

666.42

ห 674 ก

ร.3

การทดลองสัคส่วนของอูมิโนทอซิลิกา
ที่ทำให้เกิดลักษณะของเคลือบเฟลด์สปาร์

ปริญญานิพนธ์

ของ

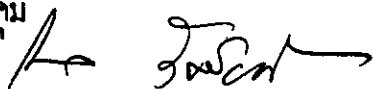
นิวัตร พัทนะ

ร.3 ก.ย. 2535

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา
กันยายน 2534
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการสอบไต่พิจารณาปริญญาโทฉบับนี้แล้ว เห็น
สมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอก
อุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการควบคุม

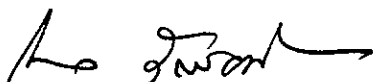

..... ประธาน

(นศ. โนนต์ รักวงษ์)


..... กรรมการ

(ดร. อุปวิทย์ สุวคันชกุล)

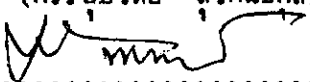
คณะกรรมการสอบ


..... ประธาน

(นศ. โนนต์ รักวงษ์)

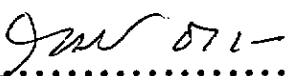

..... กรรมการ

(ดร. อุปวิทย์ สุวคันชกุล)


..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(รศ. ปรีะ พรหมพฤษษ์)

บัณฑิตวิทยาลัยขอเฝ้าฯ รับปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ


..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศ. ดร. สมพร บัวทอง)

วันที่...1...เดือน...ตุลาคม.....พ. ศ. 2534

ประกาศผลการ

ผลงานวิจัยฉบับนี้ได้รับความอนุเคราะห์ ให้คำแนะนำ แก่ไข คแล และให้กำลังใจ อย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์โกลด์ รัชวงศ์ และ ดร.อภิวุฒิ สุวคันชกุล รวมทั้ง รองศาสตราจารย์ พรหมพฤษ ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบ พร้อมกับให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ เพื่อให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ คุณัญญา ฉวีอินทร์ อาจารย์เวนิช สุวรรณโมลี และอาจารย์วิชา อมรรักษ์ ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการวิเคราะห์ผลการวิจัย ทำให้การวิจัยครั้งนี้บรรลุความ มุ่งหมายโดยสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะวิชาอุตสาหกรรมศึกษา วิทยาลัยครู พระนคร ที่ได้อนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมืออุปกรณ์ในการดำเนินการวิจัย ทำให้การวิจัย ครั้งนี้ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์จรินทร์ เทศวานิช ที่กรุณาแนะนำแนวทางการ ออกแบบการวิจัย รวมทั้งแนวทางในการดำเนินการวิจัย ทำให้การดำเนินการวิจัยเป็นไปอย่าง ราบรื่น

อนึ่ง ผู้วิจัยได้รับการสนับสนุนและกำลังใจเป็นอย่างดี จากคณาจารย์และกรรมการ บริหารหลักสูตรสาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษาทุกท่าน ทั้งจากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน และวิทยาลัยครูพระนคร ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเพื่อนร่วมงาน ญาติพี่น้อง และลูกศิษย์ที่ไม่สามารถ กล่าวนามได้ทั้งหมด ที่มีส่วนช่วยเหลือ สนับสนุนและให้กำลังใจในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุกท่านของงานวิจัยนี้ แก่คุณพ่อ คุณแม่ และครู - อาจารย์ อันเป็นที่เคารพสูงสุดของผู้วิจัย

นิวัตร พัทนะ

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย	2
ความสำคัญของการวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	3
ข้อตกลงเบื้องต้น.....	4
คำนิยามศัพท์เฉพาะ	6
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเคลื่อน	10
เฟลคสปาร์.....	13
โปแตสเฟลคสปาร์	17
อลูมินา	18
กินชว	20
ซิลิกา	22
ควอทซ์	24
วัตถุดิบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง	25
การคำนวณเคลื่อน	30
การเตรียมน้ำเคลื่อน	32
การเผาเคลื่อน	37
บรรยากาศในการเผาเคลื่อน.....	39
เตาไฟฟ้า	40

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 สูตรมาตรฐานของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง.....	5
2 สูตรวัตถุดิบที่เป็นเฟลคสปาร์.....	15
3 การคำนวณเคลือบให้อยู่ในรูปการย่อยของวัตถุดิบ.....	31
4 การย่อยของวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมของสูตร เคลือบตามกลุ่มตัวอย่าง.....	52
5 ผลการวิเคราะห์ลักษณะของเคลือบจากการเผาในบรรยากาศแบบออกซิเคชั่น.....	64
6 ผลการวิเคราะห์ลักษณะของเคลือบจากการเผาในบรรยากาศแบบรีดักชั่น.....	64
7 การคำนวณเคลือบจากสูตรพื้นฐานเป็นการย่อยของวัตถุดิบ.....	82
8 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ.....	113

ข้อเสนอนะ.....	76
บรรณานุกรม.....	77
ภาคผนวก.....	80
ภาคผนวก ก.	81
ภาคผนวก ข.	107
ภาคผนวก ค.	112
ภาคผนวก ง.	141
ภาคผนวก จ.	146
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	150

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 ตัวอย่างการจัดระบบในการ เปลี่ยนสัคส่วนของอุมินา คอชิลิกา	45
2 เคลือบปอร์สเลนที่มีกลุ่มทางคงที่และเปลี่ยนแปลงคาอุมินา คอชิลิกาของการ เผาที่ 11.....	46
3 สัคส่วนของอุมินา คอชิลิกาที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง.....	51
4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผาเคลือบ.....	108

บทนำ

เคลือบ (Glazes) เป็นส่วนสำคัญที่ช่วยเพิ่มความสวยงามให้แก่ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ช่วยให้ทำความสะอาดง่าย ป้องกันการซึมผ่านหรือการกร่อนของของเหลวบางชนิด เช่น น้ำ น้ำส้มสายชู เป็นต้น ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสูงขึ้น (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2531 : 1) องค์ประกอบที่สำคัญในเคลือบส่วนหนึ่ง คือ อลูมินา (Alumina) และซิลิกา (Silica) (ปริศนา พิมพ์ขาวชา. 2530 : 19) ซึ่งสัดส่วนจำนวนโมเลกุลของอลูมินาต่อซิลิกาจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงลักษณะของเคลือบ เช่น ถ้าเทียบเป็นอัตราส่วนของอลูมินาต่อซิลิกาในเคลือบมีค่า 1 ต่อ 7 หรือ 1 ต่อ 8 เคลือบที่ได้จะมีลักษณะมันวาวสุกใส และถ้าอัตราส่วนต่ำลงมาถึง 1 ต่อ 4 จะเป็นเคลือบก้าน (ปริศนา พิมพ์ขาวชา. 2530 : 49) ซึ่งสัดส่วนดังกล่าวสอดคล้องกับผลการวิจัยของสุมาลี ลิขิตวณิชกุล (2529 : 7) ที่พบว่า ลักษณะของเคลือบจะแตกต่างกันไปในแต่ละสัดส่วนจำนวนโมเลกุลของอลูมินาต่อซิลิกา นอกจากนี้ ปริศนา พิมพ์ขาวชา (2530 : 49) ยังกล่าวว่า ลักษณะของเคลือบจะเป็นอย่างไรนั้น ไม่สามารถทำนายผลได้อย่างถูกต้อง เพราะว่าในเคลือบแต่ละอย่างมีวัตถุดิบหลายชนิดที่ต้องคำนึงถึง และยังมีปัจจัยอื่นต่าง ๆ ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและสภาวะการเผาผลาญที่ได้จากการเผาเคลือบในบรรยากาศออกซิเดชัน (Oxidation Atmosphere) อาจแตกต่างกันอย่างมากจากผลที่ได้จากการเผาเคลือบในบรรยากาศรีดักชัน (Reduction Atmosphere) อัตราการเผาและการปล่อยให้เคลือบที่สุกแล้วเย็นตัวลงก็มีผลต่อลักษณะของเคลือบเช่นกัน นอกจากนี้เนื้อผลิตภัณฑ์ที่นำมาเคลือบก็มีผลเพราะว่าเคลือบชนิดหนึ่งอาจจะเหมาะสมกับเนื้อผลิตภัณฑ์แบบหนึ่ง แต่ไม่เหมาะสมกับเนื้อผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น ๆ การจะหาขอบเขตจำกัดของส่วนผสมของเคลือบที่ดีที่สุดได้นั้น จำเป็นจะต้องเตรียมนำเคลือบจำนวนมาก ทดลอง

หุ้บเคลือบบนแผ่นทดลอง (Test Pieces) และเผาที่อุณหภูมิเหมาะสม ทดลองจัดส่วนผสมของเคลือบหลาย ๆ ส่วนผสม ซึ่งจะโคส่วนผสมของเคลือบที่คั้นและไม่คั้นได้

เคลือบเฟลด์สปาร์ (Feldspathic Glazes) หมายถึง เคลือบชนิดหนึ่งที่ใช้แร่เฟลด์สปาร์ (Feldspar) เป็นส่วนประกอบหลัก (Fournier. 1977 : 81) ซึ่งเป็นเคลือบที่นิยมใช้ทั่วไป กับผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิในการเผามากกว่า 1,200 องศาเซลเซียส (2,192 องศาฟาเรนไฮต์) เนื่องจากแร่เฟลด์สปาร์มีราคาถูกและไม่ละลายน้ำ (ปริศนา พิมพ์ขาวชา. 2532 : 61) เคลือบเฟลด์สปาร์นี้มีส่วนประกอบของอลูมินาและซิลิกาในสัดส่วนต่าง ๆ กัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการเผาและลักษณะของเคลือบที่ต้องการ ซึ่งถ้าได้มีการทดลองเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของอลูมินาหรือซิลิกาในเคลือบเฟลด์สปาร์ ที่อุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่งตั้งแต่ 1,222 องศาเซลเซียส (2,232 องศาฟาเรนไฮต์) ถึงอุณหภูมิ 1,305 องศาเซลเซียส (2,381 องศาฟาเรนไฮต์) ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาทั่วไป (ปริศนา พิมพ์ขาวชา. 2532 : 249) จะเป็นประโยชน์อย่างมากแก่วงการเซรามิกส์ที่ใช้เคลือบในช่วงอุณหภูมิดังกล่าว เพราะจะช่วยให้สามารถกำหนดขอบเขตของส่วนผสมเคลือบที่ต้องการได้สะดวกขึ้น โดยไม่จำเป็นต้องมีการทดลองเปลี่ยนแปลงส่วนผสมจำนวนมากอีกต่อไป

ควยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงทำการทดลองเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของอลูมินาหรือซิลิกาในเคลือบเฟลด์สปาร์ เพื่อศึกษาลักษณะของเคลือบที่ได้จากการเผาวางจะมีลักษณะอย่างไร ซึ่งผลการวิจัยจะเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์ต่อการศึกษาวិชาการเซรามิกส์และประกอบการอุตสาหกรรมเซรามิกส์

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อศึกษาลักษณะเคลือบเฟลด์สปาร์ โดยยี่สิบสัดส่วนของอลูมินาหรือซิลิกาที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส (2,264 องศาฟาเรนไฮต์) ในบรรยากาศการเผาแบบออกซิเคชั่นและแบบรีดักชั่น

ความสำคัญของการวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้ จะสามารถใช้เป็นข้อมูลสำหรับประกอบการอุตสาหกรรมเซรามิกส์ และนักการศึกษาทางานเซรามิกส์ ในการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ทนการใช้เคลือบเฟลด์สปาร์ อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส

ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตของการทดลอง การวิจัยครั้งนี้จะมุ่งทดลองเฉพาะการเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส ทั้งในบรรยากาศการเผาแบบออกซิเคชั่นและรีดักชั่น
2. ประชากร การวิจัยครั้งนี้จะศึกษาเฉพาะอุณหภูมิที่มีจำนวนโมเลกุลอยู่ระหว่าง 0.2 ถึง 0.5 โมเลกุล และซิลิกาที่มีจำนวนโมเลกุลอยู่ระหว่าง 2.0 ถึง 5.0 โมเลกุล
3. กลุ่มตัวอย่าง การวิจัยครั้งนี้กลุ่มตัวอย่างได้มาจากการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยกำหนดให้
 - 3.1 จำนวนโมเลกุลของอุณหภูมิแบ่งเป็น 7 ช่วง ๆ ละ 0.05 โมเลกุล
 - 3.2 จำนวนโมเลกุลของซิลิกาแบ่งเป็น 7 ช่วง ๆ ละ 0.5 โมเลกุล
 ซึ่งจะไ้กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ทั้งสิ้น 49 สูตรเคลือบ
4. ตัวแปรที่จะศึกษา
 - 4.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่
 - 4.1.1 สัดส่วนระหว่างอุณหภูมิต่อซิลิกา ซึ่งมีทั้งสิ้น 49 สัดส่วน
 - 4.1.2 บรรยากาศในการเผาเคลือบ
 - 4.1.2.1 บรรยากาศการเผาแบบออกซิเคชั่น
 - 4.1.2.2 บรรยากาศการเผาแบบรีดักชั่น

4.2 ทัวแปรตาม โค้ดเก้ ลักษณะของเคลือบ

4.2.1 ระบุความมันของเคลือบ

4.2.2 ความสมบูรณ์ของเคลือบ

ขอทดลองเบองตน

การวิจัยครั้งนี้ได้ควบคุมตัวแปรอื่น ๆ ที่มีอิทธิพลต่อลักษณะของเคลือบให้อยู่ในสภาวะคงที่
ดังนี้ คือ

1. สูตรเคลือบพื้นฐานที่ใช้ในการทดลอง โค้ดเก้

0.3 K_2O

0.5 CaO

0.1 MgO

X Al_2O_3

Y SiO_2

0.05 BaO

0.05 ZnO

X หมายถึง ค่าของอุณหภูมิที่แปรค่าจำนวนโมเลกุลในช่วงที่กำหนด

Y หมายถึง ค่าของซิลิกาที่แปรค่าจำนวนโมเลกุลในช่วงที่กำหนด

2. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้จะทอปรจากความชื้น ซึ่งโค้ดเก้

2.1 โปแตสเซิลด์สปาร์ จากแหล่ง จังหวัดอุทัยธานี

2.2 ควอทซ์ จากแหล่ง จังหวัดจันทบุรี

2.3 คินชาว จากแหล่ง จังหวัดระนอง

2.4 แคลเซียมคาร์บอเนต จากแหล่งจังหวัดสระบุรี

2.5 โคโลไมท์ จากแหล่ง จังหวัดกาญจนบุรี

2.6 แปรเทียมคาร์บอเนต จากแหล่งทั่วไป (Commercial Grade)

2.7 สังกะสีออกไซด์ จากแหล่งทั่วไป

2.8 โปแตสเซียมคาร์บอเนต จากแหล่งทั่วไป

2.9 อลูมินา จากแหล่งทั่วไป

3. ในการคำนวณเพื่อกำหนดส่วนผสมของวัตถุดิบ ในแต่ละสูตรเคลือบนั้นจะแทนค่าวัตถุดิบด้วยสูตรมาตรฐาน ดังนี้

ตาราง 1 แสดงสูตรเคลือบมาตรฐานของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อวัตถุดิบ	สูตรมาตรฐาน
โปแตสเซิลด์สปาร์	$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$
ควอทซ์	SiO_2
คินชาว	$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$
แคลเซียมคาร์บอเนต	$CaCO_3$
โคโลไนท์	$MgCO_3 \cdot CaCO_3$
แบเรียมคาร์บอเนต	$BaCO_3$
สังกะสีออกไซด์	ZnO
โปแตสเซียมคาร์บอเนต	K_2CO_3
อลูมินา	Al_2O_3

4. ซึ่งส่วนผสมของเคลือบด้วยเครื่องจักรระบบไฟฟ้า

5. ใช้น้ำประปาผสมในน้ำเคลือบ ให้มีความท่งจำเพาะ 1.4 ซึ่งจะวัดด้วยไฮโดรมิเตอร์

6. บดผสมเคลือบด้วยหม้อบดขนาดเล็ก (Jar Mill) ใช้เวลาบดจำนวน 6 ชั่วโมง

7. กรองน้ำเคลือบด้วยตะแกรงเบอร์ 100 เมช (Mesh)

8. ชุมเคลือบด้วยวิธีการจุ่ม ใช้เวลา 3 วินาที
9. ทดลองเผาเคลือบบรรยากาศแบบออกซิเคชันด้วยเตาไฟฟ้า
10. ทดลองเผาเคลือบบรรยากาศแบบรีดักชันด้วยเตาแก๊สทางลมรอนลง ที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส (2,012 องศาฟาเรนไฮต์) เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
11. เผาเคลือบทดลองบรรยากาศละ 2 ครั้ง เพื่อความมั่นใจ
12. อัตราเร่งในการเผาเคลือบเฉลี่ย 150 องศาเซลเซียส (302 องศาฟาเรนไฮต์) ต่อชั่วโมง
13. วัดอุณหภูมิของเตาเผาด้วยไพโรมิเตอร์ (Pyrometer) ร่วมกับไพโรเมตริกโคน (Pyrometric Cone) ของมาตรฐานออร์ตัน (Orton Standard)
14. เติมน้ำไฟ (Soaking Time) ที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที
15. นำผลการทดลองออกจากเตาเผาที่อุณหภูมิไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส (212 องศาฟาเรนไฮต์)
16. ทดลองกับแผ่นทดลอง (Test Pieces) ที่มีจุดสุกตัว 1,240 องศาเซลเซียส ขนาด 6 x 6 x 0.6 เซนติเมตร ผ่านการเผาไหม้ (Biscuit Firing) ที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส (1,472 องศาฟาเรนไฮต์)
17. วิเคราะห์ผลการทดลอง โดยผู้เชี่ยวชาญทางสาขาเซรามิกส์ จำนวน 3 ท่าน ซึ่งผู้เชี่ยวชาญจะประกอบด้วย
 - 17.1 ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ทางการสอนในสาขาเซรามิกส์ จำนวน 2 ท่าน
 - 17.2 ผู้เชี่ยวชาญจากสถานประกอบการอุตสาหกรรมเซรามิกส์ จำนวน 1 ท่าน

คำนิยามศัพท์เฉพาะ

ในการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดความหมายของศัพท์ต่าง ๆ เพื่อความเข้าใจตรงกัน ดังนี้

1. เคลือบเฟลด์สปาร์ (Feldsparthic Glazes) หมายถึง เคลือบที่มีแร่

เฟลด์สปาร์ (Feldspar) เป็นวัตถุดิบหลักในส่วนผสมของเคลือบ

2. สัดส่วนของอูมิโนนาทอซิลิกา หมายถึง สัดส่วนระหว่างจำนวนโมเลกุลของอูมิโนนา และจำนวนโมเลกุลของซิลิกาในสูตรเคลือบพื้นฐาน

3. บรรยากาศแบบออกซิเดชัน (Oxidation Atmosphere) หมายถึง บรรยากาศ ที่เป็นการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ ปราศจากควันเนื่องจากเชื้อเพลิงกับออกซิเจนทำปฏิกิริยากันอย่าง สมบูรณ์

4. บรรยากาศแบบรีดักชัน (Reduction Atmosphere) หมายถึง บรรยากาศ ที่เกิดจากการเผาไหม้แบบเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ หรือการเผาไหม้ควันเนื่องจากเชื้อเพลิงกับออกซิเจนทำ ปฏิกิริยากันอย่างไม่สมบูรณ์

5. ลักษณะของเคลือบ หมายถึง ลักษณะของเคลือบที่สามารถสังเกตได้ด้วยตาภายหลัง จากการเผาเคลือบ ซึ่งได้แก่

5.1 ลักษณะความมันของเคลือบ แบ่งเป็น 4 อย่าง ได้แก่

5.1.1 เคลือบไม่หลอมละลายหรือไม่มีความมัน (Unfused)

5.1.2 เคลือบตาน (Mat)

5.1.3 เคลือบกึ่งตานกึ่งมัน (Semi-mat)

5.1.4 เคลือบมันแวววาว (Bright)

5.2 ความสมบูรณ์ของเคลือบ หมายถึง เคลือบที่ปราศจากตำหนิใด ๆ ซึ่งแบ่ง เป็น 7 อย่าง ได้แก่

5.2.1 การเกิดรูเข็ม (Pinholes)

5.2.2 การร้าว (Crazing)

5.2.3 การแตกร่อนเปริเวณริมขอบ (Shivering)

5.2.4 การร่อนออกจากเนื้อดิน (Peeling)

5.2.5 การแยกตัวออกจากกันของเคลือบ (Crawling)

5.2.6 ผิวเคลือบค้ำไม่ตรงความเป็นจริง (Loss of Glaze)

5.2.7 เคลือบไหลตัวมาก (Running of Glaze)

6. ผู้เชี่ยวชาญ หมายถึง ผู้ที่มีประสบการณ์ทางการสอนระดับอุดมศึกษา ในสาขาวิชาเซรามิกส์ไม่ต่ำกว่า 10 ปี หรือผู้ที่มีประสบการณ์ทางการสอนในสาขาวิชาเซรามิกส์ไม่ต่ำกว่า 5 ปี ซึ่งมีประสบการณ์ในสถานประกอบการอุตสาหกรรมเซรามิกส์ไม่ต่ำกว่า 10 ปี และผู้ที่มีประสบการณ์ในสถานประกอบการอุตสาหกรรมเซรามิกส์ไม่ต่ำกว่า 10 ปี

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้จะบรรลุผลตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ จำเป็นจะต้องมีการศึกษาเนื้อหาที่เกี่ยวข้องให้ครอบคลุมที่ละเอียดที่สุด เนื่องจากการทดลองที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ นั้น มีตัวแปรที่เกี่ยวข้องมากมาย ซึ่งจะต้องศึกษาเอกสารและงานวิจัยดังหัวข้อต่อไปนี้

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเซลล์
2. เฟลด์สปาร์
3. โปแตสเฟลด์สปาร์
4. อลูมินา
5. คินชาว
6. ซิลิกา
7. ควอตซ์
8. วัสดุอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง
9. การคำนวณเกี่ยวกับเซลล์
10. การเตรียมน้ำเคลือบ
11. การเผาเคลือบ
12. บรรยากาศในการเผาเคลือบ
13. เตาไฟฟ้า
14. เตาแก๊สทางลมรอนลง
15. อุปกรณ์และเครื่องมือวัดอุณหภูมิในเตาเผา
16. สัดส่วนของอลูมินาต่อซิลิกากับลักษณะของเคลือบ
17. กำหนดนิยามผิวเคลือบ
18. สรุป

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเคลือบ

ความหมายของเคลือบ เคลือบ (Glazes) หมายถึง วัสดุชนิดหนึ่งที่มีลักษณะคล้ายแก้ว ฉาบอยู่บนผิวผลิตภัณฑ์เซรามิกส์หนาประมาณ 0.1 ถึง 0.3 มิลลิเมตร (Budnikov. 1964 : 460) ซึ่งวัสดุชนิดนี้เป็นสารประกอบที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติ และเคมีมาผสมประเภทออกไซด์ของสารต่าง ๆ มาผสมสมให้เข้ากันในส่วนที่เหมาะสมนำมาเคลือบผิวผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ แล้วเผาให้เคลือบหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกัน (โถมด รัชวงศ์. 2531 : 62)

ความมุ่งหมายของการเคลือบ เคลือบเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยเพิ่มความสวยงามให้แก่ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ช่วยให้ทำความสะอาดง่าย ช่วยป้องกันผิวสินค้าเป็นอย่างดี ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่ายิ่งขึ้น มีคุณสมบัติทนต่อการกัดกร่อนและทางเคมีเป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังมีความแข็งแรงและคงทนถาวรเป็นพิเศษ การเคลือบมีจุดมุ่งหมาย คือ (ทวี พรหมภักษ์. 2523 : 95)

1. เพื่อป้องกันผลิตภัณฑ์ไม่ให้ของเหลวและก๊าซไหลผ่านได้
2. เพื่อให้ผลิตภัณฑ์แข็งแรงทนต่อการกัดกร่อนทาง ๆ
3. เพื่อให้ผลิตภัณฑ์สะอาดและง่ายต่อการทำความสะอาด
4. เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความสวยงามน่าใช้และป้องกันผิวสินค้า
5. เพื่อให้มีความทนทานต่อการเสียดสี

การจำแนกชนิดของเคลือบ ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์นี้เมื่ออยู่หลายชนิด ซึ่งใช้เคลือบแตกต่างกัน โดยทั่วไปแล้วชนิดของเคลือบจำแนกได้เป็นหลายลักษณะ ซึ่งมีอยู่หลายเกณฑ์ในการแบ่งดังนี้ (สุรศักดิ์ โกสิยพันธุ์. 2531 : 27 - 28)

1. แบ่งตามวัตถุดิบที่ใช้ ได้แก่
 - 1.1 เคลือบตะกั่ว (Lead Glazes)
 - 1.2 เคลือบเกลือ (Salt Glazes)

- 1.3 เคลือบมอแรกซ์ (Borosilicate Glazes)
- 1.4 เคลือบขี้เถ้า (Ash Glazes)
- 1.5 เคลือบเฟลด์สปาร์ (Feldspathic Glazes)
2. แบ่งตามลักษณะที่มองเห็น หรือตามลักษณะผิวเคลือบ ไ้แก่
 - 2.1 เคลือบใส (Clear Glazes)
 - 2.2 เคลือบทึบ (Opaque Glazes)
 - 2.3 เคลือบผลึก (Crystalline Glazes)
 - 2.4 เคลือบคาน (Mat Glazes)
 - 2.5 เคลือบร้าว (Crackle Glazes)
 - 2.6 เคลือบมันหรือเคลือบมัน (Luster Glazes)
3. แบ่งตามชนิดของผลิตภัณฑ์ที่นำไปเคลือบ ไ้แก่
 - 3.1 เคลือบปอร์สเลน (Porcelain Glazes)
 - 3.2 เคลือบไบโนไชนา (Bonechina Glazes)
 - 3.3 เคลือบเอิธเินแวร์ (Earthenware Glazes)
 - 3.4 เคลือบสโตนแวร์ (Stoneware Glazes)
4. แบ่งตามกรรมวิธีผลิต ไ้แก่
 - 4.1 เคลือบดิบ (Raw Glazes)
 - 4.2 เคลือบฟริต (Frit Glazes)
5. แบ่งตามความทนไฟ ไ้แก่
 - 5.1 เคลือบไฟสูง (High Temperature Glazes)
 - 5.2 เคลือบไฟปานกลาง (Intermediate Temperature Glazes)
 - 5.3 เคลือบไฟต่ำ (Low Temperature Glazes)

6. แบ่งตามสถานที่มาของน้ำเคลือบและบุคคล เช่น

6.1 Albany Slip Glaze

6.2 Seper Porcelain Glazes

7. แบ่งตามแนวคิดของนักเซรามิกส์ 2 ท่าน คือ Kerl กับ Brogniart

โคแก

7.1 เคลือบตะกั่ว (Lead Glazes)

7.2 เคลือบไม่มีตะกั่ว (Lead Less Glazes or Earth Glazes)

8. แบ่งตามหลักวิชาการที่ตั้งขึ้นโดยนักวิชาการทางเซรามิกส์ ซึ่งแบ่งได้ดังนี้

8.1 เคลือบที่ไม่มีตะกั่ว (Lead Less Glazes)

8.2 เคลือบตะกั่ว (Lead Glazes)

8.3 เคลือบฟริต (Frit Glazes)

วัตถุดิบที่ใช้ในการทำเคลือบ จากการที่สามารถแบ่งชนิดของเคลือบได้หลายชนิดพอสมควร แสดงว่า วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตส่วนผสมของเคลือบนั้นมีมากมายหลายชนิด ซึ่งส่วนมากมักเป็นสารประกอบที่ซับซ้อน ในการนำวัตถุดิบมาใช้นั้นส่วนมากจะมีปัญหาเรื่องความบริสุทธิ์ คือ มักจะมีสิ่งเจือปนที่นอกเหนือไปจากสารประกอบหลัก ซึ่งความปกติในการทำน้ำเคลือบที่มากกว่าหนึ่งครั้ง โดยใช้วัตถุดิบอย่างเดียวกัน จำนวนเท่ากัน แต่วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเคลือบนั้นได้ชื่อจากแหล่งที่ต่างกัน อาจจะได้เคลือบที่แตกต่างกันได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดของสารนั้นและการรวมวิธีในการผลิตด้วย ถึงแม้ว่าวัตถุดิบที่ใช้จะมีมากมายหลายชนิดก็ตาม สามารถแบ่งกลุ่มตามคุณสมบัติทางเคมีได้ 3 กลุ่ม คือ (สุรศักดิ์ โกสยพันธ์. 2531 : 3)

1. กลุ่มวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติทางเคมีเป็นเบส (Bases Group) ทำหน้าที่เป็นตัวลดอุณหภูมิหลอมละลายหรือเรียกว่า "ฟลักซ์" (Flux) สัญลักษณ์ทั่วไป คือ R_2O และ RO วัตถุดิบพวกนี้มี 2 ประเภท คือ

1.1 อัลคาไล (Alkalies) ใช้สัญลักษณ์ R_2O กล่าวคือ อัลคาไล จะมีคุณสมบัติเป็นฟลักซ์ที่ดี (Strong Flux) คือ ช่วยหลอมละลาย เพิ่มการไหลตัวของเคลือบ (Fluidity) และความมันแวววาว (Luster) ในเคลือบส่วนมากจะละลายน้ำได้ ทางประเภทนี้ ได้แก่ โซเดียมออกไซด์ (Na_2O) โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O) ลิเทียมออกไซด์ (Li_2O) เป็นต้น

1.2 อัลคาไลน์ เอิร์ธ (Alkaline Earths) ใช้สัญลักษณ์ RO กล่าวคือ อัลคาไลน์ เอิร์ธ มีคุณสมบัติทางจากประเภทอัลคาไล คือ ไม่ละลายน้ำ สารประกอบของทางประเภทนี้ ได้แก่ ตะกั่วออกไซด์ (PbO) สังกะสีออกไซด์ (ZnO) แบเรียมออกไซด์ (BaO) แคลเซียมออกไซด์ (CaO) แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) เป็นต้น

2. กลุ่มวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติทางเคมีเป็นกลาง (Intermediates or Neutral Group) สัญลักษณ์ทั่วไป คือ R_2O_3 มีอลูมินา (Al_2O_3) เป็นวัตถุดิบหลักในกลุ่มนี้ นอกจากนี้ยังมีเหล็กออกไซด์ (FeO) โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3) ทำหน้าที่เป็นตัวทนความร้อน (Refractory) และเป็นตัวให้สีบางสี (Colorants)

