์ ตำแหน่งอาจารย์
สถานที่ทำงาน	ภาควิชาจิตรทัศนศิลป์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
วุฒิทางการศึกษา	กศ.ม. เอกศิลปศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประวัติการสอนวิชาเชรามิกส์	
พ.ศ. 2536-ปัจจุบัน	เป็นอาจารย์ประจำภาควิชาทัศนศิลป์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ. 2523-2526	เป็นอาจารย์ประจำภาควิชาศิลปะและวัฒนธรรม คณะ มนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ. 2522	เป็นอาจารย์ประจำโรงเรียนเทพศิรินทร์
ประวัติการทำงานพิเศษ	
พ.ศ. 2541	เป็นผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์โดยใช้ดินเหนียวแดงราชบุรี โดยมี การตกแต่ง และเคลือบให้กับกรมทรัพยากรธรณี กระทรวง อุตสาหกรรม
พ.ศ. 2540	เป็นผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์จากเนื้อดินปั้นเอง จังหวัดราชบุรี ให้กับกรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม
พ.ศ. 2540	เป็นวิทยากรร่วมบรรยายและสาธิตเชิงปฏิบัติการให้กับ สมาคมเครื่องเคลือบดินเผาราชบุรีร่วมกับกรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม
พ.ศ. 2535	เป็นอาจารย์พิเศษสอนวิชาเชรามิกส์ ที่มหาวิทยาลัยรังสิต
พ.ศ. 2530	เป็นอาจารย์พิเศษสอนวิชาเชรามิกส์ ที่คณะศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2529	เป็นวิทยากรบรรยายสีในเนื้อดินปั้นให้ กรมวิทยาศาสตร์ บริการกระทรวงอุตสาหกรรม
พ.ศ. 2526	เป็นอาจารย์พิเศษสอนวิชาเชรามิกส์ที่มหาวิทยาลัยสุโขทัย
ผลงานทางวิชาการ	
พ.ศ. 2536	บทความเรื่อง <u>อุตสาหกรรมเชรามิกส์คืออะไร</u> จากนิตยสาร วิมาน เล่ม 4 ฉบับที่ 33 เดือนมกราคม 2536
พ.ศ. 2524	บทความเรื่อง <u>การทดสอบทางฟิสิกส์ของดินก่อนและหลังเผา</u> จากสูจิบัตรการแสดงนิทรรศการศิลปกรรมประสาณมิตร 2524

ผลงานเซรามิกส์ที่ได้รับรางวัล
พ.ศ. 2533

ได้รับรางวัลดีเด่นจากผลงานแสดงเครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติ
ครั้งที่ 4 ประเภทศิลปกรรม

ประวัติผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อ	นายสมทรง ชีมาภรณ์ ตำแหน่ง อาจารย์
สถานที่ทำงาน	คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
วุฒิการศึกษา	ปริญญาโท

ประวัติทางการสอนวิชาเซรามิกส์

พ.ศ. 2531- ปัจจุบัน	เป็นอาจารย์ประจำภาควิชาทัศนศิลป์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
---------------------	--

ประวัติการทำงานพิเศษ

พ.ศ. 2537	สอนพิเศษที่มหาวิทยาลัยรังสิต
พ.ศ. 2536-2537	สอนพิเศษที่วิทยาลัยครูพระนคร
พ.ศ. 2534	สอนพิเศษที่มหาวิทยาลัยศิลปากร

ผลงานทางวิชาการ

พ.ศ. 2540-ปัจจุบัน	เอกสารประกอบการสอน Ceramics เบื้องต้น
พ.ศ. 2538-2540	เอกสารประกอบการสอนประวัติเครื่องปั้นดินเผา

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ	นายชัยชาญ วานิชทวีวัฒน์
เกิดวันที่	16 มกราคม พ.ศ. 2519
สถานที่เกิด	ธนบุรี กรุงเทพมหานคร
ที่อยู่ปัจจุบัน	25/27 ถนนนวมภาส แขวงตลาดพลู เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10600

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2530	ระดับประถมศึกษา โรงเรียนวัดบางสะแกใน
พ.ศ. 2532	ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนทวีธาภิเศก
พ.ศ. 2537	ระดับ ปวช.สาขาวิชาเคหภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ
พ.ศ. 2541	ระดับปริญญาตรีวิชาเอกเซรามิกส์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ. 2547	การศึกษามหาบัณฑิต เอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