3. กลุ่มวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติทางเคมีเป็นกรด (Acids Group) มีสัญลักษณ์ทั่วไป คือ RO_2 ทำหน้าที่เป็นตัวทำให้เกิดแก้ว (Glass Forming) และทำให้ทึบในเคลือบ (Opacifier) วัตถุดิบกลุ่มนี้ ได้แก่ ซิลิกา (SiO_2) สังกะสีออกไซด์ (SnO_2) ไทเทเนียมออกไซด์ (TiO_2) เป็นต้น

เฟลด์สปาร์ (Feldspar)

เฟลด์สปาร์ หรือหินฟันม้า เป็นวัตถุดิบหลักในส่วนผสมของเคลือบ เฟลด์สปาร์เป็นสารประกอบออร์โมโนซิลิเกตของอัลคาไลและอัลคาไลน์ เอิร์ธ โดยเฉพาะสารประกอบของโพแทสเซียม พบมากและใช้มากในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อเป็นตัวเชื่อมก่อให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดเนื้อแก้วในเนื้อผลิตภัณฑ์ ดังนั้นเฟลด์สปาร์จึงเป็นตัวส่งเสริมให้เกิดการเปลี่ยนแปลง

ไปเป็นเนื้อแก้ว และช่วยส่งเสริมให้ผลิตภัณฑ์คุณสมบัติโปร่งแสงดีขึ้น เฟลด์สปาร์เป็นแหล่งให้อัลคาไลและอลูมินาแก่เคลือบและแก้ว ข้อดีในการที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ คือ มีราคาถูก และเป็นสารประกอบอัลคาไลที่ไม่ละลายน้ำ

ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคเหนือ (ม.ป.ป. : 27) กล่าวว่า เฟลด์สปาร์หรือหินที่นำมาเกิดจากการแปรสภาพของหินแกรนิต มีลักษณะเป็นหินที่มีสีขาวนวล ในบางก้อนมีสีเหลืองชมพูด้วย

โฟร์เนียร์ (Fournier. 1977 : 81) กล่าวว่า เฟลด์สปาร์เป็นแร่ที่สำคัญและมีประโยชน์อย่างมาก เช่น อุตสาหกรรมเซรามิกส์ สามารถใช้เป็นฟลักซ์เบื้องต้นที่อุณหภูมิมากกว่า 1,200 องศาเซลเซียส (2,192 องศาฟาเรนไฮต์) และใช้เป็นฟลักซ์ขั้นที่ 2 ในการผลิตอิฐเซรามิก ในเนื้อคิมมั้นและในเอนโกบ (Engobe) เฟลด์สปาร์หลายชนิด เริ่มหลอมที่อุณหภูมิ 1,180 องศาเซลเซียส (2,156 องศาฟาเรนไฮต์) ทอไปจนกลายเป็นของเหลว ในอุณหภูมิ 1,500 องศาเซลเซียส (2,732 องศาฟาเรนไฮต์) ส่วน ปรีคา พินท์ขาวชา (2532 : 62) กล่าวว่า ส่วนประกอบของเฟลด์สปาร์ส่วนใหญ่เป็นส่วนประกอบคงที่พอสมควร เว้นแต่อัตราส่วนของโซเดียมและโปแตสเซียมเท่านั้นที่เปลี่ยนแปลงไป เฟลด์สปาร์ที่มีเปอร์เซ็นต์ของโซเดียมสูงใช้ในการผลิตแก้วและเคลือบ ส่วนเฟลด์สปาร์ที่มีเปอร์เซ็นต์ของโปแตสเซียมสูงใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อคิมมั้นและน้ำเคลือบ ใช้เป็นตัวช่วยหลอมละลายวัตถุดิบอื่น ๆ ให้อุณหภูมิในการเผาต่ำลง เฟลด์สปาร์นี้เป็นวัตถุดิบหลักชนิดหนึ่งที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ซึ่งเป็นสารประกอบของอลูมินา ซิลิกา อัลคาไล หรืออัลคาไล เอิร์ท

สารจำพวกอัลคาไลที่เป็นสารประกอบในเฟลด์สปาร์ ได้แก่ โปแตสเซียมออกไซด์ (K_2O) โซเดียมออกไซด์ (Na_2O) และลิเทียมออกไซด์ (Li_2O)

สารประกอบจำพวกอัลคาไล เอิร์ท ในเฟลด์สปาร์ ได้แก่ แบเรียมออกไซด์ (BaO) แคลเซียมออกไซด์ (CaO)

โดยเฉพาะสารประกอบของโซเดียม (Na) โพแทสเซียม (K) และแคลเซียม (Ca) พบและใช้มากในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ แต่สารประกอบบริสุทธิ์ของ Na, K, Ca หาได้ยากในแร่เฟลด์สปาร์ ในเฟลด์สปาร์จะมีทั้ง Na, K, Ca ซึ่งจะมีอัตราส่วนที่แตกต่างกันไป เนื่องจากสารทั้ง 3 ตัวนี้มีการหลอมละลายเข้ากันได้ในสภาพที่เป็นของแข็ง

ซิงเกอร์ (Singer. 1960 : 102) ได้สรุปวัตถุดิบที่เป็นเฟลด์สปาร์และคุณสมบัติบางอย่างไว้ดังตาราง

ตาราง 2 สรุปวัตถุดิบที่เป็นเฟลด์สปาร์

Mineral	Formula and Composition	S.G.	Hardness
Orthoclase potash spar	$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ 16.9 18.3 64.8	2.56	6
Microcline potash spar	same	2.54-2.57	6.0-6.5
Albite soda spar	$Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_3$ 11.8 19.4 68.8	2.61-2.64	6.0-6.5
Anorthite lime spar	$CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_3$ 20.1 36.6 43.3	2.70-2.76	6.0-6.5
Plagioclase potash-soda spar	$(NaKO) \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ variable		
Oligoclase lime-soda spar	$Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ + $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ variable	2.62-2.67	6-7

ตาราง 2 (ต่อ)

Mineral	Formula and Composition	S.G.	Hardness
Labradorite Labrador feldspar intermediate between albite and anorthite	same ratio 1:2 to 1:6	2.70-2.72	5.0-6.0
Celsian baryta spar (barium anorthite)	$BaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ 40.85 27.15 32.00	3.37	6
Hyalophane potash (orthoclase) baryta spar	$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_3$ + $BaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ variable	2.835 (D49)	6-6.5 (N6)
Pollucite	$2Cs_2O \cdot 2Al_2O_3 \cdot$ $9SiO_2 \cdot H_2O$ 42.50 15.38 40.76 1.36 (N36) or $Cs_2O \cdot 2Al_2O_3 \cdot$ $4SiO_2$ or $(Cs, Na)_2O \cdot$	2.87-2.90	6.5

ตาราง 2 (ต่อ)

Mineral	Formula and Composition	S.G.	Hardness
	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (F4) variable		
Spodumene	$\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$ 8.03 27.40 64.57	2.64-2.65	5.5-6.0
Hiddenite	$\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$		
Kunzite	6.07 20.71 73.22 (N36)		

โปแตสเฟลด์สปาร์ (Potash Feldspar)

โปแตสเฟลด์สปาร์ หรือมีชื่อทางอินแรวา ออร์โทเคลส (Orthoclase) หรือ ไมโครไคลน์ (Microcline) สูตรทางเคมี คือ $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ (Nelson. 1960 : 305)

โคมด รัชวงศ์- (2530 : 36) กล่าวถึง โปแตสเฟลด์สปาร์ว่า เป็นเฟลด์สปาร์ที่มีสารประกอบของโปแตสเซียม ที่มีความถ่วงจำเพาะ 2.56 มีความแข็งระดับ 6 จะมีสีแตกต่างกันแล้วแต่แหล่งที่กำเนิด โดแก่ สีขาว สีเหลือง สีชมพู เป็นต้น เฟลด์สปาร์ประเภทนี้สามารถใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบได้ สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ (2531 : 6) กล่าวถึง โปแตสเฟลด์สปาร์เพิ่มเติมว่า เป็นเฟลด์สปาร์ที่มีสารประกอบส่วนใหญ่เป็นโปแตสเซียม-

อลูมิเนียมซิลิเกต (Potassium Aluminium Silicate) อาจจะมีสารประกอบของ โซเดียมหรือแคลเซียมปะปนอยู่ด้วย เฟลด์สปาร์ชนิดนี้จะมีจุดหลอมประมาณอุณหภูมิ 1,200 - 1,280 องศาเซลเซียส (2,192 - 2,336 องศาฟาเรนไฮต์) มีส่วนประกอบเป็น การอยละ โดยน้ำหนัก คือ SiO_2 รอยละ 69.7 Al_2O_3 รอยละ 18.4 K_2O รอยละ 16.9 และมีน้ำหนักโมเลกุล 556

แหล่งโปแตสเฟลด์สปาร์ในประเทศไทย ทวี พรหมพฤษ (2523 : 73 - 75) ได้รวบรวมแหล่งโปแตสเฟลด์สปาร์ที่พบมากและใช้มากในวงการอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ใน ประเทศไทยไว้ดังนี้

1. โปแตสเฟลด์สปาร์กาญจนบุรี พบที่แหล่งท่าพลาคหญา อำเภอพลอย
2. โปแตสเฟลด์สปาร์ราชบุรี พบที่แหล่งบนยอดเขา ท่าพลสวนยิง อำเภอจอมบึง เป็นโปแตสเฟลด์สปาร์ที่มีความบริสุทธิ์สูง คุณภาพดี
3. โปแตสเฟลด์สปาร์เชียงใหม่ พบที่อำเภอฮอด เกิดปะปนอยู่กับหินแกรนิต หินควอทซ์ และแร่ไมกา
4. โปแตสเฟลด์สปาร์ชลบุรี พบที่เขาพระบาท เกิดปะปนอยู่กับหินแกรนิต หินควอทซ์ และแร่ไมกา เมื่อนำมาใช้นผสมน้ำเคลือบ หลังจากเผาแล้วเคลือบจะมีจุดดำ ๆ อันเกิดจากแร่ ไมกา จึงไม่นิยมใช้

นอกจากนี้กรมทรัพยากรธรณี (2526 : 235) ได้สรุปแหล่งโปแตสเฟลด์สปาร์ในประเทศไทยว่า พบที่ ราชบุรี เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน กาญจนบุรี อุทัยธานี และตาก

อลูมินา (Alumina)

อลูมินาเป็นวัตถุดิบที่ใช้มากในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ อลูมินาบริสุทธิ์จะได้จากคอร์ันดัม (Corundum) นอกจากนี้จะได้จากบอกไซต์ (Bauxite) ไคอะสปอร์ (Diaspor) ไกบไซต์ (Gibbsite) และการเผาอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ (Aluminium Hydroxide)

สูตรทางเคมีของอลูมินา คือ Al_2O_3 ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุล 102 (Nelson. 1960 : 305) อลูมินาจะมีจุดหลอมละลายประมาณ 2,050 องศาเซลเซียส (3,722 องศาฟาเรนไฮต์) อลูมินาเป็นสารทนความร้อน (Refractory) ไข่มากในอุตสาหกรรมวัตถุทนไฟ ปกติอลูมินาจะมีความแข็งในระดับ 8 สามารถนำไปใช้ทำวัสดุขัดถู (Abrasive) โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในรูปของก้อนแข็ง ซึ่งในธรรมชาติก้อนแข็งมีความแข็งแรงมาก อาจอยู่ในรูปของพลอย (Gem Stone) และพลอยเทียมมีออกไซด์อื่น ๆ ผสมอยู่เพียงเล็กน้อย การนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาจะบอกให้เป็นผงสีขาว ซึ่งมีจุดหลอมตัวสูงถึง 2,050 - 2,240 องศาเซลเซียส (3,722 - 4,064 องศาฟาเรนไฮต์) อลูมินาเป็นสารที่มีความเฉื่อย (Inert) และทนต่อปฏิกิริยาของกรดและด่าง อีกทั้งเป็นวัสดุที่มีความบริสุทธิ์สูงชนิดหนึ่งในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ โดยจะมีส่วนผสมอื่น ๆ บางเล็กน้อย เช่น โซเดียมออกไซด์ ร้อยละ 0.1 - 0.2 แคลเซียมออกไซด์ ร้อยละ 0.1 นอกจากนี้ยังมีเหล็กออกไซด์อยู่เพียงเล็กน้อย (โกลด รัชวงศ์. 2531 : 30)

รูธ (Rhodes. 1972 : 65) กล่าวว่า ในเคลือบมีอลูมินา (Al_2O_3) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ อลูมินาเป็นตัวแสดงให้เห็นความแตกต่างอย่างเด่นชัดระหว่างแก้วกับเคลือบ ในแก้วชนิดพิเศษจะใช้อลูมินาเพียงเล็กน้อยในส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตแก้ว ซึ่งแทบจะไม่มีผลสำคัญเลย เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณอลูมินาที่ใช้ค่อนข้างมากในการผลิตเคลือบที่สำคัญแทบทุกชนิด มีเคลือบผลิตภัณฑ์ที่ใช้อลูมินาเพียงเล็กน้อย เพราะวอลูมินามีคุณสมบัติเป็นตัวทำให้เคลือบมีความหนืดสูงขึ้น เป็นตัวลดหรือชะลอการเจริญของโครงสร้างผลึกใหญ่ ๆ ในทางตรงกันข้าม การใช้อลูมินาจำนวนมากในเคลือบจะส่งเสริมให้เกิดการเจริญของผลึกเล็ก ๆ จะได้เคลือบ ซึ่งแยกออกไปเป็นเคลือบด้าน (Mat Glazes) ในเคลือบที่เป็นมันแวววาว อลูมินาทำหน้าที่ควบคุมการไหลตัวของเคลือบเหลวให้เป็นไปอย่างคงที่และสม่ำเสมอที่อุณหภูมิสูงตัวของเคลือบ มิฉะนั้นเคลือบจะคลุมผิวผลิตภัณฑ์ไม่ทั่วถึง หรือบางครั้งก็จะไหลไปสู่วิเวณต่ำ ๆ หมด เคลือบเหลวที่ไหลตัวก็จะทำลายลวดลายที่ตกแต่งไว้ให้เคลือบให้เสียหาย

สุรศักดิ์ โกลิยพันธ์ (2531 : 11) กล่าวเพิ่มเติมว่า อลูมินายังมีผลต่อเคลือบ คือ เพิ่มความแข็งแรงทนทานให้เคลือบ และใช้แก้ปัญหาการร่อนของเคลือบ

สารที่ให้อลูมินา (Al_2O_3) เช่น (สุรศักดิ์ โกลิยพันธ์. 2531 : 11 - 12)

1. อลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ (Aluminium Hydrate) สูตรทางเคมี คือ $Al(OH)_3$ เมื่อนำมาเผา (Calcine) แล้วจะได้อลูมินา (Al_2O_3) สารประกอบทั้งสองรูปนี้มีความบริสุทธิ์สูง แต่นิยมใช้ในรูปของอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์มากกว่า เพราะมีคุณสมบัติทำให้เคลือบลอยตัวได้ดี และการเกาะติดกับผิวผลิตภัณฑ์ดีด้วย แต่อาจทำให้เกิดผิวเคลือบขุ่นหรือเป็นเคลือบคานไค

2. เฟลด์สปาร์ (Feldspar) มีรายละเอียดดังกล่าวไว้ข้างต้น

3. คิน (Clay) มีสูตรทางเคมี คือ $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ คินเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในน้ำเคลือบ เพราะช่วยทำให้น้ำเคลือบลอยตัวไม่ตกตะกอนง่าย ช่วยให้น้ำเคลือบเกาะติดกับผิวผลิตภัณฑ์ได้ดี ช่วยควบคุมการหดตัวของน้ำเคลือบบนผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่ได้เผา และเป็นตัวให้อลูมินา (Al_2O_3) และซิลิกา (SiO_2) แก่น้ำเคลือบตัวหนึ่ง คินที่นิยมใช้ ได้แก่ คินขาว

คินขาว (Kaolin)

คินเป็นวัตถุดิบในส่วนผสมของน้ำเคลือบที่สำคัญมาก เนื่องจากคินจะเป็นตัวช่วยให้วัตถุดิบอื่น ๆ ในน้ำเคลือบกระจายลอยตัวได้ดี ช่วยให้อลูมินาช่วยยึดเกาะกับผิวผลิตภัณฑ์ได้ดีขึ้นและเป็นตัวกลางที่ควบคุมการหดตัวของเคลือบที่คลุมผิวผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่ได้เผา คินที่เหมาะสม คือ คินขาว (Kaolin) เนื่องจากมีความบริสุทธิ์สูงกว่าคินชนิดอื่น ๆ มีผลต่อสีของเคลือบน้อย แต่อาจทำให้เกิดการยึดเกาะบนผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่ได้เผามากขึ้น บางครั้งเราอาจจำเป็นต้องใช้คินเหนียวในน้ำเคลือบ ซึ่งจะมีผลกระทบกระเทือนต่อสีของเคลือบอย่างแน่นอน (ปริทัศน์พินิจขาวชา. 2530 : 20 - 21)

ปริมาณของดินที่ใช้ในน้ำเคลือบ สำหรับขุบเคลือบผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการชุบน้ำใช้ประมาณ 0.05 โมเลกุล และไม่ควรใช้เกิน 0.15 โมเลกุล สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีการชุบน้ำได้ก็ในกรณีที่ทองใช้ดินมากกว่านี้ ควรนำดินไปเผาเสียก่อน

แหล่งดินขาวในประเทศไทย ทวี พรหมพฤษณ์ (2523 : 66 - 68) ได้รวบรวมแหล่งดินขาวที่สำคัญในประเทศไทยที่นิยมใช้กันในวงการอุตสาหกรรมเซรามิกส์พร้อมทั้งรายละเอียดต่าง ๆ ไว้ดังนี้

1. ดินขาวลำปาง จากการสำรวจพบว่า เป็นดินขาวที่เกิดจากการบดพัง สลายตัวของแร่เฟลคสปาร์ แต่การสลายตัวยังไม่สมบูรณ์ทำให้ปริมาณของหินแข็งปะปนอยู่มาก แต่เป็นดินขาวที่สามารถขึ้นรูปทรงได้โดยไม่ต้องผสมกับวัตถุดิบชนิดอื่น เป็นดินที่ได้จากเขาปางขาม อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง ซึ่งมีจุดสุกตัวที่อุณหภูมิ 1,690 องศาเซลเซียส (3,074 องศาฟาเรนไฮต์)

2. ดินขาวระนอง พบในบริเวณเหมืองหินปูน ตำบลหาคสมแป้น อำเภอเมือง จังหวัดระนอง เกิดจากการแปรสภาพของหินแกรนิต มาเป็นดินขาวปะปนอยู่กับหินควอตซ์ หินแกรนิตและแร่หินปูน มีผู้ผลิตดินขาวแหล่งนี้เป็นผลพลอยได้จากการทำเหมืองแร่หินปูน ในขณะนี้คนน้ำเพื่อแยกแร่ออกจากหินตามภูเขาดินขาวจะละลายออกมาที่หินปูนไหลตามน้ำมาค้วย จะตกอยู่ตามรางที่น้ำไหลผ่าน แล้วแยกดินขาวออกจากหินและทรายที่ติดมา โดยใช้เครื่องมือไฮโดรไซโคลอน (Hydrocyclone) ปลอยให้ดินจมตัวอยู่ในบ่อพัก แล้วสูบน้ำเข้าเครื่องอัดดินเป็นแผ่นใช้งานต่อไป ดินขาวชนิดนี้เป็นดินขาวชนิดที่เผาที่พบแห่งแรกในประเทศไทยมีอุณหภูมิสูงและมีปริมาณของเหล็กน้อย เหมาะสำหรับการผสมทำเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบได้ดี มีจุดสุกตัวที่อุณหภูมิ 1,780 องศาเซลเซียส (3,245 องศาฟาเรนไฮต์)

3. ดินขาวระยอง พบบริเวณเนินเขา ตำบลบ้านนา อำเภอแกลง จังหวัดระยอง ดินขาวแหล่งนี้มีปริมาณธาตุเหล็กน้อย แต่มีความเหนียวน้อย การนำมาขึ้นรูปทำได้ยากมักแตกเสียหายมาก

4. ดินขาวสุราษฎร์ เกิดในบริเวณเหมืองหินปูน ตำบลพรุฟรี อำเภอบ้านนาสาร ดินขาวแหล่งนี้มีโรงงานนำมาทำเครื่องปั้นดินเผา มีความเหนียวดี ขึ้นรูปง่าย แตกหักเสียหายน้อย แต่เนื่องจากมีปริมาณของธาตุเหล็กสูง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะไม่ขาวเท่าที่ควร จึงหมดความนิยมที่จะนำมาทำผลิตภัณฑ์ ใกล้เคียงจังหวัดราชบุรี ใช้ดินขาวจากแหล่งนี้มาตกแต่งลายมังกรและลวดลายต่าง ๆ อยู่ในปัจจุบัน

5. ดินขาวชลบุรี เป็นดินขาวจำพวกหินดินดาน (Shale) เกิดบนไหล่เขาริมชายทะเล ตำบลหาดยาว ตำบลหาดสอ และตำบลทุ่งโปรง อำเภอสัตหีบ เมื่อเผาแล้วเนื้อดินจะเป็นสีน้ำตาล ไม่ขาว และไม่มี ความเหนียวต้องนำไปผสมดินเหนียวจึงจะขึ้นรูปได้

นอกจากนี้กรมทรัพยากรธรณี (2526 : 213) ได้สรุปแหล่งดินขาวในประเทศไทยว่า พบที่ เชียงราย เชียงใหม่ ลำปาง แพร่ ตาก สุโขทัย อุตรดิตถ์ พิจิตร ชลบุรี ชุมพร ระนอง พังงา ภูเก็ต สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา ยะลา และนราธิวาส

ซิลิกา (Silica)

ซิลิกา เป็นสารประกอบระหว่าง ซิลิกอน กับ ออกซิเจน สารประกอบของซิลิกาจะรวมตัวกับวัตถุทาง ๆ มากมาย เช่น ดิน เฟลด์สปาร์ หินควอตซ์ เป็นต้น เมื่อนำซิลิกาเอาไปใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อดินนั้นจะทำให้เนื้อดินแข็งแรง ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างป้องกันการหดตัวของผลิตภัณฑ์ ป้องกันการบิดเบี้ยวของผลิตภัณฑ์ ซิลิกามีสูตรทางเคมี คือ SiO_2 ซึ่งจะมีทั้งในน้ำเคลือบและเนื้อดินนั้น และมีมากกว่าร้อยละ 50 ซิลิกาวีสุทธีจะมีจุดหลอม

ละลายที่จุด 1,710 องศาเซลเซียส (3,110 องศาฟาเรนไฮต์) โดยทั่ว ๆ ไปเมื่อใช้ผสมในเคลือบจะให้ผลดังนี้ (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2531 : 13)

1. เพิ่มจุดหลอมละลายของเคลือบให้สูงขึ้น
2. ลดการไหลตัว (Fluidity) ของเคลือบที่จุดหลอมละลาย
3. เพิ่มความคงทนต่อการกัดกร่อนของสารละลาย
4. ลดสมบัติการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน
5. เพิ่มความแข็งแรงให้แก่เคลือบ (Tensile Strength)
6. ทำปฏิกิริยาได้อย่างดีกับพวกด่าง (Bases) แล้วหลอมตัวกลายเป็นแก้ว

ตามปกติซิลิกาจะเป็นวัสดุที่แพงที่สุดในส่วนผสมของน้ำเคลือบ และส่วนผสมของเนื้อดินนั้น เนื่องจากว่าซิลิกาหรือออกไซด์ของซิลิกอนรวมตัวได้อย่างอิสระกับออกไซด์อื่น ๆ โดยเฉพาะออกไซด์ที่เป็นด่าง ซึ่งจะเกิดเป็นสารประกอบซิลิเกตที่ซับซ้อนและเป็นสารประกอบที่มีคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้ (ปริศา พิมพ์ขาวชา. 2530 : 21)

1. โดยทั่วไปสารประกอบเหล่านี้ผสมเป็นเนื้อเดียวกันทุกอุณหภูมิ
2. ที่อุณหภูมิธรรมดา สารประกอบเหล่านี้สามารถรักษาสภาพการเป็นแก้ว ซึ่งมีคุณสมบัติทางแสงและทางกลศาสตร์เหมาะสมที่จะใช้เป็นเคลือบได้
3. สารประกอบเหล่านี้สามารถที่จะผลิตขึ้นมาให้มีความต้านทานต่อการกัดกร่อนของกรดต่าง ๆ น้ำ สารละลายของด่างและกรดต่าง ๆ
4. การเพิ่มสารประกอบอื่น ๆ ที่เหมาะสมลงไปในสารประกอบซิลิเกต จะยังคงรักษาสภาพการเป็นแก้ว ซึ่งอาจมีคุณสมบัติแตกต่างออกไป เช่น ได้แก้วสีต่าง ๆ หรือได้แก้วทึบแสง เป็นต้น

นอกจากนี้ ปริศา พิมพ์ขาวชา (2530 : 21) ได้กล่าวเพิ่มเติมอีกว่า ของผสมที่มีเนื้อแก้วส่วนใหญ่จะมีปริมาณของซิลิกาเป็นองค์ประกอบมากกว่าร้อยละ 50 ของส่วนผสมวัสดุที่มีซึ่งขอบเขตจำกัดการใช้ซิลิกาในเคลือบปกติจะอยู่ระหว่าง 1 - 12 โมเลกุล ถ้าใช้ซิลิกาน้อย

เคลือบจะมีคุณสมบัติไม่คงทน เช่น ละลายน้ำได้ง่าย ถ้าใช้ซิลิกามากเกินไปเคลือบจะทนไฟมากขึ้น

ควอตซ์ (Quartz)

แร่ควอตซ์ หรือ หินเขี้ยวหนุมาน หรือหินแก้ว มีสูตรทางเคมี คือ SiO_2 พาร์เมลี (Parmelle. 1951 : 31) กล่าวว่า ควอตซ์เป็นผลึกที่มีความบริสุทธิ์มาก มี SiO_2 ถึงร้อยละ 99.7 - 99.8 โกมล รั้งวงศ์ (2530 : 25) เพิ่มเติมว่า ควอตซ์เกิดจากการตกผลึกของซิลิกาที่มีความถ่วงจำเพาะ 2.7 จุดหลอมละลายที่ 1,728 องศาเซลเซียส (3,142.4 องศาฟาเรนไฮต์) มีความแข็ง 7 โครงสร้างเป็นรูปผลึก 6 เหลี่ยม เป็นร่างแหสามมิติในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ จะใช้หินควอตซ์ผสมในเนื้อดินปั้นและในเคลือบ และยังนำไปใช้ในอุตสาหกรรมวัตถุทนไฟได้ เนื่องจากควอตซ์เป็นวัสดุที่มีความร้อนสูง ซึ่งการนำควอตซ์ไปผสมในเนื้อดินปั้นจะทำให้เนื้อดินแข็งแรง เป็นโครงสร้างป้องกันการหดตัวของผลิตภัณฑ์ป้องกันการบิดเบี้ยวของผลิตภัณฑ์ และยังเปลี่ยนสภาพเป็นแก้วได้ ทำให้เนื้อดินโปร่งแสงได้คือใช้ผสมในเคลือบจะทำให้เคลือบเป็นแก้วที่มีความแข็งและมีความมันเงาวาวมากขึ้น

แหล่งควอตซ์ในประเทศไทย กรมทรัพยากรธรณี (2526 : 231) ได้สำรวจแหล่งควอตซ์ที่เกิดจากการตกผลึกของซิลิกาที่มีความบริสุทธิ์มาก ที่พบในประเทศไทย ซึ่งพบอยู่หลายชนิด พบที่เป็นผลึกใส พบที่อำเภอเงิน จังหวัดลำปาง น่าน อุตรดิตถ์ นครสวรรค์ ระนอง พังงา ภูเก็ต นครศรีธรรมราช ควอตซ์สีม่วง พบที่ ลำปาง ตาก นครนายก ควอตซ์สีชมพู พบที่ จันทบุรี ราชบุรี ระนอง พังงา ภูเก็ต

ทวี พรหมพฤษณ์ (2523 : 72) กล่าวเพิ่มเติมว่า หินควอตซ์ ที่พบในประเทศไทย มีทั้งชนิดใส ชนิดขุ่นขี้ผึ้ง สีขาว สีชมพู แต่ที่พบที่จันทบุรีเป็นชนิดสีขาวและสีชมพู มีคุณภาพที่ดี มีเปอร์เซ็นต์ของซิลิกาถึงร้อยละ 98.7 ใช้ผสมเนื้อดินปั้นและนำเคลือบได้

วัตถุดิบที่เกี่ยวข้อง

1. โปแตสเซียมคาร์บอเนต (Potasium Carbonate) โปแตสเซียมคาร์บอเนต มีสูตรทางเคมี คือ K_2CO_3 มีคุณสมบัติหลอมเหลวได้ง่าย ละลายน้ำ เมื่อนำมาเผาที่อุณหภูมิสูงจะเปลี่ยนรูปเป็นโปแตสเซียมออกไซด์ (K_2O) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวช่วยหลอมละลาย คือ ผสมในเคลือบจะทำให้เคลือบเกิดความแวววาว (ปริศา พิมพ์ขาวฯ. 2530 : 11)

2. แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate) แคลเซียมคาร์บอเนต มีสูตรทางเคมี คือ $CaCO_3$ หรือที่เรียกว่า ไวติง (Whiting) ไวติง ก็คือ แคลเซียมคาร์บอเนตที่มีรูพรุนละเอียด และกำหนดขนาดของความละเอียดไวติงตะแกรง (Sieve) จึงมีชื่อเรียกต่าง ๆ กันตามขนาดของตะแกรงที่ใช้กรองจากหยาบจนถึงละเอียดดังต่อไปนี้ (สุรศักดิ์ โกสียพันธ์. 2531 : 8)

ถ้ากรองด้วยตะแกรงเบอร์ 60 - 70 เรียกว่า "Commercial Whiting"

ถ้ากรองด้วยตะแกรงเบอร์ 80 - 100 เรียกว่า "American Paris

Whiting"

ถ้ากรองด้วยตะแกรงเบอร์ 120 - 150 เรียกว่า "English Elffstone

Whiting"

ถ้ากรองด้วยตะแกรงเบอร์ 200 เรียกว่า "Special Pottery Whiting"

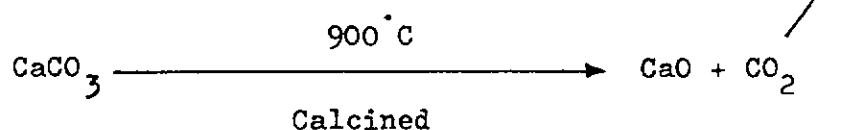
แคลเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิหลอมละลายในเคลือบไฟสูง ถ้าผสมในเนื้อดิน (Body) จะช่วยลดความพรุนตัวของเนื้อดินด้วย ถ้าผสมในเคลือบจะทำให้เคลือบมีความแข็งแรงยิ่งขึ้น

โกลม รัชวงศ์ (2531 : 47) กล่าวว่า แคลเซียมคาร์บอเนต เป็นวัตถุดิบที่ใช้กันมากในวงการอุตสาหกรรมเซรามิกส์ โดยเฉพาะใช้เป็นส่วนผสมของน้ำเคลือบ หินปูนเป็นส่วนประกอบของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ซึ่งมีส่วนประกอบทางเคมีดังนี้

CaO 56.03%

CO₂ 43.79%

แคลเซียมคาร์บอเนตในน้ำเต้าโมเลกุล 100.00 สามารถเผาได้คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ได้ในอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส (1,652 องศาฟาเรนไฮต์) ให้เปลี่ยนสภาพเป็นแคลเซียมออกไซด์ (CaO)



แคลเซียมคาร์บอเนตมีความทนจำเพาะประมาณ 2.7 มีความแข็งระหว่าง 2 - 3 การผสมในน้ำเคลือบจะทำให้เคลือบเพิ่มความแข็งแรงสูงขึ้น และหินปูนยังเป็นวัตถุดิบที่เป็นฟลักซ์ในน้ำเคลือบไฟสูง แต่หินปูนเป็นวัตถุดิบไฟชนิดหนึ่งซึ่งสามารถทนความร้อนได้สูง ถ้าหากไม่ไปผสมกับสารประเภทอื่น ๆ ที่มีคุณสมบัติเป็นกรดและเป็นกลาง

แหล่งแคลเซียมคาร์บอเนตในประเทศไทย กรมทรัพยากรธรณี (2526 : 131) สํารวจพบว่า ในประเทศไทยมีหินปูนอยู่ทั่วไปแทบทุกจังหวัดตั้งแต่เหนือจรดใต้ เช่น แม่ฮ่องสอน เพชรบูรณ์ สระบุรี กาญจนบุรี ชุมพร สุราษฎร์ธานี ยะลา เป็นต้น นอกจากนี้ ทวีพรหมพฤกษ์ (2523 : 75) กล่าวว่า แคลเซียมคาร์บอเนตมีมากที่ สระบุรี และราชบุรี ซึ่งใช้มากในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

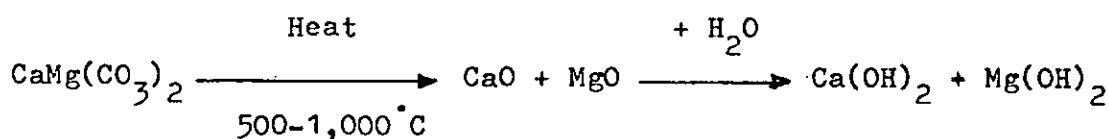
3. โคโลไมท์ (Dolomite) โคโลไมท์ สูตรทางเคมี คือ $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ โคโลไมท์ใช้ผสมในเคลือบเพื่อที่จะให้แคลเซียมและแมกนีเซียม ซึ่งก็ให้คุณสมบัติเหมือนกับแคลเซียมและแมกนีเซียมรวมกัน แตราคากว่า (สุรศักดิ์ โกสยพันธ์. 2531 : 8) นอกจากนี้ โจนส์ รัสซังส์ (2531 : 48) ก็กล่าวเพิ่มเติมว่า โคโลไมท์ เป็นสารประกอบของแมกนีเซียมคาร์บอเนต และแคลเซียมคาร์บอเนต ($\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$) มีความทนจำเพาะ

2.8 - 2.9 มีความแข็ง 3.5 - 4 ทนความร้อนได้ถึง 1,700 องศาเซลเซียส (3,092 องศาฟาเรนไฮต์) ใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินเป็น น้ำเคลือบ และวัตถุดิบไฟ ซึ่งมีส่วนประกอบเคมี ดังนี้

CaCO_3 44%

MgCO_3 56%

โคโลไมท์มีน้ำหนักโมเลกุล 184



โคโลไมท์

ตะกาน โคโลไมท์

(Dolomite)

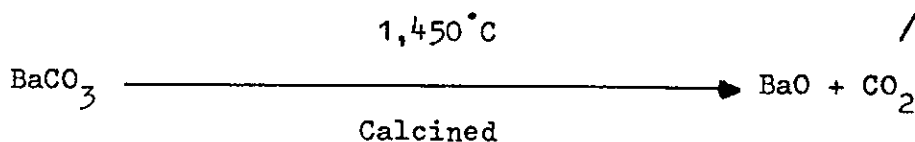
(Slaked Dolomite)

แหล่งโคโลไมท์ในประเทศไทย กรมทรัพยากรธรณี (2526 : 133) ได้สำรวจพบว่า แหล่งโคโลไมท์ในประเทศไทย ได้แก่ อำเภอท่าวุ้ง อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี และที่เขารักเกียรติ อำเภอรัตนภูมิ จังหวัดสงขลา

ทวี พรหมพฤษ (2523 : 76) กล่าวเพิ่มเติมว่า แหล่งที่อำเภอท่าวุ้ง จังหวัดกาญจนบุรี มีปริมาณมากและค่อนข้างบริสุทธิ์กว่าแหล่งอื่น

4. แบเรียมคาร์บอเนต (Barium Carbonate) แบเรียมคาร์บอเนต มีสูตรทางเคมี คือ BaCO_3 เป็นแร่ที่เกิดในธรรมชาติ โดยมากใช้ร่วมกับตัวช่วยหลอมละลาย เพราะว่ามีอุณหภูมิที่จะทำปฏิกิริยาข้ามมาก และมีคุณสมบัติเป็นวัตถุดิบไฟซึ่งจะทำให้ผิวเคลือบมัน (ถ้าใช้แบเรียมเป็นฟลักซ์ตัวเคียวโคก ๆ) แคตาไลซ์ผสมลงไปในเคลือบไฟสูงแบเรียมนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวช่วยหลอมละลาย (สุรศักดิ์ โกสยพันธ์. 2531 : 7)

โกลด์ รัชวงศ์ (2531 : 70) กล่าวว่า แบเรียมคาร์บอเนต มีสารประกอบของ BaO 77.70% CO_2 22.30% เมื่อผ่านการเผาแล้วจะเหลือ BaO และ CO_2



แบเรียมคาร์บอเนตน้ำหนักโมเลกุล 197.37 มีความถ่วงจำเพาะ 4.43 สามารถเปลี่ยนสภาพจาก BaCO_3 ไปเป็น BaO ในอุณหภูมิ 982 องศาเซลเซียส (1,800 องศาฟาเรนไฮต์) มีจุดหลอมละลาย (BaO) 1,923 องศาเซลเซียส (3,490 องศาฟาเรนไฮต์) เป็นวัตถุดิบที่สามารถละลายน้ำได้ในอุณหภูมิ 18 - 20 องศาเซลเซียส 0.002 g/100ml และในอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส (212 องศาฟาเรนไฮต์) 0.006 g/100ml ถ้าหากใช้ผสมในน้ำเคลือบจะเป็นฟลักซ์ที่ดี ถ้าหากใช้ประมาณ 0.1 โมเลกุล จะทำให้เคลือบตัวนั้นสามารถทนไฟได้ ถ้าหากใช้ในอัตราส่วนเปอร์เซ็นต์ต่ำผสมในเนื้อดินปั้น จะทำให้โปร่งแสงดีขึ้นได้ เพิ่มความแข็งแรงได้

5. สังกะสีออกไซด์ (Zinc Oxide) สังกะสีออกไซด์ มีสูตรทางเคมี คือ ZnO เป็นออกไซด์ของสังกะสี เมื่อผสมลงในเคลือบจะทำให้เคลือบเป็นเงาดีขึ้น ถ้าใช้ในปริมาณน้อย ๆ จะทำหน้าที่เป็นตัวช่วยลดยุทหลอมละลาย แต่ถ้าใช้ในปริมาณมากจะทำหน้าที่เป็นตัวทนไฟและทำให้เกิดขี้ในเคลือบ (Opacify) โดยมากใช้ในเคลือบบริสทอล (Bristol Glazes) โดยใช้แทนที่แคลเซียมออกไซด์ (CaO) ด้วยสังกะสีออกไซด์ (ZnO) ซึ่งจะช่วยให้จุดสุกตัวของเคลือบต่ำลง การผสมสังกะสีออกไซด์เล็กน้อยในเคลือบยังมีผลให้การไหลตัวของเคลือบดีขึ้น ซึ่งทำให้ผิวเคลือบเรียบ แต่ถ้าใช้ในปริมาณมากและเผาที่อุณหภูมิสูงพอ จะเกิดการตกผลึก ซึ่งนิยมใช้ในการทำเคลือบผลึก (Crystalline Glazes) จะโค่นลึกลงที่สวยงาม มีลักษณะคล้ายพัด (Fan-Shape) ถ้าผสมในเคลือบสีจะทำให้สีสดขึ้น (สุรศักดิ์ โกลิยพันธ์. 2531 : 7)

โกลด์ รัชวงศ์ (2531 : 75 - 76) กล่าวว่า สารประกอบของสังกะสี ได้แก่ Zinc Sphalerite (ZnS), Zinc Borate ($\text{ZnO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3$), Zinc Oxide (ZnO), Zinc Orthophosphate ($3\text{ZnO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$) สังกะสีออกไซด์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา จะมีความละเอียด 0.21 ถึง 0.26 และ 0.12 ถึง 0.18 สังกะสีบริสุทธิ์ (Zn) จะต้องผ่านการเผา (Calcined) ในอุณหภูมิ โคน 4 - 5 (1,165 องศาเซลเซียส หรือ 2,129 องศาฟาเรนไฮต์) จะมีสารประกอบของตะกั่วอยู่ร้อยละ 0.2 - 0.5 ถ้าให้บริสุทธิ์จริง ๆ จะต้องเผาให้อุณหภูมิสูงถึง 1,300 องศาเซลเซียส (2,370 องศาฟาเรนไฮต์) สังกะสีมีน้ำหนักโมเลกุล 81.38 มีความถ่วงจำเพาะ 5.5 มีจุดหลอมละลาย 1,975 องศาเซลเซียส (3,587 องศาฟาเรนไฮต์) สามารถละลายน้ำได้ในอุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส (84 องศาฟาเรนไฮต์) ได้ 0.00016 g/100 ml

คุณสมบัติของสังกะสีเมื่อใช้ผสมในน้ำเคลือบมีหลายประการ ดังนี้ (โกลด์ รัชวงศ์. 2531 : 76)

1. เมื่อนำไปผสมในเคลือบไฟสูงโดยใช้ปริมาณน้อย ๆ จะทำให้เคลือบเกิดความมันแวววาวสูงขึ้น
2. เป็นวัตถุดิบทำให้เคลือบเกิดทึบ (Opaque) และทำให้เคลือบเกิดสีขาวได้
3. จะเป็นวัตถุดิบที่ทำปฏิกิริยากับโครมออกไซด์ (Cr_2O_3) สามารถเปลี่ยนสีเขียวของโครมออกไซด์ให้เป็นสีน้ำตาลได้
4. สังกะสีเป็นวัตถุดิบที่ทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วกับสารประกอบของตะกั่ว ช่วยให้เกิดการหลอมละลายได้รวดเร็วขึ้น
5. สังกะสีเป็นวัตถุดิบที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงเมื่อใช้ผสมในเคลือบปริมาณมาก ๆ จะทำให้เคลือบแตกลึกลง ผลึกที่เกิดขึ้นที่ผิวเคลือบจะเป็นลักษณะรูปหก นอกจากนี้ในการแตกลึกลงของสังกะสีจะตกในเมื่ออุณหภูมิลดลงหลังจากการเผาให้เคลือบหลอมละลาย ดังนั้นการเผาให้เกิดผลึกก็จะต้องเผาแบบเย็นไฟ (Soaking Time)

การคำนวณเคลือบ

การกำหนดสูตรเคลือบนั้นนิยามกำหนดในรูปของสูตรพื้นฐาน ซึ่งไม่สามารถนำไปเตรียมเป็นเคลือบได้ เนื่องจากบอกลักษณะเป็นจำนวนโมเลกุลของออกไซด์ จึงจำเป็นต้องเปลี่ยนเป็นการร้อยละของวัตถุดิบที่ใช้จริงในทางปฏิบัติเสียก่อนควยการคำนวณ และการคำนวณเคลือบนี้จำเป็นต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับสูตรพื้นฐานและวิธีการคำนวณเป็นอย่างดี

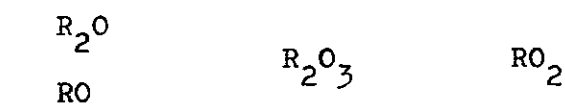
สูตรพื้นฐาน (Empirical Formula) สูตรพื้นฐานนี้จะบอกจำนวนโมเลกุลของออกไซด์ต่าง ๆ ที่ใช้เป็นส่วนผสมเพื่อเปิดโอกาสให้ผู้สามารถใช้สามารถหาวัตถุดิบมาใช้ได้อย่างอิสระหรือเท่าที่มียู่ เพียงแต่ว่าวัตถุดิบนั้นมีสารประกอบทางเคมีครบก็ใช้ได้ และการเขียนสูตรแบบพื้นฐานจะเขียนเป็น 3 กลุ่ม ตามคุณสมบัติทางเคมี คือ (สรีรศักดิ์ โกสียพันธ์. 2531 : 51)

กลุ่มแรก จะเป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง (RO , R_2O Group) จำนวนโมเลกุลของสารในกลุ่มนี้เมื่อรวมกันแล้วจะมีค่าเท่ากับ 1.00 เสมอ เพื่อสะดวกในการเทียบอัตราส่วน

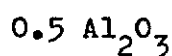
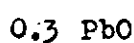
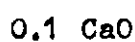
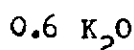
กลุ่มกลาง จะเป็นสารพวกที่มีคุณสมบัติเป็นกลาง (R_2O_3 Group)

กลุ่มหลัง จะเป็นสารพวกที่มีคุณสมบัติเป็นกรด (RO_2 Group)

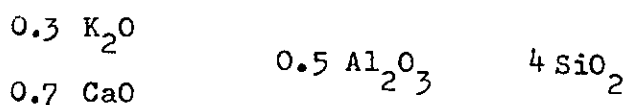
ปรีก้า พิมพ์ขาวชา (2530 : 36) ได้แสดงรูปแบบการเขียนสูตรแบบพื้นฐานและตัวอย่างไว้ดังนี้



ตัวอย่างคือ



วิธีคำนวณเคลือบ บุคินิโกฟว์ (Budnikov. 1964 : 467) ได้แสดงการคำนวณเคลือบจากตัวอย่างสูตรพื้นฐานที่กำหนดไว้ดังนี้ คือ



วิธีการคำนวณมีดังนี้

1. แทนค่าจำนวนโมเลกุลของออกไซด์ที่กำหนดไว้ด้วยจำนวนโมเลกุลของวัตถุดิบที่ใช้จริงดังนี้ คือ

0.3 K_2O แทนด้วย 0.3 โมเลกุลของโปแตสเฟลด์สปาร์ จะได้ 0.3 K_2O
 0.3 Al_2O_3 และ 1.8 SiO_2 0.7 CaO แทนด้วยแคลเซียมคาร์บอเนต 0.7 โมเลกุล
 0.5 Al_2O_3 ขณะต้องการอีกเพียง 0.2 โมเลกุล แทนด้วยกินชาวจะได้ 0.2 Al_2O_3 และ
 0.4 SiO_2 4.0 SiO_2 ขณะต้องการอีก 1.8 โมเลกุล แทนด้วยควอทซ์

2. หาคารอยละของวัตถุดิบ โดยนำน้ำหนักโมเลกุลของวัตถุดิบแต่ละอย่างมาคูณจำนวนโมเลกุลที่ได้ แล้วนำมาหารอยละของวัตถุดิบคือไป ดังตาราง

ตาราง 3 แสดงการคำนวณเคลือบให้อยู่ในรูปคารอยละของวัตถุดิบ

จำนวนโมเลกุล	วัตถุดิบ	น้ำหนัก โมเลกุล	น้ำหนัก ส่วนผสม	คารอยละ
0.3 K_2O 0.3 Al_2O_3 1.8 SiO_2	โปแตสเฟลด์สปาร์	557	167.1	42.1
0.7 CaCO_3	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	70	17.6
0.2 Al_2O_3 0.4 SiO_2	กินชาว	258	51.8	13.1
1.8 SiO_2	ควอทซ์	60	108.0	27.2
รวม			396.9	100

การเตรียมน้ำเคลื่อน

หลังจากกำหนดคุณสมบัติของเคลื่อนที่ต้องการเป็นคารอยละแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การนำส่วนผสมนั้นมาผลิตให้เป็นน้ำเคลื่อน ซึ่งจะคำนึงถึงความสะอาดและมีความระมัดระวังในการใช้วัตถุดิบและเครื่องมือต่าง ๆ ให้เหมาะสม เพื่อจะได้เคลื่อนที่ถูกท้องที่สุดและประหยัดเวลาแรงงาน วัสดุต่าง ๆ (ปริศนา พิมพ์ขาวซ่า. 2530 : 56) ซึ่งสิ่งที่ต้องคำนึงถึงเหล่านี้ ได้แก่

1. วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการเตรียมน้ำเคลื่อน
2. ขั้นตอนในการเตรียมน้ำเคลื่อน
3. ภาวะของผลิตภัณฑ์ที่นำไปเคลื่อน
4. วิธีการชุปเคลื่อน
5. ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเคลื่อน

วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการเตรียมน้ำเคลื่อนในห้องปฏิบัติการ วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นในการเตรียมน้ำเคลื่อนในห้องปฏิบัติการ ในแต่ละชั้น ได้แก่ (สุรศักดิ์ โกสสินพันธ์. 2531 : 67)

1. วัตถุดิบในส่วนผสม เช่น เฟลคสปาร์ ควอทซ์ ฯลฯ
2. เครื่องชั่ง
3. เครื่องบด เช่น โกรงบด หมอบด
4. เครื่องกรอง

วัตถุดิบ หมายถึง วัตถุดิบที่ใช้ในการผสมทำน้ำเคลื่อน ส่วนมากจะถูกเตรียมอยู่ในลักษณะผงละเอียด ซึ่งสะดวกในการใช้งาน

เครื่องชั่ง ควรเป็นชนิดที่มีความไวสูง เพราะการชั่งส่วนผสมของน้ำเคลื่อนต้องการความละเอียดมาก โดยเฉพาะการทำน้ำเคลื่อนจำนวนน้อย ๆ ถ้าเราใช้เครื่องชั่งของหนัก ๆ มาชั่งส่วนผสมน้ำเคลื่อนก็จะทำให้เกิดการผิดพลาดได้ง่าย เครื่องชั่งที่เหมาะสมควรเป็นชนิดจานหรือเครื่องชั่งไฟฟ้า

เครื่องบด โดยทั่วไปแล้วเครื่องบดแบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ

1. โกรงบด (Apothe Cory's Mortar) เป็นเครื่องมือซึ่งค่อนข้างหาได้ง่าย และราคาไม่แพงนัก ใช้กำลังคนในการบด ทำด้วยเนื้อพอร์สเลนแข็งแรงแรงมาก มีขนาดปากกว้าง 6", 10" และ 12" ภายนอกเคลือบด้วยสีขาวทึบ ส่วนภายในไม่เคลือบเพื่อต้องการให้มีผิวหยาบช่วยในการบดได้

2. หม้อบด (Ball Mill) มีหลายขนาด เช่น ขนาดบรรจุ $\frac{1}{2}$ กิโลกรัม 5 กิโลกรัม 50 กิโลกรัม 100 กิโลกรัม เป็นต้น

2.1 หม้อบดขนาดเล็ก (Jar Mill) คือ หม้อบดที่มีขนาดบรรจุตั้งแต่ 5 กิโลกรัมลงมา ทำจากเนื้อพอร์สเลนหนาประมาณ 1 - $1\frac{1}{2}$ นิ้ว เคลือบภายนอก ส่วนภายในไม่เคลือบ ปัจจุบันหม้อบดขนาดเล็กสามารถตั้งเวลาบดได้ นับว่าสะดวกดีมากเหมาะกับการทดลองทำน้ำเคลือบ

2.2 หม้อบดขนาดใหญ่ (Ball Mill) เป็นหม้อบดที่มีขนาดความจุตั้งแต่ 50 กิโลกรัมขึ้นไป ภายนอกหม้อด้วยแผ่นเหล็ก ส่วนภายในบุด้วยวัสดุที่ทนต่อแรงกระแทกและแรงเสียดสีได้สูง เช่น Rubber, Silex, Porcelain, Steatite และ High Density Porcelain

สุรศักดิ์ โกสิยพันธุ์ (2531 : 68) กล่าวว่า ทั้งหม้อบดขนาดเล็กและขนาดใหญ่หมุนโดยกำลังไฟฟ้า ด้วยความเร็วประมาณ 30 รอบต่อนาที ภายในบรรจุด้วยลูกบด (Balls) ขนาดต่าง ๆ วัสดุที่นิยมใช้ทำลูกบด ได้แก่ ก้อนกรวด (Flint Pebbles) และก้อนพอร์สเลน (Porcelain Balls) ก้อนกรวดนิยมใช้ทั่วไปเพราะราคาถูก และมีความแข็งแรงพอสมควร แต่ประสิทธิภาพในการบดไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากมีรูปทรงและขนาดไม่แน่นอน ส่วนลูกบดพอร์สเลนนั้นราคาค่อนข้างแพง แต่ประสิทธิภาพในการบดจะสูงกว่าชนิดก้อนกรวด เนื่องจากลูกบดพอร์สเลนมีขนาดและรูปทรงที่แน่นอนกว่า

นอกจากนี้ ปรีชา พิมพ์ขาวชา (2530 : 60) ยังกล่าวถึงลูกบดไว้ว่า ขนาดของลูกบดที่ใหญ่ที่สุดนั้นควรมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 นิ้ว ส่วนลูกบดที่ใหญ่กว่านี้จะมีประโยชน์

ก็ต่อเมื่อใช้วัตถุที่มีความเหนียวมากและขนาดค่อนข้างใหญ่ ซึ่งลักษณะนี้ควรมีหลาย ๆ ขนาดแตกต่างกันไป จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการบดให้ดียิ่งขึ้น

สำหรับระยะเวลาที่ใช้ในการบดนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของหม้อบด ขนาดและปริมาณของ วัตถุดิบ ปริมาณของวัตถุที่ต้องการบด เส้นผ่าศูนย์กลางและอัตราความเร็วของการบด (ปริศนา พิมพ์ขาวชา. 2530 : 62) รวมทั้งขนาด ความแข็ง และความเหนียวของวัตถุที่ต้องการ บดนั้น ๆ ด้วย

เครื่องกรอง โกลด์ รัทวังก์ (2531 : 52) กล่าวว่า เครื่องกรองใช้ตะแกรง รอน (Sieve) ทำด้วยทองเหลือง หรือสแตนเลส และรูคัส (Rhodes. 1972 : 143) กล่าวว่า ขนาดที่ใช้ในการกรองน้ำเค็ม คือ ตะแกรงเบอร์ประมาณ 100 เมช (Mesh)

ขั้นตอนการเตรียมน้ำเค็ม การเตรียมน้ำเค็ม หมายถึง การนำวัตถุต่าง ๆ มาผสมให้เข้ากันกับน้ำ ซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนในการเตรียมเป็นขั้น ๆ ดังนี้ (สุรศักดิ์ โกลิยพันธ์. 2531 : 69)

1. การซึ่งส่วนผสม จะต้องให้ถูกต้องแน่นอนตรงตามสูตร
2. การผสม ถ้าเตรียมน้ำเค็มน้อย ๆ เพื่อทำการทดลอง ใช้โถทรงกลมก็เพียงพอ แต่ถ้าต้องการเตรียมจำนวนมากและให้ใกล้เคียงน้ำเค็ม ควรจะชั่งน้ำหนักมากกว่า ส่วนจะค นานเท่าใดก็ขึ้นอยู่กับส่วนผสมหรือชนิดของน้ำเค็ม น้ำเค็มบางชนิดถ้าค นานเกินไปอาจมีผล ทำให้เค็มเปลี่ยนแปลง แต่เค็มบางชนิดต้องการเวลาค นานพอสมควร ซึ่งอาจจะถึง 12-15 ชั่วโมง เช่น เค็มที่ใช้วิธีเค็มโดยการพ่น ส่วนมากเป็นเค็มไฟสูงหรือเค็ม เฟลด์สปาร์ และการบดน้ำเค็มไม่ควรใช้น้ำเกินร้อยละ 85 ของน้ำหนักส่วนผสม โดยทั่วไป จะใช้น้ำประมาณร้อยละ 30 - 40

ก็ต่อเมื่อใช้วัตถุที่มีความเหนียวมากและขนาดค่อนข้างใหญ่ ซึ่งลักษณะนี้ควรมีหลาย ๆ ขนาดแตกต่างกันไป จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการบดให้ดียิ่งขึ้น

สำหรับระยะเวลาที่ใช้ในการบดนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของหม้อบด ขนาดและปริมาณของ วัตถุดิบ ปริมาณของวัตถุที่ต้องบด เส้นผ่าศูนย์กลางและอัตราความเร็วของการบด (ปริศนา พิมพ์ขาวขำ. 2530 : 62) รวมทั้งขนาด ความแข็ง และความเหนียวของวัตถุที่ต้องบดนั้น ๆ ด้วย

เครื่องกรอง โกลด์ รักษวงศ์ (2531 : 52) กล่าวว่า เครื่องกรองใช้ตะแกรง รอน (Sieve) ทำด้วยทองเหลือง หรือสแตนเลส และรูคัส (Rhodes. 1972 : 143) กล่าวว่า ขนาดที่ใช้ในการกรองน้ำเค็ม คือ ตะแกรงเบอร์ประมาณ 100 เมช (Mesh)

ขั้นตอนการเตรียมน้ำเค็ม การเตรียมน้ำเค็ม หมายถึง การนำวัตถุต่าง ๆ มาผสมให้เข้ากันกับน้ำ ซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนในการเตรียมเป็นขั้น ๆ ดังนี้ (สุรศักดิ์ โกสยพันธ์. 2531 : 69)

1. การชั่งส่วนผสม จะต้องให้ถูกต้องแน่นอนตรงตามสูตร
2. การผสม ถ้าเตรียมน้ำเค็มน้อย ๆ เพื่อทำการทดลอง ใช้โถผสมก็เพียงพอ แต่หากต้องการเตรียมจำนวนมากและให้ได้สม่ำเสมอ ควรจะยกความหนักมากกว่า ส่วนจะคนนานเท่าใดก็ขึ้นอยู่กับส่วนผสมหรือชนิดของน้ำเค็ม น้ำเค็มบางชนิดถ้าคนนานเกินไปอาจมีผลทำให้เค็มเปลี่ยนแปลง แต่เค็มบางชนิดต้องการเวลาคนนานพอสมควร ซึ่งอาจจะถึง 12-15 ชั่วโมง เช่น เค็มที่ใช้วิธีเค็มโดยการพ่น ส่วนมากเป็นเค็มไฟสูงหรือเค็มเฟลด์สปาร์ และการบดน้ำเค็มไม่ควรใช้น้ำเกินร้อยละ 85 ของน้ำหนักส่วนผสม โดยทั่วไปจะใช้น้ำประมาณร้อยละ 30 - 40

3. การกรอง นำเคลือบเมื่อนานการบดผสมเรียบร้อยแล้วจะต้องผ่านการกรองด้วยตะแกรง (Sieve) เพื่อให้ได้ความละเอียดความของการ

สภาวะของผลิตภัณฑ์ที่นำไปเคลือบ สภาวะของผลิตภัณฑ์ที่จะนำไปเคลือบ มี 2 สภาวะ คือ (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2531 : 70)

1. ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในสภาพที่อยู่ในดินดิบ (Greenware) การเคลือบผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในสภาพดินดิบนี้ ต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ เพราะผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะเปราะหักง่าย โดยเฉพาะการใช้วิธีชุบเคลือบแบบจุ่ม ส่วนใหญ่ใช้ในโรงงานเซรามิกส์ขนาดใหญ่ เพราะประหยัดเชื้อเพลิงและแรงงานมาก ส่วนใหญ่มักเคลือบด้วยวิธีพ่น (Spraying)

2. ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในสภาวะเผาดิบ (Biscuitware) ซึ่งนิยมเผาที่ประมาณ 800 - 900 องศาเซลเซียส (1,472 - 1,652 องศาฟาเรนไฮต์) และถ้าเผาที่อุณหภูมิสูงเกินไปจะมีผลให้เคลือบไม่คอยติด เพราะเนื้อดินมีความพรุนตัวน้อยเกินไป ถ้าเผาต่ำเกินไปจะมีผลทำให้เกิดตำหนิในเคลือบได้ เนื่องจากมีความพรุนตัวมากทำให้ดูน้ำเคลือบเข้าไปมากเกิน อาจทำให้เคลือบขรุขระหรือแตกได้ ผลิตภัณฑ์ในสภาวะนี้สะดวกในการเคลื่อนย้ายจึงเหมาะที่จะใช้ตามสถานศึกษา และยังเป็นที่ยินยอมตามโรงงานเซรามิกส์ทั่วไป

สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ (2531 : 70) กล่าวว่า "ผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะนำไปเคลือบต้องผ่านการซักฝุ่นละอองออกให้หมดเสียก่อน เพราะถ้าหากมีผิวผลิตภัณฑ์มีฝุ่นละอองเกาะติดอยู่จะเป็นเหตุให้เคลือบส่วนนั้นหลุดจากผลิตภัณฑ์ทำให้ผิวเคลือบมีตำหนิได้ การทำความสะอาดผิวผลิตภัณฑ์อาจใช้พองน้ำที่จุ่มน้ำหมัก ๆ แล้วเช็ดหรือใช้ลมเป่าก็ได้"

วิธีการชุบเคลือบ โดยทั่วไปการชุบเคลือบมีอยู่ด้วยกัน 4 วิธี ได้แก่ การพ่นเคลือบ (Spraying) การเทราด (Pouring) การทากว้างหรือทากั้น (Painting) และการจุ่ม (Dipping) โดยเฉพาะการชุบเคลือบด้วยการจุ่ม ทำได้รวดเร็วและง่ายกว่าวิธีอื่น รวมทั้งความหนาของเคลือบจะสม่ำเสมอกว่าวิธีอื่น เหมาะกับผลิตภัณฑ์ขนาดเล็ก น้ำหนักเบา

เป็นวิธีที่ประหยัดและนิยมใช้กันมาก (Rhodes. 1972 : 133 - 134)

ปริกา พิมพ์ขาวชา (2530 : 70) กล่าวถึง การชุปเคลือบด้วยวิธีการจุ่มไว้ว่า ความสำเร็จของการชุปเคลือบด้วยวิธีนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพ การตัดสินใจ และการกะระยะเวลา เพราะว่าจะต้องปรับปรุงสภาพที่เหมาะสมของน้ำเคลือบ กับสภาพของผลิตภัณฑ์ให้เข้ากันได้อย่างดี คือ ผลิตภัณฑ์อาจมีสภาพหลายอย่าง เช่น ยังไม่เคยผ่านการเผา ผลิตภัณฑ์ที่คุมน้ำได้ดี หรือผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อเนียน รูปร่างและขนาดของผลิตภัณฑ์และเวลาในการจุ่มผลิตภัณฑ์ที่คุมน้ำได้ดี แต่ความหนาของผลิตภัณฑ์นั้นจะวัดได้โดยการทดลอง และสรุปการทดลองในหลาย ๆ กรณี ผลการทดลองที่ควรสรุปเพื่อนำไปใช้ก็คือ ความหนาแน่นและสภาพที่เหมาะสมของน้ำเคลือบที่ใช้ การชุปเคลือบด้วยวิธีนี้จะต้องควบคุมส่วนผสมน้ำเคลือบอยู่เสมอ พร้อมกับการทดลองความหนาแน่นของน้ำเคลือบ ระหว่างการชุปเคลือบเป็นครั้งคราว

ความถ่วงจำเพาะของน้ำเคลือบ ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเคลือบจะเป็นตัวบ่งบอกความหนาแน่นของน้ำเคลือบ ผลิตภัณฑ์ที่คุมน้ำได้ดีจะมีความพรุนตัวสูง เมื่อจุ่มผลิตภัณฑ์ลงในน้ำเคลือบ น้ำจะถูกคุมน้ำเข้าเนื้อผลิตภัณฑ์ และสะสมเนื้อผสมของเคลือบที่ไวบนผิวผลิตภัณฑ์ เพราะฉะนั้นความหนาแน่นของน้ำเคลือบควรจะมีค่าต่ำ คือ มีค่าความถ่วงจำเพาะ 1.40 และมีการไหลตัวดี การนำผลิตภัณฑ์ดิบ (Green Ware) มาทำการชุปเคลือบที่มีความหนาแน่นสูง เคลือบไม่ควรมีความเหนียวมากเกินไป และควรมีการกระจายลอยตัวดี ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อเนียน เนื้อผลิตภัณฑ์จะไม่มีการคุมน้ำ การยึดเกาะระหว่างเคลือบกับผลิตภัณฑ์ของอาศัยความเหนียว น้ำเคลือบที่คุมน้ำได้ดี คือ ต้องมีความถ่วงจำเพาะสูง เช่น น้ำเคลือบที่ใช้ชุบผลิตภัณฑ์เครื่องสุญญากาศควรมีความถ่วงจำเพาะ 1.53 และถาดยาลูกเต๋าคือใช้ความถ่วงจำเพาะ 1.74

ทั้งนี้ พาร์เมลี (Parmelee. 1951 : 65) ได้สรุปว่า ความถ่วงจำเพาะสามารถวัดได้ด้วยไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer) ซึ่งค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเคลือบขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ที่นำมาชุปเคลือบ ได้แก่

Forsoft burned biscuit and raw body 1.43 - 1.47

Forsoft burned biscuit and raw body	1.43 - 1.47
Medium hard biscuit	1.5 - 1.6
Hard biscuit	1.6 - 1.7
Medium soft biscuit	1.46- 1.5

การเผาเคลือบ (Glost Firing)

การเผาเคลือบ หมายถึง การเผาให้นำเคลือบที่ขุบนผลิตภัณฑ์ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน มีความมันวาว บางชนิดเป็นเคลือบด้าน ผิวเรียบมีความแข็ง สามารถต้านทานต่อการกระแทกและทางไคเป็นอย่างดี (ทวี พรหมพฤษ. 2523 : 155)

ปรีดา พิมพ์ขาวชา (2532 : 287) กล่าวถึง การเกิดปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในแต่ละขั้นของการเผาเคลือบไว้ดังนี้

1. ระยะการอบแห้ง ผลิตภัณฑ์เมื่อขุบเคลือบ ส่วนผสมของเคลือบจะเกาะบนผิวผลิตภัณฑ์เป็นชั้นบาง ๆ ส่วนผสมของเคลือบอาจประกอบด้วย ฟrit หินแก้ว แคลเซียม คาร์บอเนต ตะกั่วคาร์บอเนต เฟลด์สปาร์ และน้ำ บางกรณีอาจจะมีสารอินทรีย์ที่ช่วยให้เกิดความเหนียว เมื่อเริ่มเผาความชื้นจะถูกขับออกไป ความหนาของชั้นเคลือบจะลดลงพร้อมกับการหดตัว ถ้าเคลือบมีการเตรียมก็จะมี การหดตัวน้อยมาก ถ้าชั้นของเคลือบมีคุณสมบัติยึดหยุ่นทั่วทั้งเคลือบจะไม่แตกกระเทาะเนื่องจากความเครียด

2. การออกซิเดชันพวกสารอินทรีย์ ระหว่างอุณหภูมิ 500 - 600 องศาเซลเซียส (932 - 1,112 องศาฟาเรนไฮต์) อินทรีย์สารจำนวนหนึ่งจะถูกออกซิไดส์ จะทำให้ชั้นของเคลือบพูนตัวมากขึ้น ร้อยละ 30 - 50

3. การขจัดกลุ่มไฮดรอกไซด์ (OH) ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส (932 องศาฟาเรนไฮต์) กลุ่ม OH ในโครงสร้างของดินจะถูกขับออกไป ซึ่งจะทำให้ชั้นของเคลือบพูนตัวมากขึ้น

4. จุดเริ่มต้นการเกิดแก้ว ที่อุณหภูมิประมาณ 700 องศาเซลเซียส (1,292 องศาฟาเรนไฮต์) ในเคลือบที่มีฟritจะเริ่มเย็นตัวและละลายส่วนผสมอื่น ๆ ในเคลือบชนิดอื่น ๆ จุดเริ่มต้นของการเกิดแก้วจะเกิดที่อุณหภูมิสูงกว่า แต่ในทุกกรณีจะมีแก้วเกิดขึ้นที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส (2,012 องศาฟาเรนไฮต์)

5. การละลายตัวของวัตถุดิบที่ใช้ในส่วนผสมของเคลือบ เมื่อเริ่มเกิดแก้วแล้วในขณะ ที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น เนื่องจากวัตถุดิบอื่น ๆ ละลายลงในเนื้อแก้ว มีแต่หินแก้วเท่านั้นที่ยังทนอยู่ได้ และสามารถทนอยู่ได้จนเกือบถึงจุดสุกตัวของเคลือบ การละลายของหินแก้ว ทำให้มีความหนืดสูงขึ้น ซึ่งจะช่วยให้เคลือบไหลทั่วได้ดียิ่งขึ้น

6. การกำจัดฟองอากาศต่าง ๆ ชั้นแรกของส่วนผสมของเคลือบขณะอบเคลือบใหม่ ๆ จะมีฟองรูพรุนอยู่ 40 - 50 ซึ่งจะมีอากาศอยู่เต็ม ขณะบางส่วนของเคลือบหลอมตัว ฟองอากาศบางส่วนจะหนีออกไปได้ แต่ส่วนใหญ่จะถูกกักอยู่ในเนื้อเคลือบ นอกจากนี้ยังมีฟองอากาศบางส่วนที่เกิดจากการสลายตัวของพวกคาร์บอนेट ในวัตถุดิบที่ใช้ทำส่วนผสมของเคลือบมีจุดสุกตัวของเคลือบ ความเหนียวของเคลือบจะลดลง ฟองอากาศส่วนใหญ่จะลอยตัวขึ้นมาที่ผิวเคลือบ และหนีออกไป

7. ปฏิกริยาระหว่างเนื้อเคลือบกับเนื้อผลิตภัณฑ์ เนื้อเคลือบจะละลายเนื้อผลิตภัณฑ์ทั้งบริเวณที่สัมผัสกัน แต่การละลายจะไม่เท่ากันทุกจุด ดังนั้นจะทำให้เกิดผิวขรุขระ และทำให้เคลือบติดกับเนื้อผลิตภัณฑ์ได้

นอกจากนี้ ทีวี พรหมพฤษ (2523 : 155) ได้กล่าวถึง การเผาเคลือบว่า ไม่ว่าจะเป็นเคลือบชนิดไฟฟ้าหรือไฟสูงจะต้องเผาให้ได้อุณหภูมิตามที่ข้อกำหนดของน้ำเคลือบแต่ละชนิด มิฉะนั้นการเผาจะเกิดการเสียหายได้ เช่น การเผาที่ไฟเกิน (Overfire) ย่อมทำให้น้ำเคลือบไหลมาก อาจติดพื้นเตาหรือชั้นรองทำให้เสียหายได้ และการเผาที่อุณหภูมิไม่ถึงจุดสุกตัวทำให้น้ำเคลือบไม่เป็นมันเท่าที่ควร

ทีวี พรหมพฤษ (2523 : 156) กล่าวถึง เทคนิคในการเผาเคลือบไว้ว่า การเผาเคลือบที่ควรให้อัตราเร่งในการเผา 50 - 100 องศาเซลเซียส (122 - 212

องศาฟาเรนไฮต์) ต่อชั่วโมง ไม่ควรเผาให้รวดเร็วเกินไป การเผาที่ใช้โคน (Cone) เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิประกอบคานนั้น ภายหลังจากที่โคนลมแล้วควรเผาขึ้นไฟไว้ที่อุณหภูมิ เจ็ดหมื่นเอ็กประมาณครึ่งชั่วโมง (Soaking Period) จะทำให้การเผาสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และ ในการปิกเตา หลังจากการเผาเคลือบไฟแล้ว ควรปล่อยเตาทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง อัตราการลดความร้อนควรใช้ 100 องศาเซลเซียส (212 องศาฟาเรนไฮต์) ต่อชั่วโมง จะทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่แตกหักเสียหายได้

บรรยากาศในการเผาเคลือบ

1. บรรยากาศการเผาแบบออกซิเคชั่น (Oxidation Atmosphere) สุรศักดิ์ โกลิยพันธ์ (2527 : 78) ระบุว่า การเผาบรรยากาศแบบออกซิเคชั่นเป็นการเผาแบบการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ไม่มีควัน
2. บรรยากาศการเผาแบบรีดักชั่น (Reduction Atmosphere) สุรศักดิ์ โกลิยพันธ์ (2527 : 78) กล่าวว่า การเผาบรรยากาศแบบรีดักชั่น เป็นการเผาแบบการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ (หรือการเผาที่เกิดควัน) โฟเนียร์ (Fournier, 1977 : 189 - 190) ได้รวบรวมความรู้เกี่ยวกับรีดักชั่นไว้ว่า ถ่านหิน แกลส และน้ำมันที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์เนื่องจากมีคาร์บอนที่เกิดจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ไม่หมด เป็นตัวหลักในการทำรีดักชั่น และในการทำรีดักชั่นนั้นควรจะให้มีความหนาแน่นจากทางเคมี คือ คาร์บอนโมโนออกไซด์ (CO) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และก๊าซไฮโดรเจน (H₂) คือน้ำ (H₂O) เป็นสัดส่วนที่ควบคุมเปอร์เซ็นต์ของรีดักชั่น รวมถึงธาตุเคมีของรีดักชั่น และเป็นไปโดยที่วัดจากความยาวของเปลวไฟที่ออกจากช่องสำหรับคุไฟ การทำรีดักชั่นในวันร้อนขึ้นจะดีกว่าวันที่อากาศแห้ง การรีดักชั่นที่เริ่มก่อน 800 องศาเซลเซียส (1,472 องศาฟาเรนไฮต์) อาจทำให้เกิดสีเทาหรือสีดำในเคลือบหรือเนื้อดิน ซึ่งไม่สามารถขจัดออกไปได้ เราสามารถทำรีดักชั่นจากอุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส (1,832 องศาฟาเรนไฮต์) นานเท่าที่อุณหภูมิจะสามารถเพิ่มขึ้น

อย่างสม่ำเสมอ หรือ 55 นาทีของทุก ๆ ชั่วโมง จาก 1,000 - 1,240 องศาเซลเซียส (1,832 - 2,264 องศาฟาเรนไฮต์) หลังจากนั้นจะใช้เวลาประมาณครึ่งชั่วโมงในการทำออกซิเคชัน นอกจากนี้เเปาะครึ่งสามารถใช้บรรยากาศปานกลางเข้าไปหลังจาก 1,050 องศาเซลเซียส (1,922 องศาฟาเรนไฮต์) แล้วทำรีคักชันช่วงหลังก็ได้ หรือให้เวลาครึ่งชั่วโมงในการรีคักชันที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส (1,832 องศาฟาเรนไฮต์) 1,100 องศาเซลเซียส (2,012 องศาฟาเรนไฮต์) และ 1,200 องศาเซลเซียส (2,192 องศาฟาเรนไฮต์) หรือเริ่มรีคักชันที่อุณหภูมิสูงสุดและต่อเนื่องไปในระหว่างที่กำลังเย็นตัวจนถึง 800 องศาเซลเซียส (1,472 องศาฟาเรนไฮต์)

เตาไฟฟ้า (Electric Kiln)

เตาไฟฟ้าปัจจุบันเป็นเตาที่มีผู้สนใจใช้กันมาก โดยเฉพาะในโรงงานทำอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา เนื่องจากผู้ใช้มีความสะดวกสบาย ควบคุมได้ง่าย มีความปลอดภัยสูงและค่าใช้จ่ายไม่สิ้นเปลืองมากนัก ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดี (ทวี พรหมพฤกษ์. 2525 : 63)

เตาไฟฟ้าในปัจจุบันมีหลายขนาด สามารถเผาได้อุณหภูมิสูง นอกจากจะใช้เผาผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับเคลือบ (Glaze Firing) เเปาะดิน (Biscuit Firing) และใช้เผาสีบนเคลือบ (Over Glaze) ยังใช้เป็นเตาสำหรับทดลอง วิจัยงานต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี อำพน วัฒนรังสรรค์ (2531 : 35) กล่าวเพิ่มเติมว่า เตาไฟฟ้าเป็นเตาที่มีบรรยากาศการเผาที่สะอาดที่สุด เป็นเตาที่สามารถควบคุมแหล่งพลังงานความร้อนได้ง่ายที่สุด เตาไฟฟ้านี้เป็นเตาที่มีลักษณะต่างจากเตาที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ เป็นอย่างมาก เพราะเตาชนิดอื่น ๆ ความร้อนจะเกิดจากพลังงานเคมีที่ได้จากการสันดาป แต่เตาไฟฟ้าได้ความร้อนจากคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของตัวลวดต้านทาน

อำพน วัฒนรังสรรค์ (2531 : 35) กล่าวถึง การทำงานของเตาไฟฟ้าว่า เตาไฟฟ้าจะให้พลังงานความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อน (Radiant Heat) ออกมา

จากขดลวดความร้อน (Electric Elements; Heater) ซึ่งขดลวดความร้อนนี้จะเป็นขดลวดที่มีความต้านทานกระแสไฟฟ้า คือ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดนี้จะทำให้เกิดพลังงานความร้อนขึ้น ซึ่งปริมาณของความร้อนจะมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของขดลวดและอุปกรณ์โครงสร้างของเตาทาง ๆ โดยเฉพาะอิฐทนไฟชนิดเบาและฉนวนป้องกันความร้อน (Insulating Brick and Insulating Board) ดังนั้นเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดความร้อนยิ่งนาน ความร้อนจะถูกสะสมและเก็บไว้ในเตาค่ายอิฐทนไฟและฉนวนป้องกันความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการ

ทวิ พรหมพฤษภ์ (2523 : 149) ได้เพิ่มเติมว่า ความร้อนที่ได้จากขดลวดภายในเตาไฟฟ้านั้น จะเห็นว่าเตาไฟฟ้าไม่มีปล่องระบายลมร้อนเลย ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนภายในเตาไม่มีเปลวไฟและไม่มีควัน จึงไม่ต้องมีทางระบายลมเพียงแต่ช่องเล็ก ๆ สำหรับทำให้แก๊สออกมายาว หรือสำหรับมองสีไฟและผลิตภัณฑ์เท่านั้น ลักษณะการเผาของเตาไฟฟ้านี้เรียกว่าการเผาเช่นว่า "Oxidizing Condition" และข้อดีของเตาไฟฟ้าสรุปเป็นข้อได้ดังนี้

1. ให้อุณหภูมิสม่ำเสมอใช้โคผลดีที่สุด
2. การควบคุมการเผาและควบคุมอุณหภูมิโคสะดวก
3. เป็นเตาเผาที่สะอาดที่สุด เพราะไม่มีเปลวไฟ ไม่มีควันหรือเขม่า
4. สามารถติดตั้งและเคลื่อนย้ายได้ง่าย
5. บรรรยากาศภายในเตาเป็นแบบออกซิเคชั่น จึงไม่ทำให้ผิวเคลือบหรือสีเคลือบเปลี่ยนแปลง เพราะไม่มีปฏิกิริยากับเคลือบ

เตาแก๊สทางลมร้อนลง (Gas Down Draft Kiln)

ทวิ พรหมพฤษภ์ (2525 : 33) กล่าวว่า เตาแก๊สชนิดทางลมร้อนลงนี้เป็นเตาที่ออกแบบสร้างส่วนมากเป็นเตาขนาดใหญ่ และเผาผลิตภัณฑ์โคจำนวนมาก การบรรจุผลิตภัณฑ์โดยการไ้รถ (Kiln Car) กำลังเป็นที่นิยมกันอย่างมาก เตาชนิดนี้จะก่อสร้างให้มีปล่อง

ซึ่งจะช่วยให้การเผาไหม้หรือสันดาปได้อย่างดี สามารถเผาไคคอนข้างสะอาดและให้อุณหภูมิสูง (High Temperature) มีความสะดวกต่อการใช้งาน ประหยัดเชื้อเพลิง ปลอดภัย เป็นเตาที่สามารถเผาแบบรีดักชันได้

อุปกรณ์และเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

ทวิ พรหมพฤกษ์ (2525 : 107) กล่าวว่า เครื่องมือที่จำเป็นในการใช้วัดอุณหภูมิในการเผาผลิตภัณฑ์เพื่อให้คุณภาพดีขึ้น ปัจจุบันได้มีผู้คิดอุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ หลายชนิด ซึ่งชนิดที่ใช้วัดอุณหภูมิอย่างสูงโคเนนอน คือ

1. ไพโรมิเตอร์ (Pyrometer)
2. ไพโรเมตริก โคน (Pyrometric Cone)

ไพโรมิเตอร์ (Pyrometer) ไพโรมิเตอร์อาศัยหลักการการเกิดกระแสไฟฟ้าจากความร้อน (Thermo Electric Pyrometer) โดยนำเอาโลหะสองชนิดมาเชื่อมปลายติดกัน เรียกว่า "Hot Junction" แต่โลหะทั้งสองชนิดจะต้องมีคุณสมบัติแตกต่างกันใส่ในเตาให้ได้รับความร้อน (Thermocouple) ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งเชื่อมเข้ากับเครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Indicator) แล้วเข็มจะชี้บอกอัตราความร้อนตามความมากน้อยของกระแสไฟฟ้า จะมีตัวเลขเทียบอุณหภูมิเป็นองศาเซลเซียสและฟาเรนไฮต์ ปลายของโลหะที่ต่อไปยังหน้ามีด เรียกว่า "Cold Junction Thermocouple" ที่วัดอุณหภูมิสูง ๆ จะมีเครื่องป้องกัน (Protectube) ทำด้วยวัสดุทนไฟป้องกันอีกชั้นหนึ่ง (ทวิ พรหมพฤกษ์. 2525 : 107)

ไพโรเมตริก โคน (Pyrometric Cone) ไพโรเมตริกโคน หรือเรียกสั้น ๆ ว่า โคน (Cone) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิภายในเตา การใช้ง่ายและสะดวก ผู้ที่คิดทำโคนเป็นครั้งแรก ได้แก่ ชาวเยอรมันชื่อ เซกเกอร์ (Segger) ตั้งชื่อว่า เซกเกอร์ โคน (Segger Cone) โดยนำเอาวัตถุที่ผสมกับฟลักซ์ ตามสัดส่วนต่าง ๆ มาทำเป็นปิรามิดสามเหลี่ยม ซึ่งใช้วัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 585 องศาเซลเซียส (1,085 องศาฟาเรนไฮต์)

ขึ้นไปจนถึง 2,015 องศาเซลเซียส (3,659 องศาฟาเรนไฮต์) และแบ่งออกเป็น
หมายเลขต่าง ๆ ถึง 42 หมายเลข ระบบการจัดหมายเลขอุณหภูมิจะทำให้ตัวเลขดูง่ายขึ้น
หน้า เช่น อุณหภูมิที่ต่ำที่สุด 022 อุณหภูมิสูงสุด หมายเลข 42 เป็นต้น โคนที่ใช้เป็น
มาตรฐานในปัจจุบัน คือ ของเพอร์เกอร์ โคน และออร์ตัน โคน (Orton Cone) ที่
พรหมพฤษณ์ (2525 : 107)

โดยเฉพาะ ออร์ตัน โคน มี 2 ขนาด คือ ขนาดใหญ่ (Large Cone) และ
ขนาดเล็ก (Small Cone)

นอกจากนี้ ปรีคา พิมพ์ขาวชา (2532 : 248 - 249) ได้กล่าวเพิ่มเติมว่า
การวัดอุณหภูมิด้วยโคนในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ นอกจากจะประหยัดแล้วยังให้ผลที่เที่ยงตรงต่อ
เคลือบและเนื้อดินอีกด้วย จุดสุดท้ายของเคลือบนั้นมักเรียกตามหมายเลขของโคนเมื่อโคนหมายเลข
นั้นล้มก็หมายถึงเคลือบนั้นสุกพอดี และหมายเลขโคนมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมเซรามิกส์
โดยเฉพาะคือ

ช่วงที่ 1 หมายเลข 010 ถึงหมายเลข 05 หรืออุณหภูมิ 894 องศาเซลเซียส
(1,641 องศาฟาเรนไฮต์) ถึงอุณหภูมิ 1,046 องศาเซลเซียส (1,915 องศาฟาเรนไฮต์)
ซึ่งอุณหภูมินี้เป็นอุณหภูมิที่ใช้ในการเผากระเบื้องประดับและกระเบื้องผนังหลังคาที่เคลือบด้วยเคลือบ
ตะกั่ว เคลือบบอแรกซ์ เป็นต้น

ช่วงที่ 2 หมายเลข 6 ถึงหมายเลข 10 หรืออุณหภูมิ 1,222 องศาเซลเซียส
(2,232 องศาฟาเรนไฮต์) ถึงอุณหภูมิ 1,305 องศาเซลเซียส (2,381 องศาฟาเรนไฮต์)
ซึ่งอุณหภูมิของการเผาด้วยขามและผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาทั่ว ๆ ไป

ช่วงที่ 3 หมายเลข 26 ถึงหมายเลข 28 หรืออุณหภูมิ 1,595 องศาเซลเซียส
(2,900 องศาฟาเรนไฮต์) ถึงอุณหภูมิ 1,615 องศาเซลเซียส (2,940 องศาฟาเรนไฮต์)
เป็นอุณหภูมิที่มีความสำคัญในการทดสอบวัสดุทนไฟของโรงงานที่ผลิตวัสดุทนไฟ

สัดส่วนของอลูมินาและซิลิกากับลักษณะของเคลือบ

ปรีศา พิมพ์ขาวชา (2530 : 49) กล่าวว่า สมมติว่า ต้องการศึกษาลักษณะเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของอลูมินาและซิลิกาในเคลือบปอร์สเลน ซึ่งถ้าเทียบเป็นอัตราส่วนของ อลูมินา : ซิลิกา ในเคลือบถามีค่า 1 : 7 หรือ 1 : 8 เคลือบที่ได้จะเป็นมันแวววาว สุกใส และถ้าอัตราส่วนต่ำลงมาถึง 1 : 4 เคลือบที่ได้จะเป็นเคลือบค่าน คงนั้นจะหาขอบเขตจำกัดและส่วนผสมของเคลือบให้ได้เคลือบที่มีความมันวาวสุกใสและดีที่สุดได้อย่างไร

สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ (2531 : 11) กล่าวว่า เราสามารถบอกว่าเป็นเคลือบชนิดใดได้โดยดูจากอัตราส่วนผสมระหว่างอลูมินาและซิลิกา คือ

อลูมินา : ซิลิกา	ชนิดของเคลือบ
1 : 2.5 - 5	เคลือบค่าน
1 : 7 - 12	เคลือบใส
1 : 15 - 20	เคลือบฉีก

ปรีศา พิมพ์ขาวชา (2530 : 44) ได้แสดงตัวอย่างการจัดระบบในการเปลี่ยนสัดส่วนของอลูมินาและซิลิกา เมื่อโมเลกุลของ Al_2O_3 อยู่ระหว่าง 0.35 - 0.75 และโมเลกุลของ SiO_2 อยู่ระหว่าง 4.10 - 5.00 ไว้โดยใช้ระบบแกนในแกน x และแกน y ดังนี้

สำหรับ โคน 7 - 11 มีค่าสัมพัทธ์โดยประมาณของส่วนประกอบเป็น

RO : 0.4 - 0.8 Al_2O_3 : 3.0 - 5.0 SiO_2

สำหรับ โคน 11 - 16 มีค่าสัมพัทธ์โดยประมาณของส่วนประกอบเป็น

RO : 0.5 - 1.1 Al_2O_3 : 6.0 - 15.0 SiO_2

สัดส่วนที่นิยมของ อลูมินา : ซิลิกา จะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมปกติ

สำหรับการเผาปอร์สเลน (Porcelains) ขบวนการนี้มีข้อจำกัด 1 : 7 ถึง 1 : 10

ภาพที่ 2 ได้แสดงไว้อย่างน่าพอใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์สำหรับการเปลี่ยนแปลงของ อลูมินา :

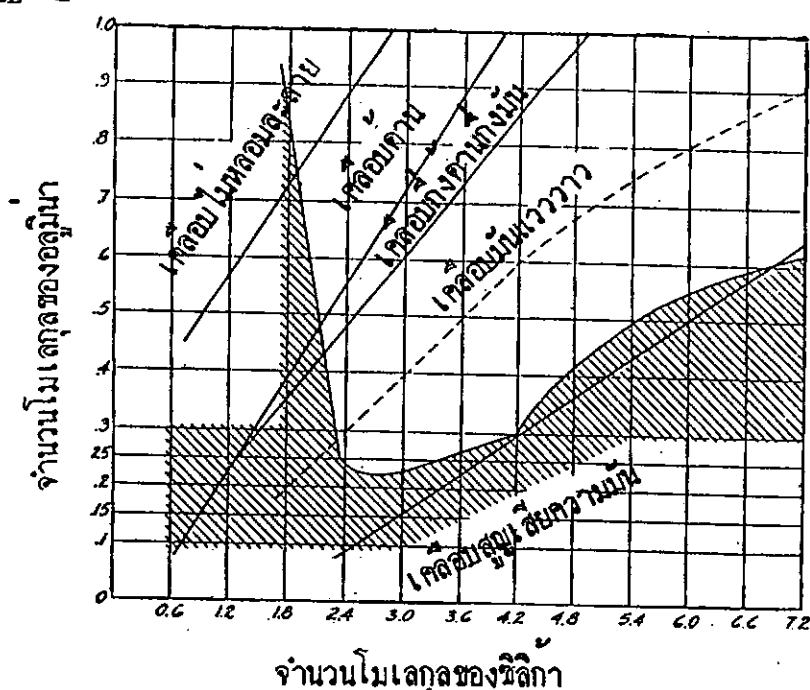
ซิลิกา เมื่อกลุ่มค่าเป็นจำนวนคงที่ คือ 0.3 K_2O และ 0.7 CaO เส้นที่แสดงการ

เปลี่ยนแปลงภายในจำนวนโมเลกุลของ Al_2O_3 สภาพของส่วนประกอบของเคลือบจำนวน

มากมาย เพื่อให้หล่อเหลวที่อุณหภูมิเดียวกัน มีขอบเขตบรรยายได้ดังนี้ เช่น "ไม่หลอม

ละลาย" (Unfused) "คาน" (Mat) เป็นต้น แถบของส่วนประกอบมีความผันแปรใน

ภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 เคลือบปอร์สเลนที่มีกลุ่มค่าคงที่และเปลี่ยนแปลงค่าอลูมินาและซิลิกาของการเผา
ที่โคน 11 (Parmelee. 1975 : 158)

จากรูปสามารถสรุปได้ว่า ลักษณะของเคลือบที่หมักดองทางคงที่และแปรค่าอุณหภูมิและ
ชนิดของเคลือบปอร์สเลนอุณหภูมิ โคน 11 นั้น มีลักษณะเปลี่ยนแปลงไปตามสัดส่วนของ
อุณหภูมิของเคลือบ 5 ลักษณะ คือ

1. เคลือบไม่หลอมละลาย (Unfused)
2. เคลือบคาน (Mat)
3. เคลือบกึ่งคานกึ่งมัน (Semi-mat)
4. เคลือบมันแวววาว (Bright)
5. เคลือบสูญเสียความมัน (Devitrified)

สมาสี อธิทวณิชกุล (2529 : 7) ได้ทำการวิจัยเรื่อง น้ำเคลือบสีแดงจากโครมิก-
ออกไซด์ ซึ่งจากการทดลองพบว่า เมื่อใช้โครมิกออกไซด์ควบคู่กับทินออกไซด์ ภายใต้สัดส่วน
ผสมที่เหมาะสมระหว่างอุณหภูมิและชนิดของเคลือบสีแดงเข้ม สีมีความคงตัว ผิวเรียบและมี
ความมันวาว และสรุปว่า ปริมาณของอุณหภูมิและชนิดที่เปลี่ยนไปทำให้ค่าสีของน้ำเคลือบ
ลักษณะของเคลือบที่มีสัดส่วนระหว่างอุณหภูมิ : ชนิด เคลือบเดียวกันจะมีลักษณะของเคลือบและ
การหลอมละลายที่คล้ายคลึงกัน

ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้สูตรพื้นฐานในการทดลองดังนี้ คือ

0.15 KNaO

0.10 Li_2O_3

0.58 CaO

0.17 BaO

0.2 - 0.45 Al_2O_3

2.5 - 4.5 SiO_2

เติมโครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3) 0.3% และทินออกไซด์ (SnO_2) 6% ทดลอง
เผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส (2,282 องศาฟาเรนไฮต์) ด้วยเตาไฟฟ้า

ตำหนิผิวเคลือบ (Glaze Defects)

สุรศักดิ์ โกสยพันธ์ (2531 : 73 - 77) ได้สรุปลักษณะซึ่งถือว่าเป็นตำหนิหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกับเคลือบภายหลังจากการเผาเคลือบไว้ดังนี้

1. รูเข็ม (Pinholes) มีลักษณะเป็นรูเล็ก ๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวเคลือบ ถ้ามีขนาดใหญ่เรียกว่า "Blisters"
2. การราน (Crazing) เป็นตำหนิเคลือบที่พบกันอยู่เสมอ มีลักษณะคล้ายลายเส้นตาข่าย หรือที่เรียกกันว่า เคลือบแตกลายงา มีทั้งรานเป็นเส้นผาย และรานเป็นเส้นห่าง
3. การแตกรอนตามบริเวณริมขอบ (Shivering) เป็นปรากฏการณ์ที่เผาเคลือบแล้ว เคลือบไม่ติดตามริมขอบของผลิตภัณฑ์
4. การร่อนออกจากเนื้อดินเผา (Peeling) เป็นปรากฏการณ์ที่เคลือบร่อนหลุดออกมาเป็นแผ่น ๆ เกิดจากการแยกตัวออกจากเนื้อดินโดยเคঁคชะค
5. การแยกตัวออกจากกันของเคลือบ (Crawling) เป็นปรากฏการณ์ที่เคลือบแยกออกจากกันคล้ายเคลือบเคลื่อนหนี ทำให้เกิดรอยว่างไม่มีเคลือบติดผิวผลิตภัณฑ์
6. ผิวเคลือบค้ำไม่ตรงตามความเป็นจริง (Loss of Glaze) เป็นตำหนิเคลือบที่เกิดจากการสูญเสียส่วนผสมของเคลือบ ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นจากการเผาไฟเกินทำให้สารบางอย่างที่ระเหยได้ง่ายระเหยไปหมด
7. การไหลตัวของเคลือบ (Running of Glaze) เป็นตำหนิที่พบเห็นกันบ่อย ๆ เคลือบที่มีการไหลตัวมากเกินไปก็จะไหลมารวมที่ก้นผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นเหตุให้ผลิตภัณฑ์และพื้นรองในเตาเผาเสียหายได้

สรุป

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยครั้งนี้ สรุปได้ว่า เคลือบเป็นวัสดุที่มีลักษณะคล้ายแก้ว ฉะนั้นคุณสมบัติของเคลือบจึงมีอยู่หลายชนิด และการผลิตเคลือบแต่ละครั้งจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการเลือกใช้วัตถุดิบ การคำนวณเคลือบ การเตรียมเคลือบ การ

การเผาผลาญ และการกำหนดสูตรเคลื่อนเพื่อให้ได้เคลื่อนที่มีลักษณะตรงตามความต้องการ โดยเฉพาะสูตรเคลื่อนที่ตรงตามความต้องการนั้นสามารถกำหนดได้จากการทดลอง โดยการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของอุมินาตอซิดิกา ตามขอบเขตที่เหมาะสมกับอุณหภูมิในการเผาผลาญ

วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อให้การวิจัยครั้งนี้บรรลุผลตามจุดมุ่งหมาย ผู้วิจัยดำเนินการตามรายละเอียดดังนี้
หัวข้อต่อไปนี้ คือ

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย
2. วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. สถานที่และระยะเวลาในการทดลอง
4. การดำเนินการวิจัย
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ประชากร คือ จำนวนโมเลกุลของอนุมูลอิสระที่อยูระหว่าง 0.2 ถึง 0.5 โมเลกุล และจำนวนโมเลกุลของซัลฟาที่อยูระหว่าง 2.0 ถึง 5.0 โมเลกุล ใช้วิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยกำหนดช่วงห่างของอนุมูลอิสระ 7 ช่วง ๆ ละ 0.05 โมเลกุล และกำหนดช่วงห่างของซัลฟาไว้ 7 ช่วง ๆ ละ 0.5 โมเลกุล ได้กลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 49 ส่วนผสม ถึงภาพประกอบ 3

จำนวนโมเลกุลของ Al_2O_3

0.50	43	44	45	46	47	48	49
0.45	36	37	38	39	40	41	42
0.40	29	30	31	32	33	34	35
0.35	22	23	24	25	26	27	28
0.30	15	16	17	18	19	20	21
0.25	8	9	10	11	12	13	14
0.20	1	2	3	4	5	6	7
	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0

จำนวนโมเลกุลของ SiO_2

ภาพประกอบ 3 แสดงสัดส่วนของอลูมินาต่อซิลิกาที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

สูตรพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย จากการกำหนดสูตรพื้นฐานและกลุ่มตัวอย่างสัดส่วนของ
อลูมินาต่อซิลิกา สามารถแสดงเป็นสูตรพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัยได้ดังนี้

0.3 K_2O

0.5 CaO

0.1 MgO

0.2 - 0.5 Al_2O_3

2.0 - 6.0 SiO_2

0.05 BaO

0.05 ZnO

ส่วนผสมเฉลี่ยที่ใช้ในการย่อยของวัตถุดิบ การนำสูตรพื้นฐานมาใช้ในการวิจัยจะต้องเปลี่ยนค่าให้อยู่ในรูปการย่อยของวัตถุดิบ จึงจะสามารถนำมาปฏิบัติการวิจัยได้ การย่อยนี้ ได้มาจากการคำนวณเฉลี่ย ซึ่งหลังจากคำนวณแล้วจะได้การย่อยของวัตถุดิบทั้งตาราง 4

ตาราง 4 แสดงการย่อยของวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมของสูตรเฉลี่ยตามกลุ่มตัวอย่าง

ตาราง 4.1 แสดงส่วนผสมของสูตรเฉลี่ยที่ 1 - 7

หมายเลข ส่วนผสม วัตถุดิบ	1	2	3	4	5	6	7
โปแตส เกล็ดสปาร์	45.33	40.39	36.42	33.16	30.44	28.13	26.15
ควอทซ์	19.57	28.33	35.37	41.16	45.99	50.09	53.61
แคลเซียมคาร์บอเนต	16.30	14.53	13.10	11.93	10.95	10.12	9.40
โคโลไมท์	7.50	6.68	6.03	5.40	5.04	4.65	4.33
แบเรียมคาร์บอเนต	4.01	3.58	3.23	2.94	2.69	2.49	2.32
สังกะสีออกไซด์	1.65	1.47	1.32	1.24	1.11	1.02	0.95
โปแตส เซียมคาร์บอเนต	5.63	5.01	4.52	4.11	3.78	3.49	3.24

ตาราง 4.2 แสดงส่วนผสมของเชื้อเพลิงสุทธิ 8 - 14

วัตถุเคมี	หมายเลข ส่วนผสม	8	9	10	11	12	13	14
โบแทสเฟลคสปาร์		56.00	49.96	45.10	41.10	37.75	34.91	32.46
ควอทซ์		12.09	21.57	29.20	35.48	40.74	45.20	49.04
แคลเซียมคาร์บอเนต		16.11	14.38	12.98	11.83	10.86	10.04	9.34
โคโคไนท์		7.41	6.61	5.97	5.44	5.00	4.62	4.29
เบเรียมคาร์บอเนต		3.97	3.54	3.19	2.91	2.67	2.47	2.30
สังกะสีออกไซด์		1.63	1.46	1.31	1.19	1.11	1.02	0.94
โบแทสแคลเซียมคาร์บอเนต		2.78	2.48	2.24	2.04	1.87	1.73	1.62

ตาราง 4.4 แสดงส่วนสมของเคลือบสูตรที่ 22 - 28

วัตถุเทียบ	หมายเลข ส่วนสม	22	23	24	25	26	27	28
โปแตสเฟล็กสปาร์		62.97	56.56	51.34	47.0	43.34	40.20	37.49
ควอทซ์		-	10.17	18.47	25.36	31.18	36.15	40.56
กินขาว		9.74	8.75	7.94	7.27	6.70	6.22	5.80
แคลเซียมคาร์บอเนต		15.50	13.89	12.59	11.49	10.58	9.80	9.13
โกลิโอไมท์		7.13	6.39	5.79	5.29	4.87	4.51	4.20
แบเรียมคาร์บอเนต		3.82	3.42	3.10	2.83	2.61	2.41	2.25
สังกะสีออกไซด์		1.57	1.41	1.27	1.16	1.07	1.00	0.93

ตาราง 4.5 แสดงส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่ 29 - 35

วัตถุเคมี	หมายเลข ส่วนผสม	29	30	31	32	33	34	35
โปแตสเซิลคลอไรด์		62.97	56.56	51.34	47.0	43.34	40.20	37.49
ควอทซ์		-	10.17	18.47	25.36	31.18	36.15	40.56
หินขาว		9.74	8.75	7.94	7.27	6.70	6.22	5.80
แคลเซียมคาร์บอเนต		15.10	13.56	12.31	11.27	10.39	9.64	8.99
โคโลไนท์		6.95	6.24	5.66	5.18	4.78	4.43	4.14
แบเรียมคาร์บอเนต		3.72	3.34	3.03	2.78	2.56	2.37	2.21
สังกะสีออกไซด์		1.53	1.37	1.25	1.14	1.05	0.98	0.91

ตาราง 4.6 แสดงส่วนผสมของเคือบสูตรที่ 36 - 42

หมายเลข ส่วนผสม วัตถุ	36	37	38	39	40	41	42
โปแตสเฟลคสปาร์	61.80	55.27	50.27	46.10	42.57	39.54	36.92
ควอทซ์	-	7.95	16.27	23.21	29.09	34.14	38.51
หินขาว	9.55	12.82	11.66	10.69	9.88	9.17	8.57
แคลเซียมคาร์บอเนต	14.81	13.25	12.05	11.05	10.21	9.48	8.85
โคโลไมท์	6.81	6.10	5.55	5.10	4.69	4.36	4.07
แบเรียมคาร์บอเนต	3.65	3.26	2.97	2.72	2.51	2.34	2.18
สังกะสีออกไซด์	1.50	1.34	1.22	1.12	1.03	0.96	0.89
อลูมินา	1.88	-	-	-	-	-	-

ตาราง 4.7 แสดงส่วนผสมของเคลือบสูตรที่ 43 - 49

วัตถุเทียบ	หมายเลข ส่วนผสม	43	44	45	46	47	48	49
โปแตสเฟลกส์ปาร์		60.63	54.03	49.25	45.24	41.84	38.91	36.36
ควอทซ์		-	5.83	14.17	21.15	27.09	32.19	36.62
คินชาว		9.38	16.72	15.23	13.99	12.94	12.04	11.25
แคลเซียมคาร์บอเนต		14.54	12.96	11.81	10.85	10.03	9.33	8.72
โคโลไมท์		6.68	5.96	5.43	4.99	4.61	4.29	4.01
แมกนีเซียมคาร์บอเนต		3.58	3.19	2.91	2.67	2.47	2.29	2.15
สังกะสีออกไซด์		1.47	1.31	1.19	1.09	1.02	0.94	0.88
อลูมินา		3.71	-	-	-	-	-	-

วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจำเป็นต้องใช้วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือดังนี้ คือ

1. วัตถุดิบต่าง ๆ ที่ใช้เป็นส่วนผสมของเคลือบ ซึ่งได้แก่

1.1 โปแตสเฟลด์สปาร์

1.2 ควอทซ์

1.3 ฟินขาว

1.4 แคลเซียมคาร์บอเนต

1.5 โคโลไมท์

1.6 สังกะสีออกไซด์

1.7 แบเรียมออกไซด์

1.8 โปแตสเซียมคาร์บอเนต

1.9 อลูมินา

2. แผนทกลอง

3. แกสเหลว

4. เครื่องจักรระบบไฟฟ้า

5. หม้ออบขนาดเล็กและเครื่องบด

6. ตะแกรงร่อนเบอร์ 100 เมช

7. กระบอกตวงความจุ 100 มิลลิลิตร

8. เตาไฟฟ้า

9. เตาแก๊สทางลมร่อนลง

10. อุปกรณ์เตาเผา

11. ไพโรมิเตอร์

12. ไพโรเมตริก โคน เบอร์ 7

13. ไฮโดรมิเตอร์

13. สีสไตเคลือบสีค่า

14. พูกันเบอร์ 1

สถานที่และระยะเวลาที่ทำการทดลอง

สถานที่ทำการทดลอง ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดลอง ที่ภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะวิชาอุตสาหกรรมศึกษา วิทยาลัยครูพระนคร กรุงเทพมหานคร

ระยะเวลาที่ทำการทดลอง การทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2534 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2534

การดำเนินการวิจัย

ในการทดลองครั้งนี้สามารถสรุปขั้นตอนได้ดังนี้ คือ

1. นำวัตถุดิบทุกชนิดที่จะใช้ในการทดลองมาอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส
2. ชั่งส่วนผสมตามตารางที่ 4 ส่วนผสมละ 50 กรัม
3. เติมน้ำสะอาดให้ถึงความตวงจำเพาะ 1.4
4. บดผสมในหม้อขนาดเล็กเป็นเวลา 6 ชั่วโมง
5. กรองน้ำเคลือบผ่านตะแกรงเบอร์ 100 เมช
6. เตรียมแผ่นทดลองด้วยการเช็ดทำความสะอาดด้วยฟองน้ำชุบน้ำแล้วนำมาฉายให้แห้งสนิทที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส แล้วปล่อยให้เย็นตัว
7. ชุบเคลือบด้วยวิธีจุ่ม ส่วนผสมละ 4 แผ่นทดลอง ใช้เวลาในการจุ่มแผ่นทดลองละ 3 วินาที
8. เขียนรหัสประจำแผ่นทดลองแต่ละแผ่นด้วยสีไตเคลือบสีค่าที่บริเวณใต้แผ่นทดลอง โดยกำหนดให้เป็นตัวเลขและตัวอักษรร่วมกัน เช่น 1A 1B 1C 1D เป็นต้น
- 8.1 ตัวเลข 1 ถึง 49 แทนอัตราส่วนผสมของเคลือบแต่ละส่วนผสม

8.2 ตัวอักษรใช้ A, B แทนการเผาเคลือบในบรรยากาศแบบออกซิเคชั่น
ครั้งที่ 1 และ 2 ตามลำดับ และตัวอักษร C, D แทนการเผาเคลือบในบรรยากาศ
แบบรีดักชันครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ตามลำดับ

9. นำแผ่นทดลองไปเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส (2,264 องศา
ฟาเรนไฮต์)

9.1 เเผาในบรรยากาศออกซิเคชั่นด้วยเตาไฟฟ้า 2 ครั้ง ๆ ละ 49 แผ่นทดลอง
คือ รหัส A และ B ตามลำดับ

9.2 เเผาในบรรยากาศรีดักชันด้วยเตาแก๊สทางลมร้อนลง 2 ครั้ง ๆ ละ 49
แผ่นทดลอง คือ รหัส C และ D ตามลำดับ

10. นำแผ่นทดลองทั้งหมด คือ 196 แผ่น ไปวิเคราะห์ผลโดยผู้เชี่ยวชาญ

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิจัยครั้งนี้ได้รับการวิเคราะห์โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ซึ่งมีขั้นตอนใน
การวิเคราะห์ดังนี้

1. สร้างแบบวิเคราะห์ผล โดยใช้กระดาษแข็งแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนหนึ่ง
สำหรับติดแผ่นทดลอง และอีกส่วนหนึ่งแบ่งเป็นช่องสำหรับวิเคราะห์ลักษณะต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น
ซึ่งลักษณะต่าง ๆ นั้นแบ่งเป็น 11 ช่อง ได้แก่

เคลือบไม่ห่อหุ้มละลาย

เคลือบคัน

เคลือบถึงมันถึงคัน

เคลือบมันแวววาว

เคลือบเกิดรูเข็ม

เคลือบราน

เคลื่อนแทกรอเบรเวงริมขอบ

เคลื่อนรอนออกจากเนื้อดิน

เคลื่อนแยกตัวออกจากกัน

เคลื่อนไหลตัวมาก

อื่น ๆ

2. กำหนดกันสำหรับวิเคราะห์ผลการวิจัย แล้วออกหนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน
3. ดำเนินการวิเคราะห์ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองตามกระบวนการแล้ว ได้ข้อมูลจำนวนหนึ่งซึ่งข้อมูลเหล่านี้ ได้แก่ ลักษณะต่าง ๆ ของเครื่องบินแบบทดลองที่ทดลองในบรรยากาศแบบออกซิเคชั่น จำนวน 98 แบบ และที่ทดลองเผาในบรรยากาศแบบรีดักชัน จำนวน 98 แบบ ข้อมูลดังกล่าวได้รับการวิเคราะห์โดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดที่ผู้วิจัยนำเสนอเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะของเครื่องบินที่ทดลองเผาในบรรยากาศแบบออกซิเคชั่น

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะของเครื่องบินที่ทดลองเผาในบรรยากาศแบบรีดักชัน

ผลการวิเคราะห์ลักษณะของเครื่องบินที่ทดลองเผาในบรรยากาศแบบออกซิเคชั่น

การทดลองสัปดาห์ของอุณหภูมิอากาศของเครื่องบินแต่ละครั้งนี้ หลังจากทดลองเผาในบรรยากาศแบบออกซิเคชั่น จำนวน 2 ครั้ง ปรากฏว่า มีผลการวิเคราะห์ลักษณะของเครื่องบิน ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดของผลการวิเคราะห์ได้ตามตาราง 5

ตาราง 5 (ต่อ)

หมายเลข สวนผสม	สัดส่วนของจำนวนโมเลกุล ออกซิเจน : ซิลิกา	ลักษณะของเคลือบ	
		ระดับความมัน	ความสมบูรณ์
21	0.30 : 5.0	กึ่งมันกึ่งมัน	รุเข็ม
22	0.35 : 2.0	มัน	-
23	0.35 : 2.5	กึ่งมันกึ่งมัน	รุเข็ม
24	0.35 : 3.0	กึ่งมันกึ่งมัน	รุเข็ม
25	0.35 : 3.5	กึ่งมันกึ่งมัน	รุเข็ม
26	0.35 : 4.0	กึ่งมันกึ่งมัน	รุเข็ม
27	0.35 : 4.5	กึ่งมันกึ่งมัน	รุเข็ม
28	0.35 : 5.0	กึ่งมันกึ่งมัน	รุเข็ม
29	0.40 : 2.0	มัน	-
30	0.40 : 2.5	กึ่งมันกึ่งมัน	รุเข็ม
31	0.40 : 3.0	กึ่งมันกึ่งมัน	รุเข็ม
32	0.40 : 3.5	กึ่งมันกึ่งมัน	รุเข็ม
33	0.40 : 4.0	กึ่งมันกึ่งมัน	รุเข็ม
34	0.40 : 4.5	กึ่งมันกึ่งมัน	รุเข็ม
35	0.40 : 5.0	กึ่งมันกึ่งมัน	รุเข็ม
36	0.45 : 2.0	มัน	-
37	0.45 : 2.5	มันกึ่งมัน	-
38	0.45 : 3.0	มันแวววาว	รุเข็ม
39	0.45 : 3.5	มันแวววาว	รุเข็ม

ตาราง 5 (ต่อ)

หมายเลข ส่วนผสม	สัดส่วนของจำนวนโมเลกุล อลูมินา : ซิลิกา	ลักษณะของเคลือบ	
		ระบับความมัน	ความสมบูรณ์
40	0.45 : 4.0	มันแวววาว	รุเข็ม
41	0.45 : 4.5	กึ่งมันกึ่งมัน	รุเข็ม
42	0.45 : 5.0	กึ่งมันกึ่งมัน	รุเข็ม
43	0.50 : 2.0	มัน	-
44	0.50 : 2.5	มัน	ราน
45	0.50 : 3.0	มัน	-
46	0.50 : 3.5	กึ่งมันกึ่งมัน	รุเข็ม
47	0.50 : 4.0	มันแวววาว	รุเข็ม
48	0.50 : 4.5	มันแวววาว	รุเข็ม
49	0.50 : 5.0	มันแวววาว	รุเข็ม

หมายเหตุ ส่วนผสมหมายเลข 5, 6, 7, 12, 13 และ 14 มีลักษณะผิวหยาบ

ผลการวิเคราะห์ลักษณะของเคลือบที่ทดลองเผาในบรรยากาศแบบรีดักชัน

การทดลองสัดส่วนของอลูมินาต่อซิลิกาของเคลือบเฟลด์สปาร์ครั้งนี้ หลังจากทดลองเผาในบรรยากาศแบบรีดักชัน จำนวน 2 ครั้ง ปรากฏว่ามีผลการวิเคราะห์ลักษณะของเคลือบตรงกัน ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดของผลการวิเคราะห์ได้ตามตาราง 6

ตาราง 6 ผลการวิเคราะห์ลักษณะของเคลือบจากการเผาในบรรยากาศแบบรีดักชัน

หมายเลข ส่วนผสม	สัดส่วนของจำนวนโมเลกุล ออกซิเจน : ซีลีกา	ลักษณะของเคลือบ	
		ระดับความมัน	ความสมบูรณ์
1	0.20 : 2.0	มัน	-
2	0.20 : 2.5	มัน	-
3	0.20 : 3.0	มัน	-
4	0.20 : 3.5	มัน	-
5	0.20 : 4.0	มัน	มัน
6	0.20 : 4.5	มัน	มัน
7	0.20 : 5.0	มัน	มัน
8	0.25 : 2.0	มัน	มัน
9	0.25 : 2.5	มัน กึ่งมันกึ่งมัน	มัน
10	0.25 : 3.0	มัน	มัน
11	0.25 : 3.5	มัน	มัน
12	0.25 : 4.0	มัน	มัน
13	0.25 : 4.5	มัน	มัน
14	0.25 : 5.0	มัน	มัน
15	0.30 : 2.0	มัน	มัน
16	0.30 : 2.5	มัน กึ่งมันกึ่งมัน	มัน
17	0.30 : 3.0	มัน กึ่งมันกึ่งมัน	มัน
18	0.30 : 3.5	มัน กึ่งมันกึ่งมัน	-
19	0.30 : 4.0	มัน กึ่งมันกึ่งมัน	มัน

ตาราง 6 (ต่อ)

หมายเลข ส่วนผสม	สัดส่วนของจำนวนโมเลกุล ออกซิเจน : ซิลิกา	ลักษณะของเคลือบ	
		ระดับความมัน	ความสมบูรณ์
20	0.30 : 4.5	กึ่งมันกึ่งมัน	รุเข็ม
21	0.30 : 5.0	กึ่งมันกึ่งมัน	รุเข็ม
22	0.35 : 2.0	มันแวววาว	ราน
23	0.35 : 2.5	มันแวววาว	รุเข็ม
24	0.35 : 3.0	กึ่งมันกึ่งมัน	รุเข็ม
25	0.35 : 3.5	กึ่งมันกึ่งมัน	รุเข็ม
26	0.35 : 4.0	กึ่งมันกึ่งมัน	รุเข็ม
27	0.35 : 4.5	กึ่งมันกึ่งมัน	รุเข็ม
28	0.35 : 5.0	กึ่งมันกึ่งมัน	-
29	0.40 : 2.0	มันแวววาว	รุเข็ม ราน
30	0.40 : 2.5	มันแวววาว	รุเข็ม
31	0.40 : 3.0	มันแวววาว	รุเข็ม
32	0.40 : 3.5	มันแวววาว	รุเข็ม
33	0.40 : 4.0	กึ่งมันกึ่งมัน	รุเข็ม
34	0.40 : 4.5	กึ่งมันกึ่งมัน	รุเข็ม
35	0.40 : 5.0	กึ่งมันกึ่งมัน	รุเข็ม
36	0.45 : 2.0	มัน	ราน
37	0.45 : 2.5	มันแวววาว	รุเข็ม ราน
38	0.45 : 3.0	มันแวววาว	รุเข็ม

ตาราง 6 (ต่อ)

หมายเลข ส่วนผสม	สัดส่วนของจำนวนโมเลกุล อลูมินา : ซิลิกา	ลักษณะของเคลือบ	
		ระคายความมัน	ความสมบูรณ์
39	0.45 : 3.5	มันแวววาว	รุเข็ม
40	0.45 : 4.0	กึ่งมันกึ่งมัน	รุเข็ม
41	0.45 : 4.5	กึ่งมันกึ่งมัน	รุเข็ม
42	0.45 : 5.0	กึ่งมันกึ่งมัน	ราน
43	0.50 : 2.0	มัน	ราน
44	0.50 : 2.5	มัน	-
45	0.50 : 3.0	กึ่งมันกึ่งมัน	รุเข็ม
46	0.50 : 3.5	มันแวววาว	รุเข็ม
47	0.50 : 4.0	มันแวววาว	รุเข็ม
48	0.50 : 4.5	มันแวววาว	รุเข็ม
49	0.50 : 5.0	มันแวววาว	รุเข็ม

หมายเหตุ ส่วนผสมหมายเลข 36 และ 43 มีลักษณะเป็นฝ้าสีชมพูและส่วนผสมหมายเลข 5, 6, 7, 12, 13 และ 14 มีลักษณะผิวหยาบ

สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อศึกษาลักษณะของเคลือบเฟลด์สปาร์ โดยยึดสัดส่วนของอูมิโนทอซีลิกา ที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศการเผาแบบออกซิเคชั่นและรีดักชั่น

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ จำนวนโมเลกุลของอูมินาระหว่าง 0.2 ถึง 0.5 โมเลกุล และจำนวนโมเลกุลของซีลิการะหว่าง 2.0 ถึง 5.0 โมเลกุล ใช้วิธีสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยกำหนดช่วงห่างของอูมินาไว้ 7 ช่วง ๆ ละ 0.05 โมเลกุล และกำหนดช่วงห่างของซีลิกาไว้ 7 ช่วง ๆ ละ 0.5 โมเลกุล ใช้เป็นส่วนผสมในสูตรเคลือบพื้นฐานที่มีโปแตสเซียมออกไซด์ 0.3 โมเลกุล แคลเซียมออกไซด์ 0.5 โมเลกุล แมกนีเซียมออกไซด์ 0.1 โมเลกุล เบเรียมออกไซด์ 0.05 โมเลกุล และสังกะสีออกไซด์ 0.05 โมเลกุล ซึ่งมีส่วนผสมเคลือบที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ จำนวน 49 ส่วนผสม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง คือ เป็นการทดลองเคลือบเซรามิกส์ ดังนั้นเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยจึงได้แก่ วัสดุและอุปกรณ์ในการทดลองเคลือบเซรามิกส์ ซึ่งแบ่งเป็น 3 หัวข้อใหญ่ ๆ คือ

1. วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมของเคลือบ ได้แก่ โปแตสเซียมเฟลด์สปาร์ ควอทซ์ กินชาว แคลเซียมคาร์บอเนต โคลโลไมท์ สังกะสีออกไซด์ เบเรียมคาร์บอเนตและอูมิโน

2. วัสดุอุปกรณ์ในการเตรียมเคลือบ ได้แก่ เครื่องขัด กระจกทวง ตะแกรงร่อน หมายเหตุขนาดเล็ก และเครื่องบด

3. วัสดุอุปกรณ์ในการชุบเคลือบและเผาเคลือบ ได้แก่ แผ่นทดลอง สีโต้เคลือบ พุกกันเบอร์ 1 แกสเหลว เตาแกสทางลมร้อนลง เตาไฟฟ้า อุปกรณ์เผาเผา ไพโรมิเตอร์ และไพโรเมตริกโคน

การดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการวิจัยตามกระบวนการทดลองเคลือบ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมวัสดุ
2. ชั่งส่วนผสมให้ครบ 49 ส่วนผสม
3. บดผสมด้วยหมายเหตุขนาดเล็ก
4. กรองด้วยตะแกรงร่อน
5. เตรียมแผ่นทดลอง
6. ชุบเคลือบด้วยวิธีจุ่มเคลือบ
7. เขียนรหัสประจำแผ่นทดลอง
8. เผาเคลือบในบรรยากาศแบบออกซิเจน
9. เผาเคลือบในบรรยากาศแบบรีดักชัน
10. นำผลการทดลองไปวิเคราะห์ผล

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิจัยครั้งนี้ได้รับการวิเคราะห์โดยผู้เชี่ยวชาญทางสาขาเซรามิกส์ จำนวน 3 ท่าน ซึ่งประกอบด้วย ผู้ที่มีประสบการณ์ทางการสอนในสาขาวิชาเซรามิกส์ จำนวน 2 ท่าน และผู้ที่มีประสบการณ์ในสถานประกอบการอุตสาหกรรมเซรามิกส์ จำนวน 1 ท่าน

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองของผู้เชี่ยวชาญ ปรากฏว่า การทดลองสัดส่วนของอุณหภูมิอากาศของเครื่องเฟลคส์ปาร์กครั้งนี้ เกิดลักษณะเคลื่อนทาง ๆ ดังนี้

1. การทดลองเผาไหม้รบบากศแบบออกซิเจนเกิดลักษณะของเคลื่อนดังนี้

1.1 สัดส่วนของอุณหภูมิอากาศที่เกิดลักษณะเคลื่อนด้าน ไค้แก่ 0.2-0.5 : 2.0, 0.2 : 2.5 - 5.0, 0.25 : 3.5 - 5.0, 0.3 : 3.0 - 4.0 และ 0.5 : 2.5 - 3.0 รวม 21 ส่วนผสม

1.2 สัดส่วนของอุณหภูมิอากาศที่เกิดลักษณะเคลื่อนกึ่งด้านกึ่งมัน ไค้แก่ 0.25-0.45 : 2.5, 0.3 : 4.5 - 5.0, 0.35 : 3.0 - 5.0, 0.40 : 3.0 - 5.0, 0.45 : 4.5 - 5.0 และ 0.5 : 3.5 รวม 20 ส่วนผสม

1.3 สัดส่วนของอุณหภูมิอากาศที่เกิดลักษณะเคลื่อนมันแฉววาว ไค้แก่ 0.45: 3.0 - 4.0 และ 0.5 : 4.0 - 5.0 รวม 6 ส่วนผสม

1.4 สัดส่วนของอุณหภูมิอากาศที่เกิดลักษณะทำหนึ่เริ่ม ไค้แก่ 0.2 : 2.5, 0.25 : 2.5 - 3.0, 0.25 : 4.0, 0.3 : 2.5 - 5.0, 0.35 : 2.5 - 5.0, 0.40 : 2.5 - 5.0, 0.45 : 3.0 - 5.0 และ 0.5 : 3.5 - 5.0 รวม 31 ส่วนผสม

1.5 สัดส่วนของอุณหภูมิอากาศที่เกิดลักษณะทำหนึ่ราน ไค้แก่ 0.2 : 4.0 - 5.0, 0.25 : 3.5 - 5.0, 0.3 : 2.0 และ 0.5 : 2.5 รวม 9 ส่วนผสม

1.6 สัดส่วนของอุณหภูมิอากาศที่ไม่เกิดทำหนึ่ใด ๆ ไค้แก่ 0.2 : 2.0, 0.2 : 3.0 - 3.5, 0.25 : 3.5, 0.35 : 2.0, 0.40 : 2.0,

0.45 : 2.0 - 2.5, 0.5 : 2.0 และ 0.5 : 3.0 รวม 11 ส่วนผสม

2. การทดลองเผาไหม้รบบากาศแบบรีกักชั้นเกิดลักษณะของเคลือบดังนี้

2.1 สัดส่วนของอุณหภูมิอากาศที่ก่เกิดลักษณะเคลือบด้าน ได้แก่ 0.2 : 2.0 - 5.0, 0.25 : 2.0, 0.25 : 3.0 - 5.0, 0.3 : 2.0, 0.45 : 2.0 และ 0.5 : 2.0 - 2.5 รวม 17 ส่วนผสม

2.2 สัดส่วนของอุณหภูมิอากาศที่ก่เกิดลักษณะเคลือบกึ่งด้านกึ่งมัน ได้แก่ 0.25 : 2.5, 0.3 : 2.5 - 5.0, 0.35 : 3.0 - 5.0, 0.4 : 4.0 - 5.0 และ 0.45 : 4.0 - 5.0 รวม 18 ส่วนผสม

2.3 สัดส่วนของอุณหภูมิอากาศที่ก่เกิดลักษณะเคลือบมันแวววาว ได้แก่ 0.35 : 2.0 - 2.5, 0.4 : 2.0 - 3.5, 4.5 : 2.5 - 3.5 และ 0.5 : 3.0 - 5.0 รวม 13 ส่วนผสม

2.4 สัดส่วนของอุณหภูมิอากาศที่ก่เกิดลักษณะทำหนึ่เริ่ม ได้แก่ 0.25 : 2.5 - 3.0, 0.3 : 3.0, 0.3 : 4.0 - 5.0, 0.35 : 2.5 - 4.5, 0.4 : 2.5 - 5.0, 0.45 : 3.5 - 4.5 และ 0.5 : 3.0 - 5.0 รวม 26 ส่วนผสม

2.5 สัดส่วนของอุณหภูมิอากาศที่ก่เกิดลักษณะทำหนึ่ราน ได้แก่ 0.2 : 4.0 - 5.0, 0.25 : 2.0, 0.25 : 3.5 - 5.0, 0.3 : 2.0, 0.45 : 2.0, 0.45 : 5.0 และ 0.5 : 2.0 รวม 12 ส่วนผสม

2.6 สัดส่วนของอุณหภูมิอากาศที่ก่เกิดลักษณะทำหนึ่เริ่มรวมกับทำหนึ่ราน ได้แก่ 0.3 : 2.5, 0.35 : 2.0, 0.4 : 2.0, 0.3 : 2.5 และ 0.45 : 2.5 - 3.0 รวม 5 ส่วนผสม

2.7 สัดส่วนของอุณหภูมิอากาศที่ไม่เกิดทำหนึ่ใด ๆ ได้แก่ 0.2 : 2.0 - 3.5, 0.3 : 3.5, 0.35 : 5.0 และ 0.5 : 2.5 รวม 7 ส่วนผสม

อภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะของเปลือกฝักรำ ที่ทดลองเผาในอุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส ทั้งในบรรยากาศการเผาแบบออกซิเจนและแบบรีดักชัน สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. ระบุความมันของเปลือก จากการวิเคราะห์พบว่า ส่วนผสมเปลือกที่เผา ในบรรยากาศแบบออกซิเจน มีลักษณะเปลือกคาน จำนวน 21 ส่วนผสม ลักษณะเปลือก กิ่งคานกิ่งมัน จำนวน 20 ส่วนผสม และลักษณะเปลือกมันแฉววาว จำนวน 6 ส่วนผสม ส่วนการทดลองเผาในบรรยากาศแบบรีดักชัน พบว่า มีลักษณะเปลือกคาน จำนวน 17 ส่วนผสม ลักษณะเปลือกกิ่งคานกิ่งมัน จำนวน 18 ส่วนผสม และลักษณะเปลือกมันแฉววาว จำนวน 13 ส่วนผสม นอกจากนี้ส่วนผสมเปลือกบางส่วนผสมจะมีลักษณะนิ่มหยาบ โดยเป็น ลักษณะเปลือกที่ได้จากการทดลองเผาในบรรยากาศแบบออกซิเจน จำนวน 6 ส่วนผสม และที่ได้จากการเผาแบบรีดักชัน จำนวน 6 ส่วนผสม ซึ่งส่วนผสมดังกล่าวเป็นส่วนผสม เกี่ยวกันทั้งสองบรรยากาศ จากการตรวจสอบพบว่า เป็นส่วนผสมเปลือกที่มีสัดส่วนของอุณหภูมิ ท่อซิลิกา คือ $0.2 : 4.0 - 5.0$ และ $0.25 : 4.0 - 5.0$ สาเหตุที่ทำให้ผิวเปลือก ของส่วนผสมเหล่านี้มีลักษณะหยาบ น่าจะเกิดจากในส่วนผสมเปลือกมีปริมาณของซิลิกาอยู่มาก เกินไป ทั้งนี้ซิลิกาเป็นวัสดุในกลุ่มที่ไม่ไวต่อปฏิกิริยา จึงทำให้เปลือกมีลักษณะนิ่มหยาบดังกล่าว (ปริทัศน์ พิมพ์ขาวฯ. 2530 : 248)

ระบุความมันของเปลือกฝักรำที่ปรากฏจากการวิจัยครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่า ระบุความมันของเปลือกจะแตกต่างกันไปตามสัดส่วนของอุณหภูมิท่อซิลิกา ซึ่งสอดคล้องกับการ ศึกษาของ พาร์เมลี (Parmelee. 1975 : 158) และสุมาลี ลิขิตวณิชกุล (2529 : 7) ซึ่งต่างก็พบว่า เปลือกที่มีสัดส่วนของอุณหภูมิท่อซิลิกาแปรค่าต่างกันจะมีลักษณะระบุความ มันของเปลือกต่างกัน

2. ความสมบูรณ์ของเปลือก จากผลการวิเคราะห์ พบว่า มีตำหนิเกิดขึ้นกับเปลือก 2 ลักษณะ คือ รุเข็ม และเปลือกบาน โดยการทดลองเผาในบรรยากาศแบบออกซิเจน เกิดรุเข็ม จำนวน 31 ส่วนผสม และเกิดเปลือกบาน จำนวน 9 ส่วนผสม สำหรับการทดลองเผาในบรรยากาศแบบรีดักชันเกิดรุเข็ม จำนวน 26 ส่วนผสม เกิดเปลือกบาน จำนวน 12 ส่วนผสม และเกิดทั้งรุเข็มและเปลือกบาน จำนวน 5 ส่วนผสม นอกจากนี้ ยังมีเปลือกที่ไม่เกิดตำหนิใด ๆ อีกจำนวน 11 และ 7 ส่วนผสม ตามลำดับ

การเกิดตำหนิของเปลือกที่ทดลองเผาในบรรยากาศแบบออกซิเจน รุเข็มจะเกิดขึ้นกับส่วนผสมเปลือกที่มีลักษณะก้าน กิ่งก้านกิ่งมัน และมันแฉววาว เปลือกบานจะเกิดขึ้นกับส่วนผสมเปลือกที่มีลักษณะคานเท่านั้น สำหรับการเผาในบรรยากาศแบบรีดักชันจะพบตำหนิรุเข็มในเปลือกลักษณะกิ่งก้านกิ่งมัน และในเปลือกมันแฉววาว เปลือกบานเกิดขึ้นกับเปลือกทั้งเปลือกคาน เปลือกกิ่งก้านกิ่งมัน และเปลือกมันแฉววาว

สำหรับสาเหตุของการเกิดตำหนิเปลือก ผู้วิจัยสันนิษฐานว่า ตำหนิรุเข็มน่าจะเกิดจากการแตกสลายของแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) เมื่อผ่านการเผาที่อุณหภูมิประมาณ 900 องศาเซลเซียส ซึ่งจะแตกสลายกลายเป็นแคลเซียมออกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ ($\text{CaO} + \text{CO}_2$) (โกลด์ รัชวังก์. 2531 : 47) คาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นแก๊สจะดันผิวเปลือกออกมาทำให้เกิดรุเข็มได้ หรืออาจจะเกิดจากการระเหยของสังกะสีออกไซด์ก็ได้ ตำหนิรุเข็มนี้อาจแก้ไขได้โดยการบีบเวลาในการเผายืนไฟออกไปอีกระยะหนึ่ง (สุรศักดิ์ โกสียพันธ์. 2531 : 74) ส่วนตำหนิเปลือกบานสาเหตุน่าจะเกิดจากเปลือกมีสมบัติการขยายตัวแตกต่างจากเนื้อดินเถ้ามาก ซึ่งแก้ไขได้โดยปรับปรุงส่วนผสมให้มีปริมาณฟลักซ์ลดลงและเพิ่มปริมาณซิลิกา (สุรศักดิ์ โกสียพันธ์. 2531 : 75) จะทำให้ได้เปลือกที่มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ ส่วนผสมหมายเลข 36 และ 43 ที่เผาในบรรยากาศแบบรีดักชันแล้วเปลือกมีลักษณะออกสีชมพูอ่อนนั้น จากการตรวจสอบพบว่า ส่วนผสมทั้งสองมีแร่ฮูมิตา

อยู่ซึ่งแตกต่างจากส่วนผสมอื่น ๆ ทำให้สันนิษฐานได้ว่า สาเหตุที่ทำให้เคลือบเกิดสีชมพูอ่อนนั้น น่าจะเกิดจากการที่ใช้เรอคูมินาเป็นส่วนผสมเคลือบเฟลคส์สปาร์เผาในบรรยากาศแบบรีดักชัน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ การนำผลการวิจัยนี้ไปใช้ในการผลิตเคลือบเฟลคส์สปาร์ที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส ทั้งในบรรยากาศการเผาแบบออกซิเคชันและรีดักชัน ผู้วิจัยขอแนะนำว่า ควรจะได้มีการนำส่วนผสมที่ต้องการใช้มาทดลองอีกครั้งเพื่อความมั่นใจ เนื่องจากส่วนผสมเคลือบที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ อาจจะไม่เหมาะสมกับเนื้อดินปั้นของผู้ที่จะนำไปใช้ ซึ่งจะทำได้หรือไม่เป็นไปตามต้องการ
2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป
 - 2.1 ควรศึกษาวิจัยสัดส่วนของคูมินาต่อซิลิกาที่ทำให้เกิดลักษณะเคลือบเฟลคส์สปาร์ในอุณหภูมิที่สูงขึ้นไป
 - 2.2 ควรศึกษาวิจัยสัดส่วนของคูมินาต่อซิลิกาที่ทำให้เกิดลักษณะเคลือบเฟลคส์สปาร์กับเนื้อดินปั้นมีส่วนผสมอื่น ๆ
 - 2.3 ควรศึกษาวิจัยในช่วงการเผาที่มีอัตราเร่งเฉลี่ยแตกต่างออกไป
 - 2.4 ควรศึกษาผลของการใช้เรอคูมินาแทนค่าในส่วนผสม ซึ่งมีผลต่อลักษณะของเคลือบเฟลคส์สปาร์ ที่เผาเคลือบในบรรยากาศแบบรีดักชัน

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- โกมล รัชวงศ์. งานทำสีสำเร็จรูป. กรุงเทพฯ : วิทยาลัยครูพระนคร, 2531.
- _____. วัตถุดิบที่ใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผาและเนื้อดินปั้น. กรุงเทพฯ : วิทยาลัยครูพระนคร, 2531.
- ทวีพยากรธรณี, กรม. แร่. ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ศรีเมืองการพิมพ์, 2526.
- ทวี พรหมพฤษษ์. เครื่องเคลือบดินเผาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์รุ่งเรืองรัตน์, 2523.
- _____. เตาและการเผา. กรุงเทพฯ : หจก. จงเจริญการพิมพ์, 2525.
- ปรีดา พิมพ์ขาวชา. เคลือบเซรามิกส์. กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์, 2530.
- _____. เซรามิกส์. ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532.
- สงเสริมอุตสาหกรรม, กรม. อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา. เชียงใหม่ : โรงพิมพ์ช้างเผือก, ม.ป.ป.
- สุมาลี ลิขิตวินกุล. ผลงานวิจัยเรื่อง น้ำเคลือบสีแดงจากโครมิกออกไซด์. ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2529. อักสาเนา.
- สุรศักดิ์ โกสยพันธ์. น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช, 2531.
- _____. วัสดุศาสตร์. กรุงเทพฯ : วิทยาลัยครูพระนคร, 2527.
- อำพน วัฒนรังสรรค์. เตาเผาเซรามิกส์. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น), 2531. อักสาเนา.
- Budnikov, P.P. The Technology of Ceramics and Refractories. Massachusetts : The M.I.T. Press, 1964.
- Fournier, Robert. Illustrated Dictionary of Practical Pottery. New York. Van Nostrand Reinhold Company, 1977.
- Nelson, Glenn C. Ceramic. New York : Holt, Rientfort and Winston Inc., 1966.

Parmelee, Cullen W. Ceramic Glaze. 3rd. Edition. Boston
Massachuseft CBI Publishing Company Inc., 1975.

Rhodes, Daniel. Clay and Glazes for The Potter. 4th. Great
Britain : Pitman Publishing, 1972.

Singer, Sonja S. Industrial Cermics. New York : Chemical
Publishing Co., Inc., 1960.

ກາດຜນວກ

ภาคผนวก ก

การคำนวณเคลื่อนจากสูตรพื้นฐาน
เป็นการย่อละของวัตถุ

ตาราง 7 แสดงการคำนวณเคลือบจากสูตรพื้นฐานเป็นกรวยระของวัตถุดิบ

หมายเลข ส่วนผสม	จำนวนโมเลกุล	วัตถุดิบ	น้ำหนัก โมเลกุล	น้ำหนัก ส่วนผสม	ค่า ร้อยละ
1	$0.2K_2O$ $0.2Al_2O_3$ $1.2SiO_2$	โปแตสเซิลด์สปาร์	556	111.20	45.33
	$0.1K_2O$	โปแตสเซียมคาร์บอเนต	138	13.80	5.63
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโลไมท์	184	18.40	7.41
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	16.11
	$0.05BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	3.97
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.63
	$0.5SiO_2$	ควอทซ์	60	30.00	12.09
	รวม			248.20	99.99
2	$0.2K_2O$ $0.2Al_2O_3$ $1.2SiO_2$	โปแตสเซิลด์สปาร์	556	111.20	40.39
	$0.1K_2O$	โปแตสเซียมคาร์บอเนต	138	13.80	5.01
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโลไมท์	184	18.40	6.86
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	14.53
	$0.05BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	3.58
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.47
	$1.3SiO_2$	ควอทซ์	60	78.00	28.33
	รวม			275.30	99.99

ตาราง 7 (ต่อ)

หมายเลข ส่วนผสม	จำนวนโมเลกุล	วัตถุดิบ	น้ำหนัก โมเลกุล	น้ำหนัก ส่วนผสม	ค่า ร้อยละ
3	$0.2K_2O$ $0.2Al_2O_3$ $1.2SiO_2$	โปแตสเฟลด์สปาร์	556	111.20	36.42
	$0.1K_2O$	โปแตส เข็มขาวบดเนต	138	13.80	4.52
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโลไนท์	184	18.40	6.03
	$0.4CaO$	แคล เข็มขาวบดเนต	100	40.00	13.10
	$0.05ZnO$	แบเรียมขาวบดเนต	197	9.85	3.23
	$0.05SiO_2$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.32
	1.89	กอลท์	60	108.00	35.37
	รวม			305.30	99.99
4	$0.2K_2O$ $0.2Al_2O_3$ $1.2SiO_2$	โปแตสเฟลด์สปาร์	556	111.20	33.16
	$0.1K_2O$	โปแตส เข็มขาวบดเนต	138	13.80	4.11
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโลไนท์	184	18.40	5.49
	$0.4CaO$	แคล เข็มขาวบดเนต	100	40.00	11.93
	$0.05BaO$	แบเรียมขาวบดเนต	197	9.85	2.94
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.21
	$2.3SiO_2$	กอลท์	60	138.00	41.16
	รวม			335.90	100.00

ตาราง 7 (ต่อ)

หมายเลข ส่วนผสม	จำนวนโมเลกุล	วัตถุดิบ	น้ำหนัก โมเลกุล	น้ำหนัก ส่วนผสม	ค่า ร้อยละ
5	$0.2K_2O$ $0.2Al_2O_3$ $1.2SiO_2$	โปแตสเฟลด์สปาร์	556	111.20	40.44
	$0.1K_2O$	โปแตสเชื่อมการบอเนต	138	13.80	3.78
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโคไนท์	184	18.40	5.04
	$0.4CaO$	แคลเซียมการบอเนต	100	40.00	10.95
	$0.05BaO$	แบเรียมการบอเนต	197	9.85	2.69
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.11
	$2.8SiO_2$	ควอทซ์	60	168.00	45.99
	รวม			365.30	100.00
6	$0.2K_2O$ $0.2Al_2O_3$ $1.2SiO_2$	โปแตสเฟลด์สปาร์	556	111.20	28.13
	$0.1K_2O$	โปแตสเชื่อมการบอเนต	138	13.80	3.44
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโคไนท์	184	18.40	4.65
	$0.4CaO$	แคลเซียมการบอเนต	100	40.00	10.12
	$0.05BaO$	แบเรียมการบอเนต	197	9.85	2.49
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.02
	$3.3SiO_2$	ควอทซ์	60	198.00	50.09
	รวม			395.30	99.99

ตาราง 7 (ต่อ)

หมายเลข ส่วนผสม	จำนวนโมเลกุล	วัตถุดิบ	น้ำหนัก โมเลกุล	น้ำหนัก ส่วนผสม	ค่า ร้อยละ
7	$0.2K_2O$ $0.2Al_2O_3$ $1.2SiO_2$ $0.1K_2O$ $0.1MgO$ $0.1CaO$ $0.4CaO$ $0.05BaO$ $0.05ZnO$ $3.8SiO_2$	โปแตสเฟลด์สปาร์ โปแตสเชื่อมการบอเนต โคโลไมท์ แกลเชื่อมการบอเนต แผลเชื่อมการบอเนต สังกะสีออกไซด์ กอชท์	556 138 184 100 197 81 60	111.20 13.80 18.40 40.00 9.85 4.05 228.00	26.15 3.24 4.33 9.40 2.32 0.95 53.61
	รวม			425.30	100.00
8	$0.25K_2O$ $0.25Al_2O_3$ $1.5SiO_2$ $0.05K_2O$ $0.1MgO$ $0.1CaO$ $0.4CaO$ $0.05BaO$ $0.05ZnO$ $0.5SiO_2$	โปแตสเฟลด์สปาร์ โปแตสเชื่อมการบอเนต โคโลไมท์ แกลเชื่อมการบอเนต แผลเชื่อมการบอเนต สังกะสีออกไซด์ กอชท์	556 138 184 100 197 81 60	139.00 6.90 18.40 40.00 9.85 4.05 30.00	56.00 2.78 7.41 16.11 3.97 1.63 12.09
	รวม			248.20	99.99

ตาราง 7 (ต่อ)

หมายเลข ส่วนผสม	จำนวนโมเลกุล	วัตถุดิบ	น้ำหนัก โมเลกุล	น้ำหนัก ส่วนผสม	ค่า ร้อยละ
9	$0.25\text{K}_2\text{O}$ $0.25\text{Al}_2\text{O}_3$ 1.5SiO_2	โปแตสเฟลด์สปาร์	556	139.00	49.96
	$0.05\text{K}_2\text{O}$	โปแตสเชียนคาร์บอเนต	138	6.90	2.48
	0.1MgO 0.1CaO	โคโลไนท์	184	18.40	6.61
	0.4CaO	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	14.38
	0.05BaO	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	3.54
	0.05ZnO	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.46
	1SiO_2	ควอทซ์	60	60.00	21.57
	รวม			278.20	100.00
10	$0.25\text{K}_2\text{O}$ $0.25\text{Al}_2\text{O}_3$ 1.5SiO_2	โปแตสเฟลด์สปาร์	556	139.00	45.10
	$0.05\text{K}_2\text{O}$	โปแตสเชียนคาร์บอเนต	138	6.90	2.24
	0.1MgO 0.1CaO	โคโลไนท์	184	18.40	5.97
	0.4CaO	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	12.98
	0.05BaO	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	3.19
	0.05ZnO	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.31
	1.5SiO_2	ควอทซ์	60	90.00	29.20
	รวม			308.20	99.99

ตาราง 7 (ต่อ)

หมายเลข ส่วนผสม	จำนวนโมเลกุล	วัตถุดิบ	น้ำหนัก โมเลกุล	น้ำหนัก ส่วนผสม	ค่า ร้อยละ
11	$0.25K_2O$ $0.25Al_2O_3$ $1.5SiO_2$	โปแตสเฟลด์สปาร์	556	139.00	41.10
	$0.05K_2O$	โปแตสเชียมคาร์บอเนต	138	6.90	2.04
	$0.1 MgO$ $0.1CaO$	โคโคไนท์	184	18.40	5.44
	$0.4 CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	11.83
	$0.05BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	2.91
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	11.19
	$2 SiO_2$	ควอทซ์	60	120.00	35.48
	รวม			338.00	99.99
12	$0.25K_2O$ $0.25Al_2O_3$ $1.5SiO_2$	โปแตสเฟลด์สปาร์	556	139.00	37.75
	$0.05K_2O$	โปแตสเชียมคาร์บอเนต	138	6.90	1.87
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโคไนท์	184	18.40	5.00
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	10.86
	$0.05BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	2.67
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.11
	$2.5SiO_2$	ควอทซ์	60	150.00	40.74
	รวม			368.20	100.00

ตาราง 7 (ต่อ)

หมายเลข ส่วนผสม	จำนวนโมเลกุล	วัตถุดิบ	น้ำหนัก โมเลกุล	น้ำหนัก ส่วนผสม	ค่า ร้อยละ
13	$0.25K_2O$ $0.25Al_2O_3$ $1.5SiO_2$	โปแตสเฟลด์สปาร์	556	139.00	34.91
	$0.05K_2O$	โปแตสเชียมคาร์บอเนต	138	6.90	1.73
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโลไมท์	184	18.40	4.62
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	10.04
	$0.05BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	2.47
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.02
	$3SiO_2$	ควอทซ์	60	180.00	45.20
	รวม			398.20	99.99
14	$0.25K_2O$ $0.25Al_2O_3$ $1.5SiO_2$	โปแตสเฟลด์สปาร์	556	139.00	32.46
	$0.05K_2O$	โปแตสเชียมคาร์บอเนต	138	6.90	1.62
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโลไมท์	184	18.40	4.29
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	9.34
	$0.05BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	2.30
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	0.94
	$3.5SiO_2$	ควอทซ์	60	210.00	49.04
	รวม			428.20	100.00

ตาราง 7 (ต่อ)

หมายเลข ส่วนผสม	จำนวนโมเลกุล	วัตถุดิบ	น้ำหนัก โมเลกุล	น้ำหนัก ส่วนผสม	ค่า ร้อยละ
15	$0.3 K_2O$ $0.3 Al_2O_3$ $1.8 SiO_2$	โปแตสเฟลด์สปาร์	556	166.80	66.43
	$0.1 MgO$ $0.1 CaO$	โคโลไมท์	184	18.40	7.32
	$0.4 CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	15.93
	$0.05 BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	3.92
	$0.05 ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.61
	$0.2 SiO_2$	ควอทซ์	60	12.00	4.79
	รวม			251.10	100.00
16	$0.3 K_2O$ $0.3 Al_2O_3$ $1.8 SiO_2$	โปแตสเฟลด์สปาร์	556	166.80	59.34
	$0.1 MgO$ $0.1 CaO$	โคโลไมท์	184	18.40	6.55
	$0.4 CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	14.23
	$0.05 BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	3.50
	$0.05 ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.44
	$0.7 SiO_2$	ควอทซ์	60	42.00	14.94
	รวม			281.10	100.00

ตาราง 7 (ต่อ)

หมายเลข ส่วนผสม	จำนวนโมเลกุล	วัตถุดิบ	น้ำหนัก โมเลกุล	น้ำหนัก ส่วนผสม	ค่า ร้อยละ
17	$0.3K_2O$ $0.3Al_2O_3$ $1.8SiO_2$ $0.1MgO$ $0.1CaO$ $0.4CaO$ $0.05BaO$ $0.05ZnO$ $1.2SiO_2$	โปแตสเฟลด์สปาร์ โคโลไนท์ แคลเซียมคาร์บอเนต แบเรียมคาร์บอเนต สังกะสีออกไซด์ ควอทซ์	556 184 100 197 81 60	166.80 18.40 40.00 9.85 4.05 72.00	59.34 6.55 14.23 3.50 1.44 14.94
	รวม			311.10	100.00
18	$0.3K_2O$ $0.3Al_2O_3$ $1.8SiO_2$ $0.1MgO$ $0.1CaO$ $0.4CaO$ $0.05BaO$ $0.05ZnO$ $1.7SiO_2$	โปแตสเฟลด์สปาร์ โคโลไนท์ แคลเซียมคาร์บอเนต แบเรียมคาร์บอเนต สังกะสีออกไซด์ ควอทซ์	556 184 100 197 81 60	166.80 18.40 40.00 9.85 4.05 102.00	48.90 5.39 11.73 2.89 1.19 29.90
	รวม			341.10	100.00

ตาราง 7 (ต่อ)

หมายเลข ส่วนผสม	จำนวนโมเลกุล	วัตถุดิบ	น้ำหนัก โมเลกุล	น้ำหนัก ส่วนผสม	ค่า ร้อยละ
19	$0.3K_2O$ $0.3Al_2O_3$ $1.8SiO_2$	โปแตสเฟลด์สปาร์	556	166.80	44.95
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโคไนท์	184	18.40	4.96
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	10.78
	$0.05 BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	2.65
	$0.05 ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.09
	$2.2SiO_2$	ควอทซ์	60	132.00	35.57
	รวม			371.10	100.00
20	$0.3K_2O$ $0.3Al_2O_3$ $1.8SiO_2$	โปแตสเฟลด์สปาร์	556	166.80	41.58
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโคไนท์	184	18.40	4.59
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	9.97
	$0.05 BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	2.46
	$0.05 ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.01
	$2.7SiO_2$	ควอทซ์	60	162.00	40.39
	รวม			401.10	100.00

ตาราง 7 (ต่อ)

หมายเลข ส่วนผสม	จำนวนโมเลกุล	วัตถุดิบ	น้ำหนัก โมเลกุล	น้ำหนัก ส่วนผสม	ค่า ร้อยละ
21	$0.3K_2O$ $0.3Al_2O_3$ $1.8SiO_2$	โปแตสเซฟอสเฟต	556	166.80	38.69
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโคไนท์	184	18.40	4.27
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	9.28
	$0.05BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	2.28
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	0.94
	$3.2SiO_2$	ควอทซ์	60	192.00	44.54
	รวม			431.10	100.00
22	$0.3K_2O$ $0.3Al_2O_3$ $1.8SiO_2$	โปแตสเซฟอสเฟต	556	166.80	64.65
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโคไนท์	184	18.40	7.13
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	15.50
	$0.05BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	3.82
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.57
	$0.05Al_2O_3$ $0.1SiO_2$	คินชาว	258	12.90	5.00
	$0.1SiO_2$	ควอทซ์	60	6.00	2.33
	รวม			258.00	100.00

ตาราง 7 (ต่อ)

หมายเลข ส่วนผสม	จำนวนโมเลกุล	วัตถุดิบ	น้ำหนัก โมเลกุล	น้ำหนัก ส่วนผสม	ค่า ร้อยละ
23	$0.3K_2O$ $0.3Al_2O_3$ $1.8SiO_2$	โปแตสเซิลด์สปาร์	556	166.80	57.92
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโลไนท์	184	18.40	6.39
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	13.89
	$0.05BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	3.42
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.41
	$0.05Al_2O_3$ $0.1SiO_2$	หินขาว	258	12.90	4.48
	$0.6SiO_2$	ควอทซ์	60	36.00	12.50
	รวม			288.00	100.00
24	$0.3K_2O$ $0.3Al_2O_3$ $1.8SiO_2$	โปแตสเซิลด์สปาร์	556	166.80	52.45
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโลไนท์	184	18.40	5.79
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	12.59
	$0.05BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	3.10
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.27
	$0.05Al_2O_3$ $0.1SiO_2$	หินขาว	258	12.90	4.06
	$1.1SiO_2$	ควอทซ์	60	66.00	20.76
	รวม			318.00	100.00

ตาราง 7 (ต่อ)

หมายเลข ส่วนผสม	จำนวนโมเลกุล	วัตถุดิบ	น้ำหนัก โมเลกุล	น้ำหนัก ส่วนผสม	ค่า ร้อยละ
25	$0.3K_2O$ $0.3Al_2O_3$ $1.8SiO_2$	โปแตสเฟลด์สปาร์	556	166.80	47.93
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโลไนท์	184	18.40	5.29
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	11.49
	$0.05BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	2.83
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.16
	$0.05Al_2O_3$ $0.1SiO_2$	หินขาว	258	12.90	3.71
	$1.6SiO_2$	กรวดหยาบ	60	96.00	27.59
	รวม			348.00	100.00
26	$0.3K_2O$ $0.3Al_2O_3$ $1.8SiO_2$	โปแตสเฟลด์สปาร์	556	166.80	44.13
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโลไนท์	184	18.40	4.87
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	10.58
	$0.05BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	2.61
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.07
	$0.05Al_2O_3$ $0.1SiO_2$	หินขาว	258	12.90	3.41
	$2.1SiO_2$	กรวดหยาบ	60	126.00	33.33
	รวม			378.00	100.00

ตาราง 7 (ต่อ)

หมายเลข ส่วนผสม	จำนวนโมเลกุล	วัตถุดิบ	น้ำหนัก โมเลกุล	น้ำหนัก ส่วนผสม	ค่า ร้อยละ
27	$0.3K_2O$ $0.3Al_2O_3$ $1.8SiO_2$	โปแตสเซิลด์สปาร์	556	166.80	40.88
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโคไลท์	184	18.40	4.51
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	9.80
	$0.05BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	2.41
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.00
	$0.05Al_2O_3$ $0.1SiO_2$	หินขาว	258	12.90	3.16
	$2.6SiO_2$	ควอทซ์	60	156.00	38.23
	รวม			408.00	100.00
28	$0.3K_2O$ $0.3Al_2O_3$ $1.8SiO_2$	โปแตสเซิลด์สปาร์	556	166.80	38.08
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโคไลท์	184	18.40	4.20
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	9.13
	$0.05BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	2.25
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	0.93
	$0.05Al_2O_3$ $0.1SiO_2$	หินขาว	258	12.90	2.95
	$3.1SiO_2$	ควอทซ์	60	186.00	42.46
	รวม			438.00	100.00

ตาราง 7 (ต่อ)

หมายเลข ส่วนผสม	จำนวนโมเลกุล	วัตถุดิบ	น้ำหนัก โมเลกุล	น้ำหนัก ส่วนผสม	ค่า ร้อยละ
29	$0.3K_2O$ $0.3Al_2O_3$ $1.8SiO_2$	โปแตสเซิลด์สปาร์	556	166.80	62.97
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโคไนท์	184	18.40	6.35
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	15.10
	$0.05BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	3.72
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.53
	$0.1Al_2O_3$ $0.2SiO_2$	หินขาว	258	25.80	9.74
	รวม			264.90	100.01
30	$0.3K_2O$ $0.3Al_2O_3$ $1.8SiO_2$	โปแตสเซิลด์สปาร์	556	116.80	56.56
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโคไนท์	184	18.40	6.24
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	13.56
	$0.05BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	3.34
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.37
	$0.1Al_2O_3$ $0.2SiO_2$	หินขาว	258	25.80	8.75
	$0.5SiO_2$	ควอทซ์	60	30.00	10.17
	รวม			294.90	99.99

ตาราง 7 (ต่อ)

หมายเลข ส่วนผสม	จำนวนโมเลกุล	วัตถุดิบ	น้ำหนัก โมเลกุล	น้ำหนัก ส่วนผสม	ค่า ร้อยละ
31	$0.3K_2O$ $0.3Al_2O_3$ $1.8SiO$	โปแตสเฟลด์สปาร์	556	166.80	51.34
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโลไมท์	184	18.40	5.66
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	12.31
	$0.05BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	3.03
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.25
	$0.1Al_2O_3$ $0.2SiO_2$	หินขาว	258	25.80	7.94
	$1SiO_2$	ควอทซ์	60	60.00	18.47
	รวม			324.90	100.00
32	$0.3K_2O$ $0.3Al_2O_3$ $1.8SiO_2$	โปแตสเฟลด์สปาร์	556	166.80	47.00
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโลไมท์	184	18.40	5.18
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	11.27
	$0.05BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	2.78
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.14
	$0.1Al_2O_3$ $0.2SiO_2$	หินขาว	258	25.80	7.27
	$1.5SiO_2$	ควอทซ์	60	90.00	25.36
	รวม			354.90	100.00

ตาราง 7 (ต่อ)

หมายเลข ส่วนผสม	จำนวนโมเลกุล	วัตถุดิบ	น้ำหนัก โมเลกุล	น้ำหนัก ส่วนผสม	ค่า ร้อยละ
33	$0.3K_2O$ $0.3Al_2O_3$ $1.8SiO_2$	โปแตสเซิลด์สปาร์	556	166.80	43.34
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโลไนท์	184	18.40	4.78
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	10.39
	$0.05BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	3.85	2.56
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.05
	$0.1Al_2O_3$ $0.2SiO_2$	หินขาว	258	25.80	6.70
	$2SiO_2$	กรวด	60	120.00	31.18
	รวม			384.90	100.00
34	$0.3K_2O$ $0.3Al_2O_3$ $1.8SiO_2$	โปแตสเซิลด์สปาร์	556	166.80	40.20
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโลไนท์	184	18.40	4.03
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	9.64
	$0.05BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	2.37
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	0.98
	$0.1Al_2O_3$ $0.2SiO_2$	หินขาว	258	25.80	6.22
	$2.5SiO_2$	กรวด	60	150.00	36.15
	รวม			414.90	100.00

ตาราง 7 (ต่อ)

หมายเลข ส่วนผสม	จำนวนโมเลกุล	วัตถุดิบ	น้ำหนัก โมเลกุล	น้ำหนัก ส่วนผสม	ค่า ร้อยละ
35	$0.3K_2O$ $0.3Al_2O_3$ $1.8SiO_2$	โปแตส เฟลด์สปาร์	556	166.80	37.40
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโลไมท์	184	18.40	4.14
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	8.99
	$0.05BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	2.21
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	0.91
	$0.1Al_2O_3$ $0.2SiO_2$	หินขาว	258	25.80	5.80
	$3SiO_2$	ควอทซ์	60	180.00	40.46
	รวม			444.90	100.00
36	$0.3K_2O$ $0.3Al_2O_3$ $1.8SiO_2$	โปแตส เฟลด์สปาร์	556	166.80	61.80
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโลไมท์	184	18.40	6.81
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	14.81
	$0.05BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	3.65
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.50
	$0.1Al_2O_3$ $0.2SiO_2$	หินขาว	258	25.80	9.55
	$0.05Al_2O_3$	อลูมินา	102	5.10	1.88
	รวม			270.00	100.00

ตาราง 7 (ต่อ)

หมายเลข ส่วนผสม	จำนวนโมเลกุล	วัตถุดิบ	น้ำหนัก โมเลกุล	น้ำหนัก ส่วนผสม	ค่า ร้อยละ
37	$0.3K_2O$ $0.3Al_2O_3$ $1.8SiO_2$	โปแตสเฟลด์สปาร์	556	166.80	55.27
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโคไนท์	184	18.40	6.10
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	13.25
	$0.05BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	3.26
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.34
	$0.15Al_2O_3$ $0.3SiO$	หินขาว	258	38.70	12.82
	$0.4SiO_2$	ควอทซ์	60	24.00	7.95
	รวม			301.80	99.99
38	$0.3K_2O$ $0.3Al_2O_3$ $1.8SiO_2$	โปแตสเฟลด์สปาร์	556	166.80	50.27
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโคไนท์	184	18.40	5.55
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	12.05
	$0.05BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	2.97
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.22
	$0.15Al_2O_3$ $0.3SiO_2$	หินขาว	258	38.70	11.66
	$0.9SiO_2$	ควอทซ์	60	54.00	16.27
	รวม			331.80	99.99

ตาราง 7 (ต่อ)

หมายเลข ส่วนผสม	จำนวนโมเลกุล	วัตถุดิบ	น้ำหนัก โมเลกุล	น้ำหนัก ส่วนผสม	ค่า ร้อยละ
39	$0.3K_2O$ $0.3Al_2O_3$ $1.8SiO_2$	โปแตสเฟลด์สปาร์	556	166.80	42.57
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโคไนท์	184	18.40	4.69
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	10.21
	$0.05BaO$	เบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	2.72
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.12
	$0.15Al_2O_3$ $0.3SiO_2$	ดินขาว	258	38.70	10.69
	$1.4SiO_2$	ควอทซ์	60	84.00	23.21
	รวม			361.80	99.99
40	$0.3K_2O$ $0.3Al_2O_3$ $1.8SiO_2$	โปแตสเฟลด์สปาร์	556	166.80	42.57
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโคไนท์	184	18.40	4.69
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	10.21
	$0.05BaO$	เบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	2.51
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.03
	$0.15Al_2O_3$ $0.3SiO_2$	ดินขาว	258	38.70	9.88
	$1.9SiO_2$	ควอทซ์	60	114.00	29.09
	รวม			391.80	99.99

ตาราง 7 (ต่อ)

หมายเลข ส่วนผสม	จำนวนโมเลกุล	วัตถุดิบ	น้ำหนัก โมเลกุล	น้ำหนัก ส่วนผสม	ค่า ร้อยละ
41	$0.3K_2O$ $0.3Al_2O_3$ $1.8SiO_2$	โปแตสเฟลด์สปาร์	556	166.80	39.54
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโลไนท์	184	18.40	4.36
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	9.48
	$0.05BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	2.34
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	0.96
	$0.15Al_2O_3$ $0.3SiO_2$	ดินขาว	258	38.70	9.17
	$2.4SiO_2$	ควอทซ์	60	144.00	34.14
	รวม			421.80	99.99
42	$0.3K_2O$ $0.3Al_2O_3$ $1.8SiO_2$	โปแตสเฟลด์สปาร์	556	166.80	36.92
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโลไนท์	184	18.40	4.07
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	8.85
	$0.05BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	2.18
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	0.89
	$0.15Al_2O_3$ $0.3SiO_2$	ดินขาว	258	38.70	8.57
	$2.9SiO_2$	ควอทซ์	60	174.00	38.51
	รวม			451.80	99.99

หมายเลข ส่วนผสม	จำนวนโมเลกุล	วัตถุดิบ	น้ำหนัก โมเลกุล	น้ำหนัก ส่วนผสม	ค่า ร้อยละ
43	$0.3K_2O$ $0.3Al_2O_3$ $1.8SiO_2$	โปแตสเฟลด์สปาร์	556	166.80	60.63
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโลไนท์	184	18.40	6.68
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	14.54
	$0.05BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	3.58
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.47
	$0.1Al_2O_3$ $0.2SiO_2$	หินขาว	258	25.80	9.38
	$0.1Al_2O_3$	อลูมินา	102	10.20	2.71
	รวม			275.10	99.99
44	$0.3K_2O$ $0.3Al_2O_3$ $1.8SiO_2$	โปแตสเฟลด์สปาร์	556	166.80	54.03
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโลไนท์	184	18.40	5.96
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	12.96
	$0.05BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	3.19
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.31
	$0.2Al_2O_3$ $0.4SiO_2$	หินขาว	258	51.60	17.72
	$0.3SiO_2$	ควอตซ์	102	18.00	5.83
	รวม			308.70	100.00

ตาราง 7 (ต่อ)

หมายเลข ส่วนผสม	จำนวนโมเลกุล	วัตถุดิบ	น้ำหนัก โมเลกุล	น้ำหนัก ส่วนผสม	ค่า ร้อยละ
45	$0.3K_2O$ $0.3Al_2O_3$ $1.8SiO_2$	โปแตสเฟลด์สปาร์	556	166.80	49.25
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโลไนท์	184	18.40	5.43
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	11.81
	$0.05BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	2.91
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.19
	$0.2Al_2O_3$ $0.4SiO_2$	หินขาว	258	51.60	15.23
	$0.8SiO_2$	ควอทซ์	60	48.00	14.17
	รวม			338.70	99.99
46	$0.3K_2O$ $0.3Al_2O_3$ $1.8SiO_2$	โปแตสเฟลด์สปาร์	556	166.80	45.23
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโลไนท์	184	18.40	4.99
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	10.85
	$0.05BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	2.67
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.09
	$0.2Al_2O_3$ $0.4SiO_2$	หินขาว	258	51.60	13.99
	$1.3SiO_2$	ควอทซ์	60	78.00	21.15
	รวม			368.70	99.99

ตาราง 7 (ต่อ)

หมายเลข ส่วนผสม	จำนวนโมเลกุล	วัตถุดิบ	น้ำหนัก โมเลกุล	น้ำหนัก ส่วนผสม	ค่า ร้อยละ
47	$0.3K_2O$	โปแตสเซิลด์สปาร์	556	166.80	41.84
	$0.3Al_2O_3$	โคโลไมท์	184	18.40	4.61
	$1.8SiO_2$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	10.03
	$0.1MgO$	แมกนีเซียมคาร์บอเนต	197	9.85	2.47
	$0.1CaO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	1.02
	$0.4CaO$	หินขาว	258	51.60	12.94
	$0.05BaO$	ทองแดง	60	108.00	27.09
	$0.05ZnO$				
	$0.2Al_2O_3$				
	$0.4SiO_2$				
	$1.8SiO_2$				
	รวม			338.70	100.00
48	$0.3K_2O$	โปแตสเซิลด์สปาร์	556	166.80	38.91
	$0.3Al_2O_3$	โคโลไมท์	184	18.40	4.29
	$1.8SiO_2$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	9.33
	$0.1MgO$	แมกนีเซียมคาร์บอเนต	197	9.85	2.29
	$0.1CaO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	0.94
	$0.4CaO$	หินขาว	258	51.60	12.04
	$0.05BaO$	ทองแดง	60	138.00	32.19
	$0.05ZnO$				
	$0.2Al_2O_3$				
	$0.4SiO_2$				
	$2.3SiO_2$				
	รวม			428.70	99.99

ตาราง 7 (ต่อ)

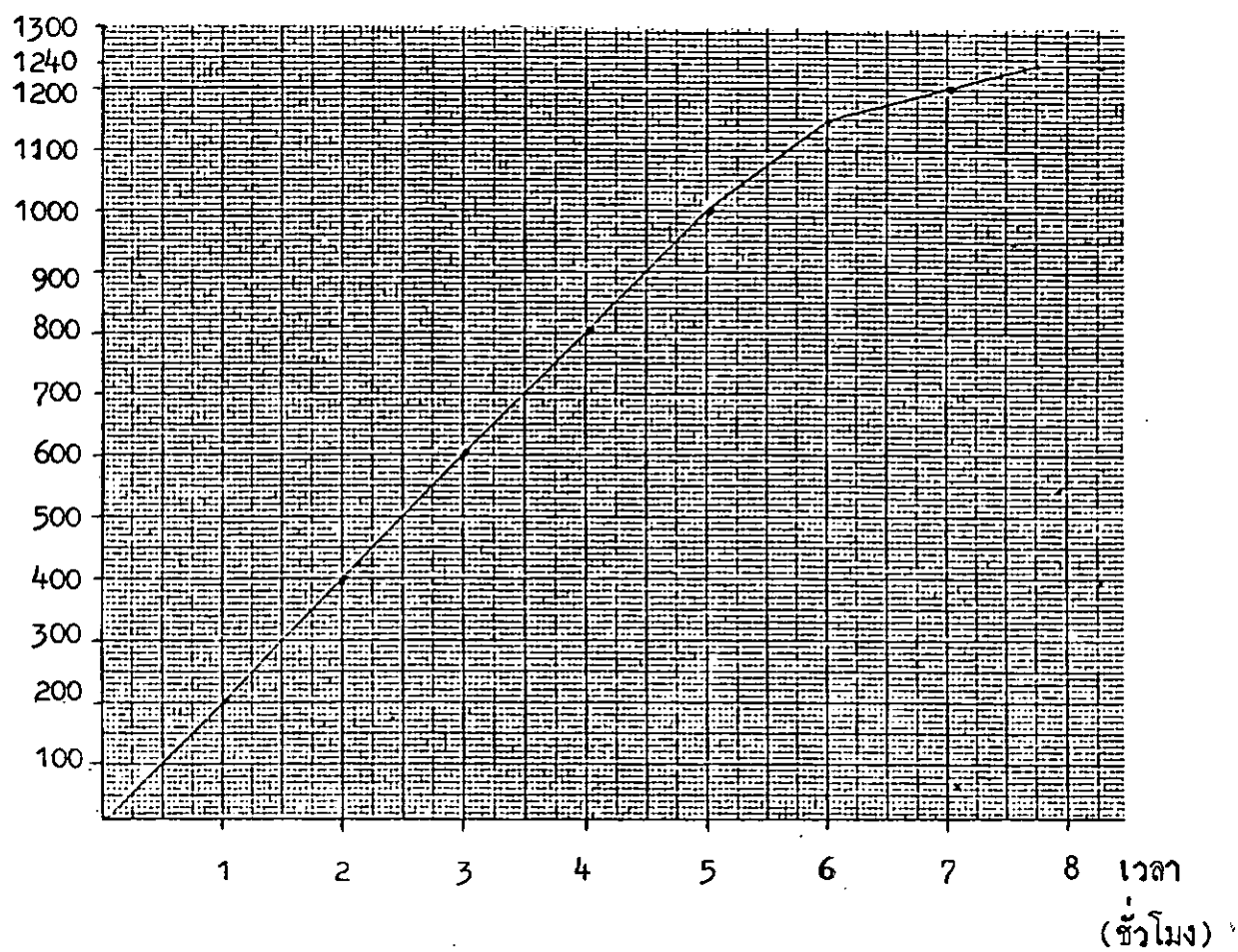
หมายเลข ส่วนผสม	จำนวนโมเลกุล	วัตถุดิบ	น้ำหนัก โมเลกุล	น้ำหนัก ส่วนผสม	ค่า ร้อยละ
49	$0.3K_2O$ $0.3Al_2O_3$ $1.8SiO_2$	โปแตสเฟลด์สปาร์	556	166.80	36.36
	$0.1MgO$ $0.1CaO$	โคโลไมท์	184	18.40	4.01
	$0.4CaO$	แคลเซียมคาร์บอเนต	100	40.00	8.72
	$0.05BaO$	แบเรียมคาร์บอเนต	197	9.85	2.15
	$0.05ZnO$	สังกะสีออกไซด์	81	4.05	0.88
	$0.2Al_2O_3$ $0.4SiO_2$	หินขาว	258	51.60	11.25
	$2.8SiO_2$	ควอทซ์	60	168.00	36.60
	รวม			458.10	100.00

ภาคผนวก ข.

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผาเคลือบ

อุณหภูมิ

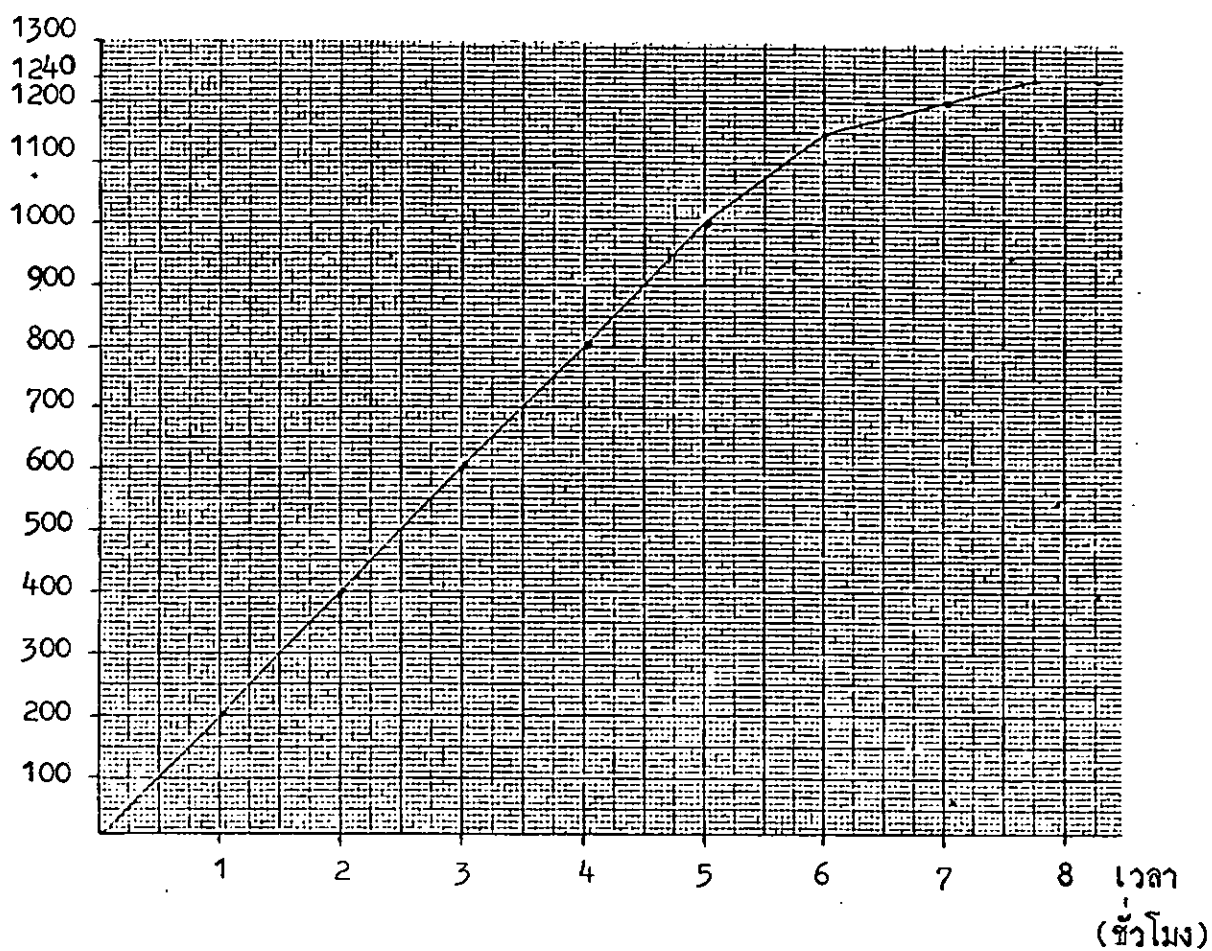
(องศาเซลเซียส)



ภาพประกอบ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผาเคลือบ
บรรยากาศแบบออกซิเคชั่นครั้งที่ 1

อุณหภูมิ

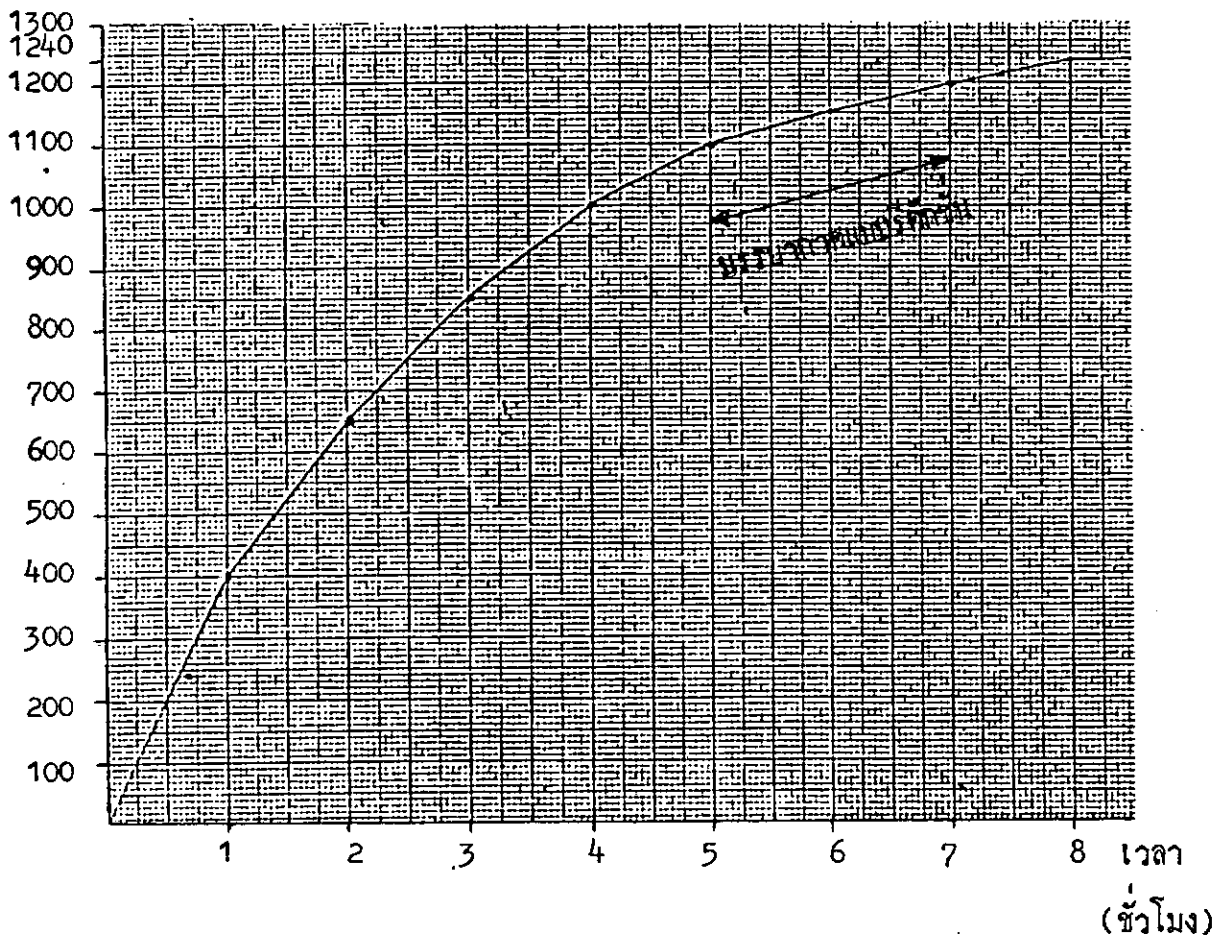
(องศาเซลเซียส)



ภาพประกอบ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผาเคลือบบรรยากาศแบบออกซิเคชั่นครั้งที่ 2

อุณหภูมิ

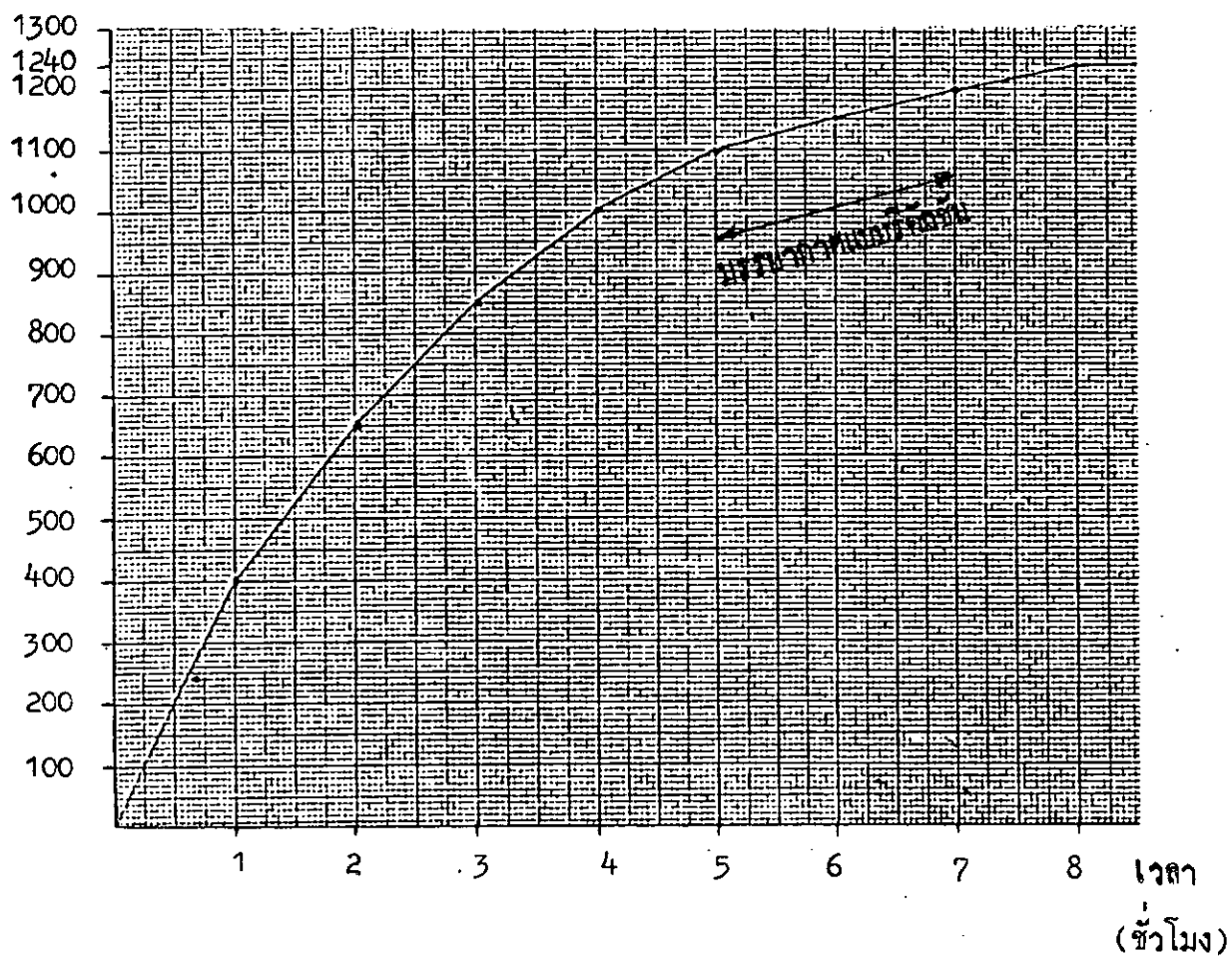
(องศาเซลเซียส)



ภาพประกอบ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผาเคลือบ
บรรยากาศแบบรีกักชั้นครั้งที่ 1

อุณหภูมิ

(องศาเซลเซียส)



ภาพประกอบ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผาเคลือบ

บรรยากาศแบบรีดิกันครั้งที่ 2

ภาคผนวก ก.

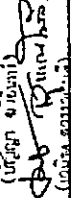
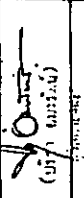
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ

ตาราง 8 (ต่อ)

ประเภทข้อบกพร่อง (Test Place)	8A	9A	10A	11A	12A	13A	14A
ความเรียบของผิว (Unfused)							
รอยขีดข่วน (Scratch)	✓		✓	✓	✓	✓	✓
รอยแตก (Crack)		✓					
รอยแตกร้าว (Crack-mat)							
รอยแตกร้าว (Bright)							
รอยแตกร้าว (Pinhole)		✓	✓		✓		
รอยแตกร้าว (Crazing)						✓	✓
รอยแตกร้าว (Surface)						✓	
รอยแตกร้าว (Packing)						✓	
รอยแตกร้าว (Crawling)							
รอยแตกร้าว (Running of glass)							
อื่นๆ						รอยแตกร้าว	รอยแตกร้าว

ตาราง 8 (ต่อ)

แบบทดสอบ (Test Piece)	15 A	16 A	17 A	18 A	19 A	20 A	21 A
แบบทดสอบ (Test Piece)							
ทดสอบไม่แตกหัก (Unfused)							
ทดสอบหัก (Frac)	✓		✓	✓	✓		
ทดสอบสีน้ำตาลเข้ม (Sun-stain)		✓				✓	✓
ทดสอบสีน้ำตาลจาง (Fright)							
ทดสอบรูเข็ม (Pinholes)		✓	✓	✓	✓	✓	✓
ทดสอบการแตกร้าว (Cracking)	✓						
ทดสอบความใส (Salvorlog)							
การบ่มออกจากเนื้อ (Peeling)							
ทดสอบความถี่ (Crawling)							
ทดสอบใสด้วยตา (Sounding of glass)							
อื่น ๆ							


 (Dr. J. J. J.)

 (Dr. J. J. J.)

 (Dr. J. J. J.)

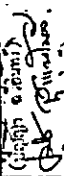
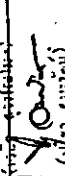
แบบทดสอบ (Test Place)	43A	44A	45A	46A	47A	48A	49A
แบบจำลองสี							
ทดสอบสีโดยมองจาก (Unfused)							
ทดสอบสี (Net)	✓	✓	✓				
ทดสอบสีที่ผ่าน (Semi-net)				✓			
ทดสอบสีแบบขาว (Bright)					✓	✓	✓
ทดสอบสี (Picholes)				✓	✓	✓	✓
ทดสอบสี (Crasing)		✓					
ทดสอบสี (Soleoring)						Handwritten signature and text	
ทดสอบสี (Peeling)						Handwritten signature and text	
ทดสอบสี (Cracking)						Handwritten signature and text	
ทดสอบสี (Humming of glass)							

หมายเหตุ (Foot Note)	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B
จำนวนลูกบอล							
ลูกบอลที่ไม่สมบูรณ์ (Unfused)							
ลูกบอลที่แตก (Fract)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ลูกบอลที่แตกหัก (Semi-mat)							
ลูกบอลที่แตกหัก (Bright)							
ลูกบอลที่แตกหัก (Polished)	✓						
ลูกบอลที่แตกหัก (Cracking)							
ลูกบอลที่แตกหัก (Shattering)							
ลูกบอลที่แตกหัก (Peeling)							
ลูกบอลที่แตกหัก (Crawling)							
ลูกบอลที่แตกหัก (Running of glass)							
อื่น ๆ							

Handwritten signature and notes in the table cells.

หมายเหตุ (Foot Place)	8B	9B	10B	11B	12B	13B	14B
พบร่องรอยเหล็ก							
เกลือโพแทสเซียม (Unfused)							
เกลือหิน (Nat)	✓		✓	✓	✓	✓	✓
เกลือกับหินดง (Gssal-mat)		✓					
เกลือหินขาว							
(Bright)							
เกลือหิน		✓	✓		✓		
(Pinholes)							
เกลือหิน						✓	✓
(Crasing)							
พบรอยขีดข่วน						✓	
(Scratching)							
การลอกออกเล็กน้อย							
(Peeling)							
เกลือหิน							
(Cracking)							
เกลือโพแทสเซียม							
(Running of glass)							
อื่นๆ						พบรอยขีดข่วน	พบรอยขีดข่วน

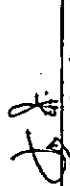
หมายเหตุ (Test Piece)	15B	16B	17B	18B	19B	20B	21B
ความเงา/การเคลือบ							
เคลือบไม่สมบูรณ์ (Unfused)							
เคลือบขาว (Mat)	✓		✓	✓			
เคลือบสีน้ำตาลเข้ม (Dark-brown)		✓				✓	✓
เคลือบสีน้ำตาลอ่อน (Light-brown)							
เคลือบสีน้ำตาล (Bright)		✓	✓	✓		✓	✓
เคลือบสีน้ำตาล (Pinholes)							
เกิดการร้าว (Cracking)	✓						
เกิดการแตก/ระเบิด (Shattering)							
การลอกหลุดจากเนื้อ (Peeling)							
เคลือบแตก (Cracking)							
เคลือบหลุด (Running of glass)							
อื่น ๆ							


 (John S.)

 (John S.)

 (John S.)

แบบทดสอบ (Test Place)	23B	23B	24B	25B	26B	27B	28B
ขณะเร่แถวเดี่ยว							28B
เคลื่อนไหวโดยอิสระตาม (Unfused)							
เคลื่อนไหวตาม (Part)	✓						
เคลื่อนไหวทั้งตัวทั้งขาคู่ (Semi-mat)		✓	✓	✓	✓	✓	✓
เคลื่อนไหวแบบก้าว (Brigade)							
เคลื่อนไหว (Pistol)		✓	✓	✓	✓	✓	✓
เคลื่อนไหว (Crane)							
เคลื่อนไหวแบบวิ่งเร็ว (Shooting)							
การวิ่งโดยอิสระตาม (Paceline)							
เคลื่อนไหวแบบคืบ (Crawling)							
เคลื่อนไหวโดยอิสระตาม (Running of place)							
อื่นๆ							


 (ผู้ฝึกสอน)
 (ผู้ฝึกสอน)
 (ผู้ฝึกสอน)
 (ผู้ฝึกสอน)

ประเภทของ (Test Place)	30B	31B	32B	33B	34B	35B
แบบเรขาคณิต	30B	31B	32B	33B	34B	35B
เกลือไม่ผสมทราย (Unfused)						
เกลือหิน (Salt)	✓					
เกลือสังกะสีกับ (Semi-mat)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
เกลือสังกะสีขาว						
(Bright)						
เกลือโซเดียม (Sulphate)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
เกลือคาร์บอเนต						
(Crazing)						
น้ำตาลฟรุกโตส						
(Sulphate)						
การผสมจากเกลือ						
(Feeling)						
เกลือผงขาว						
(Crawling)						
เกลือโพแทสเซียม (Salting of glass)						
อื่นๆ						


 (นาย ชัยวัฒน์)
 (นาย ชัยวัฒน์)
 (นาย ชัยวัฒน์)
 (นาย ชัยวัฒน์)
 (นาย ชัยวัฒน์)

 (ရဲမှူး ခန့်တင်) (ရဲမှူး ခန့်တင်)	 (ရဲမှူး ခန့်တင်) (ရဲမှူး ခန့်တင်)	 (ရဲမှူး ခန့်တင်) (ရဲမှူး ခန့်တင်)
---	---	---

ตาราง 8 (ต่อ)

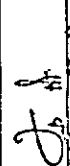
ประเภทของ (Foot Piece)	43B	44B	45B	46B	47B	48B	49B
ขนาดของรูหรือรู (Unfused)							
เกิดรอยแตก (Net)	✓	✓	✓				
เกิดรอยร้าว (Semi-net)				✓			
เกิดรอยร้าว (Bright)					✓	✓	✓
เกิดรูโหว่ (Fishholes)				✓	✓	✓	✓
เกิดรอยร้าว (Cracking)		✓				J.B. (ผู้ดูแล) P.B. (ผู้ดูแล) (ผู้ดูแล)	
ขนาดของรูหรือรู (Shrinking)						J.B. (ผู้ดูแล) P.B. (ผู้ดูแล) (ผู้ดูแล)	
การบดกลืน (Peeling)							
เกิดรอยร้าว (Cracking)							
เกิดรอยร้าว (Running of glass)							
อื่นๆ							

	1C	2C	3C	4C	5C	6C	7C
แบบทดสอบ (Test Photo)							
เคลือบโลหะบนกระจก (Infused)							
เคลือบผิว (Paint)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
เคลือบสีด้วยมือ (Semi-set)							
เคลือบสีด้วยวิธี (Enlight)							
เคลือบสี (Pinholes)							
เคลือบสี (Cracking)					✓	✓	✓
เคลือบสี (Salvering)						Handwritten signature and notes	
การเคลือบจากเนื้อไม้ (Peeling)							
เคลือบสี (Creolina)							
เคลือบสี (Burning of glass)							
อื่นๆ					พริ้วไหว	ฉาบเรียบ	ฉาบเรียบ

แบบทดสอบ (Test Place)	8C	9C	10C	11C	12C	13C	14C
แบบทดสอบที่ไม่ชัดเจน (Unfocused)							
แบบทดสอบที่ชัดเจน (Foc.)	✓		✓	✓	✓	✓	✓
แบบทดสอบที่ชัดเจน (Semi-clear)		✓					
แบบทดสอบที่ชัดเจน (Bright)							
แบบทดสอบที่ชัดเจน (Plausible)		✓			✓	✓	✓
แบบทดสอบที่ชัดเจน (Craving)							
แบบทดสอบที่ชัดเจน (Discreting)							
แบบทดสอบที่ชัดเจน (Feeling)							
แบบทดสอบที่ชัดเจน (Crawling)							
แบบทดสอบที่ชัดเจน (Running of glass)							
อื่นๆ							


 (นาย) นาย (ชื่อ)
 (นาย) นาย (ชื่อ)
 (นาย) นาย (ชื่อ)
 (นาย) นาย (ชื่อ)

ข้อบกพร่อง (Fault Name)	15C	16C	17C	18C	19C	20C	21C
รอยร้าวในเนื้อผิว (Surface crack)							
รอยร้าวในเนื้อผิว (Scratch)	✓						
รอยร้าวในเนื้อผิว (Pinholes)		✓	✓	✓	✓	✓	✓
รอยร้าวในเนื้อผิว (Sand-mat)							
รอยร้าวในเนื้อผิว (Scratch)							
รอยร้าวในเนื้อผิว (Pinholes)							
รอยร้าวในเนื้อผิว (Crazing)							
รอยร้าวในเนื้อผิว (Stiffening)							
รอยร้าวในเนื้อผิว (Peeling)							
รอยร้าวในเนื้อผิว (Crazing)							
รอยร้าวในเนื้อผิว (Running of glaze)							
อื่นๆ							


 (ชื่อ นามสกุล)
 (ตำแหน่ง)
 (วันที่)

เลขที่ใบปะหน้า (Test Piece)	22C	23C	24C	25C	26C	27C	28C
แผ่นกระดาษเคลือบ							
แผ่นกระดาษเคลือบ (Unfused)							
แผ่นกระดาษเคลือบ (Vat)							
แผ่นกระดาษเคลือบ (Semi-mat)							
แผ่นกระดาษเคลือบ (Bright)							
แผ่นกระดาษเคลือบ (Pinholes)							
แผ่นกระดาษเคลือบ (Cracking)							
แผ่นกระดาษเคลือบ (Stripping)							
แผ่นกระดาษเคลือบ (Peeling)							
แผ่นกระดาษเคลือบ (Cracking)							
แผ่นกระดาษเคลือบ (Rolling of glass)							
แผ่นกระดาษเคลือบ							

หมายเหตุ (Note Piece)	29C	30D	31D	32C	33C	34C	35C
ทวนระลอกคลื่น (Irregular)							
เกล็ดหิน (Lift)							
เกล็ดหินสีเข้ม (Semi-dark)					✓	✓	✓
เกล็ดหินขาว (Bright)	✓	✓	✓	✓			
เกล็ดหิน (Pinholes)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
เกล็ดหิน (Cracking)	✓	✓					
เกล็ดหินสีเข้ม (Sulforing)							
การร่อนและแตก (Peeling)						Handwritten signature and text	
เกล็ดหิน (Cracking)							
เกล็ดหิน (Flaming of glass)							
อื่นๆ							

W. C. Brown

แบบทดสอบ (Test Place)	43C	44C	45C	46C	47C	48C	49C
แบบทดสอบ 1							
แบบทดสอบ 2							
แบบทดสอบ 3							
แบบทดสอบ 4							
แบบทดสอบ 5							
แบบทดสอบ 6							
แบบทดสอบ 7							
แบบทดสอบ 8							
แบบทดสอบ 9							
แบบทดสอบ 10							
แบบทดสอบ 11							
แบบทดสอบ 12							
แบบทดสอบ 13							
แบบทดสอบ 14							
แบบทดสอบ 15							
แบบทดสอบ 16							
แบบทดสอบ 17							
แบบทดสอบ 18							
แบบทดสอบ 19							
แบบทดสอบ 20							
แบบทดสอบ 21							
แบบทดสอบ 22							
แบบทดสอบ 23							
แบบทดสอบ 24							
แบบทดสอบ 25							
แบบทดสอบ 26							
แบบทดสอบ 27							
แบบทดสอบ 28							
แบบทดสอบ 29							
แบบทดสอบ 30							
แบบทดสอบ 31							
แบบทดสอบ 32							
แบบทดสอบ 33							
แบบทดสอบ 34							
แบบทดสอบ 35							
แบบทดสอบ 36							
แบบทดสอบ 37							
แบบทดสอบ 38							
แบบทดสอบ 39							
แบบทดสอบ 40							
แบบทดสอบ 41							
แบบทดสอบ 42							
แบบทดสอบ 43							
แบบทดสอบ 44							
แบบทดสอบ 45							
แบบทดสอบ 46							
แบบทดสอบ 47							
แบบทดสอบ 48							
แบบทดสอบ 49							
แบบทดสอบ 50							
แบบทดสอบ 51							
แบบทดสอบ 52							
แบบทดสอบ 53							
แบบทดสอบ 54							
แบบทดสอบ 55							
แบบทดสอบ 56							
แบบทดสอบ 57							
แบบทดสอบ 58							
แบบทดสอบ 59							
แบบทดสอบ 60							
แบบทดสอบ 61							
แบบทดสอบ 62							
แบบทดสอบ 63							
แบบทดสอบ 64							
แบบทดสอบ 65							
แบบทดสอบ 66							
แบบทดสอบ 67							
แบบทดสอบ 68							
แบบทดสอบ 69							
แบบทดสอบ 70							
แบบทดสอบ 71							
แบบทดสอบ 72							
แบบทดสอบ 73							
แบบทดสอบ 74							
แบบทดสอบ 75							
แบบทดสอบ 76							
แบบทดสอบ 77							
แบบทดสอบ 78							
แบบทดสอบ 79							
แบบทดสอบ 80							
แบบทดสอบ 81							
แบบทดสอบ 82							
แบบทดสอบ 83							
แบบทดสอบ 84							
แบบทดสอบ 85							
แบบทดสอบ 86							
แบบทดสอบ 87							
แบบทดสอบ 88							
แบบทดสอบ 89							
แบบทดสอบ 90							
แบบทดสอบ 91							
แบบทดสอบ 92							
แบบทดสอบ 93							
แบบทดสอบ 94							
แบบทดสอบ 95							
แบบทดสอบ 96							
แบบทดสอบ 97							
แบบทดสอบ 98							
แบบทดสอบ 99							
แบบทดสอบ 100							

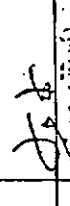
10

J. J.
 (J. J. J. J.)
 J. J. J. J.
 (J. J. J. J.)
 J. J. J. J.
 (J. J. J. J.)

	15D	16D	17D	18D	19D	20D	21D
แผ่นกระดาษ (Test Piece)							
แผ่นกระดาษดิบ (Unfired)							
แผ่นกระดาษ (Felt)	✓	✓					
แผ่นกระดาษที่ผ่านการ (Semi-set)				✓	✓	✓	✓
แผ่นกระดาษที่ผ่านการ (Bright)			✓				
แผ่นกระดาษที่ผ่านการ (Pinkish)							
แผ่นกระดาษที่ผ่านการ (Graying)							
แผ่นกระดาษที่ผ่านการ (Salter's)							
การเชื่อมจากแผ่นกระดาษ (Peeling)							
การเชื่อมแบบหัว (Crawling)							
การเชื่อมแบบหัวจาก (Bunning of glass)							
หมายเหตุ							

ตำแหน่ง (Test Place)	22D	23D	24D	25D	26D	27D	28D
บนกระดาษ (On paper)							
บนพื้นผิวเรียบ (On smooth surface)							
บนพื้นผิวขรุขระ (On rough surface)							
บนพื้นผิวที่มีรอยขีด (On surface with scratches)							
บนพื้นผิวที่มีรอยร้าว (On surface with cracks)							
บนพื้นผิวที่มีรู (On surface with holes)							
บนพื้นผิวที่มีรอยแตก (On surface with fissures)							
บนพื้นผิวที่มีรอยขีดและรอยร้าว (On surface with scratches and cracks)							
บนพื้นผิวที่มีรูและรอยร้าว (On surface with holes and cracks)							
บนพื้นผิวที่มีรอยแตกและรอยขีด (On surface with fissures and scratches)							
บนพื้นผิวที่มีรอยขีด รอยร้าว และรู (On surface with scratches, cracks, and holes)							
บนพื้นผิวที่มีรอยขีด รอยร้าว และรอยแตก (On surface with scratches, cracks, and fissures)							
บนพื้นผิวที่มีรอยขีด รอยร้าว รอยแตก และรู (On surface with scratches, cracks, fissures, and holes)							

ตำแหน่ง (Test Place)	๑๑D	๑๐D	๓1D	๓2D	๓3D	๓4D	๓5D
รอยขีดข่วน (Unfused)							
รอยขีดข่วน (Vat)							
รอยขีดข่วนที่เข้ม (Seal-mar)					✓	✓	✓
รอยขีดข่วนที่สว่าง (Bright)	✓	✓	✓	✓			
รอยขีดข่วน (Pinholes)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
รอยขีดข่วน (Cracking)	✓	✓					
รอยขีดข่วนที่ละเอียด (Shrinking)							
รอยขีดข่วนที่หยาบ (Peeling)							
รอยขีดข่วนที่หยาบ (Zerolite)							
รอยขีดข่วนที่หยาบ (Running of glass)							
อื่น ๆ							


 (ชื่อ-นามสกุล)
 (ตำแหน่ง)
 (วันที่)

ตำแหน่ง (Test Place)	36D	37D	38D	39D	40D	41D	42D
พบรอยร้าว							
เกิดโพรงอากาศ (Unfused)							
เกิดฝุ่น (Dust)	✓						
เกิดสีผิดเพี้ยน (Scal-mat)					✓	✓	✓
เกิดมันวาว (Bright)		✓	✓	✓			
เกิดรูเข็ม (Pinholes)		✓	✓	✓	✓	✓	✓
เกิดรอยร้าว (Cracking)	✓	✓					
พบสารตกค้าง (ขี้ผึ้ง) (Showering)							
การไหลของสารตกค้าง (Peeling)							
เกิดรอยแตก (Cracking)							
เกิดโพรงอากาศ (Bubbling of glass)							
อื่นๆ	ไม่พบ						

แบบทดสอบ (Test Piece)	43D	44D	45D	46D	47D	48D	49D
ขนาดรูปทรงและผิว							
เคลือบไม่ทึบและขาว (Unfused)							
เคลือบด้าน (Mat)	✓	✓					
เคลือบเงาที่มัน (Semi-mat)							
เคลือบมันวาว (Sightly)			✓	✓	✓	✓	✓
เกิดรูเข็ม (Pinholes)			✓	✓	✓	✓	✓
เกิดการร่น (Cracking)	✓						
เกิดการฉีก/ระลอก (Scratching)							
การเปลี่ยนแปลงสี (Fading)							
เคลือบแตก (Cracking)							
เคลือบหลุดลอก (Flaking of glass)							
อื่นๆ	เคลือบด้าน						


 (ผู้ตรวจ) (ผู้ตรวจ)
 (ผู้ตรวจ) (ผู้ตรวจ)
 (ผู้ตรวจ) (ผู้ตรวจ)

ภาคผนวก ง.

หนังสือขอความอนุเคราะห์

- ขอความอนุเคราะห์สถานที่ทำการวิจัย
- ขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญในการวิเคราะห์ผลการวิจัย



ที่ ทม 1012/1116

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน

ถนนจรัญญะ เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220

19 กรกฎาคม 2534

เรื่อง ขออนุญาตใช้สถานที่ในการทดลองวิจัย

เรียน อธิการวิทยาลัยครูพระนคร

ด้วย นายนิวัตร พัดมะ นิติกระตบพิฎาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา ของ
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน

นิสิตผู้นี้ กำลังทำปริญญานิพนธ์เรื่อง "การทดลองสกัดส่วนอลูมิเนียมจากชิลิก้า ที่มีผลต่อเคลือบ
เพล็กซ์ปาร์" ทั้งนี้ อยู่ในความควบคุมดูแลของ ผศ.โกมล รักช่วงศ์ เป็นประธานกรรมการ และ
ดร.อุบวิทย์ สุวคันนกุล เป็นกรรมการ

สิ่งที่นิสิตขอความอนุเคราะห์คือ มีความประสงค์จะขอใช้สถานที่ของภาควิชาเครื่องปั้น
ดินเผา ของวิทยาลัยครูพระนคร เป็นสถานที่ทำการทดลองวิจัยดังกล่าว ในระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึง
เดือนกันยายน 2534

มหาวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณใน
ความช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดให้แก่นิสิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นายเมตต์ แยมวงษ์)

ผู้ช่วยรองอธิการบดีฝ่ายบริหาร รักษาการแทน

รองอธิการบดี

กองธุรการวิทยาเขตบางเขน

โทร. 521-1578, 521-1429



ที่ ทม 1012/1202

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน

ถนนแจ้งวัฒนะ เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220

๙ สิงหาคม 2534

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญวิเคราะห์ผลการทดลอง

เรียน อาจารย์เวนิช สุวรรณามลี

ด้วย นายนิวัตร พัทธนะ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา ของ
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน นิสิตผู้นี้กำลังทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "การทดลองสกัดส่วน
ของอลูมินาต่อซิลิกา ที่มีผลต่อลักษณะของเคลือบเฟลด์สปาร์" ทั้งนี้ อยู่ในความควบคุมดูแลของ

ผศ. ภิรมล รักช้างค์ ประธานกรรมการ และ

ดร. อุบลวิทย์ สุวคันธกุล กรรมการ

สิ่งที่นิสิตผู้นี้ใคร่ขอความอนุเคราะห์ คือ ขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญการวิเคราะห์ผล
การทดลอง เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายของการทำวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านคงจะให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี และขอขอบคุณมา
 ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายธานี ทับทิมโคต)

รองอธิการบดี

กองธุรการวิทยาเขตบางเขน

โทร. 521-1578, 521-1429



ที่ ทม 1012/130๑

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน

ถนนแจ้งวัฒนะ เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220

๙ สิงหาคม 2534

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญวิเคราะห์ผลการทดลอง

เรียน อาจารย์ปรีชา อมรัตน์

ด้วย นายนิวัตร พัสละ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา ของ
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน นิสิตผู้นี้กำลังทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "การทดลองสัดส่วน
ของอลูมิเนียมคอปเปอร์ ที่มีผลต่อลักษณะของเคลือบเพลตส์สปาร์" ทั้งนี้ อยู่ในความควบคุมดูแลของ

ผศ. โกมล รักช่วงค์ ประธานกรรมการ และ

ดร. อุปวิทย์ สุวคันธกุล กรรมการ

สิ่งที่นิสิตผู้นี้ใคร่ขอความอนุเคราะห์ คือ ขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในการวิเคราะห์ผล
การทดลอง เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายของการทำวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านคงจะให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี และขอขอบคุณมา
ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายธานี ทับทิมโศ)

รองอธิการบดี

กองธุรการวิทยาเขตบางเขน

โทร. 521-1578, 521-1429



ที่ ทม 1012/๒๕๖

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน

ถนนแจ้งวัฒนะ เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220

๙ สิงหาคม 2534

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญวิเคราะห์ผลการทดลอง
เรียน คุณปัญญา จรีอินทร์

ด้วย นายนิวัตร พัทธนะ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา ของ
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน นิสิตผู้นี้กำลังทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "การทดลองสัดส่วน
ของอลูมิเนียมคอลลีค้ำ ที่มีผลต่อลักษณะของเคลือบเพล็กซ์สปาร์" ทั้งนี้ อยู่ในความควบคุมดูแลของ

ผศ. โกมล รักช่วงค์ ประธานกรรมการ และ

ดร. อุบวิทย์ สุคันธกุล กรรมการ

สิ่งที่นิสิตผู้นี้ใคร่ขอความอนุเคราะห์ คือ ขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในการวิเคราะห์ผล
การทดลอง เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายของการทำวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านคงจะให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี และขอขอบคุณมา
ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายธานี ทับทิมโรด)

รองอธิการบดี

กองธุรการวิทยาเขตบางเขน

โทร. 521-1578, 521-1429

ภาคผนวก จ.

ประวัติของผู้ให้สัมภาษณ์

ประวัติย่อของผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อ อาจารย์ เวนิช สุวรรณโมลี ตำแหน่ง อาจารย์ 2 ระดับ 5

สถานที่ทำงาน ภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

วุฒิทางการศึกษา ปริญญาตรี ครุศาสตรบัณฑิต (อุตสาหกรรมศิลป์)
สาขาเครื่องปั้นดินเผา

ประวัติทางการสอนสาขาวิชาเซรามิกส์

พ.ศ. 2523 - ปัจจุบัน เป็นอาจารย์ประจำภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา
คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติการทำงาน ในสถานประกอบการอุตสาหกรรมเซรามิกส์

พ.ศ. 2527 - ปัจจุบัน เป็นผู้จัดการและเจ้าของกิจการ
บริษัท เวนิชเซรามิกส์ จำกัด

ผลงานเซรามิกส์ที่ได้รับรางวัล

1. รางวัลเหรียญทอง การแสดงศิลปะเครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติ
ครั้งที่ 2
2. รางวัลเหรียญทองแดง การแสดงศิลปะเครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติ
ครั้งที่ 1
3. รางวัลที่ 1 การแสดงศิลปะเครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติ ครั้งที่ 3
4. รางวัลที่ 1 (ประเภทอุตสาหกรรม) การแสดงศิลปะเครื่องปั้น
ดินเผาแห่งชาติ ครั้งที่ 3

ประวัติย่อของยูเซียวชาญ

ชื่อ อาจารย์ปรีชา อมรรักษ์ ตำแหน่ง อาจารย์ 1 ระดับ 4

สถานที่ทำงาน ภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

วุฒิทางการศึกษา อนุปริญญา จิตรกรรม - ประติมากรรมและภาพพิมพ์
มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปริญญาตรี ครุศาสตรบัณฑิต (อุตสาหกรรมศิลป์)

สาขาเครื่องปั้นดินเผา

ประวัติทางการสอนสาขาวิชาเซรามิกส์

พ.ศ. 2529 - ปัจจุบัน เป็นอาจารย์ประจำภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา
คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติการทำงาน ในสถานประกอบการอุตสาหกรรมเซรามิกส์

พ.ศ. 2512 - 2519 บริษัทอเมริกันแสตนคาร์ค

พ.ศ. 2519 - ปัจจุบัน เป็นผู้จัดการและเจ้าของกิจการ
บริษัทปรีชาสตูดิโอ

ผลงานเซรามิกส์ที่ได้รับรางวัล

รางวัลเหรียญทองแดง การแสดงศิลปะเครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติ ครั้งที่ 1

ประวัติย่อของผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อ คุณปัญญา นวอินทร์ ตำแหน่ง ผู้จัดการและเจ้าของกิจการ
 สถานที่ทำงาน บริษัทปัญญาเชรามิกส์ อำเภอกะพ้อมแฉะ จังหวัดสมุทรสาคร
 วุฒิต่างการศึกษา ปริญญาตรี การศึกษานันพิท (อุตสาหกรรมศิลป์)
 สาขาเครื่องปั้นดินเผา
 ประวัติการทำงาน ในสถานประกอบการอุตสาหกรรมเชรามิกส์
 พ.ศ. 2518 - 2526 บริษัทกรุงเทพเชรามิกส์
 พ.ศ. 2526 - ปัจจุบัน เป็นผู้จัดการและเจ้าของกิจการ
 บริษัทปัญญาเชรามิกส์

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ นายนิวัตร ทัศนะ

วัน เดือน ปีเกิด 10 กรกฎาคม พ.ศ. 2506

สถานที่เกิด ตำบลบ้านซ้อ อำเภอบางปะหัน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

สถานที่อยู่ปัจจุบัน วิทยาลัยครูพิษณุสงคราม อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน อาจารย์ 1 ระดับ 4

สถานที่ทำงานปัจจุบัน วิทยาลัยครูพิษณุสงคราม จังหวัดพิษณุโลก

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2523 ม.ศ. 5 โรงเรียนอยุธยาวิทยาลัย

จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

พ.ศ. 2528 ค.บ. (วิชาเอกอุตสาหกรรมศิลป์) สาขาเครื่องปั้นดินเผา
จากวิทยาลัยครูพระนคร

พ.ศ. 2534 กศ.ม. (วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา)

จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

การทดลองสัดส่วนของอะลูมิเนียมซิลิกา
ที่ทำให้เกิดลักษณะของเคลือบ เบลด์สปาร์

บทคัดย่อ

ของ

นิวัตร พัฒนา

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา

กันยายน 2534

การวิจัยนี้มีความมุ่งหมายเพื่อศึกษาลักษณะของเกลือเฟลด์สปาร์ โดยยึัดส่วนของ
อณูมินาตอซิลิกา ที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศการเผาแบบออกซิเคชั่น
และแบบรีดักชัน กลุ่มตัวอย่างได้มาจากการสุ่มส่วนของอณูมินา 0.2 ถึง 0.5 โมเลกุล
ตอซิลิกา 2.0 ถึง 5.0 โมเลกุล จำนวน 49 สักสวน นำมาทดลองตามกระบวนการ
การทดลองเกลือ ซึ่งทดลองเผาในบรรยากาศแบบออกซิเคชั่นและแบบรีดักชันอย่างละ 2 ครั้ง
เพื่อความมั่นใจ และนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ผลโดยผู้เชี่ยวชาญ

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ลักษณะของเกลือที่ได้จากการทดลองเผาในบรรยากาศแบบ
ออกซิเคชั่นและแบบรีดักชัน มีระดับความมันเกิดขึ้น 3 ลักษณะ คือ เกลือตัน เกลือ
กึ่งตันกึ่งมัน และเกลือมันแวววาว มีค่าที่ ทำให้ลักษณะเกลือขาดความสมบูรณ์ 2 ลักษณะ
คือ รุขซึม และค่าหนีเกลือรวม โดยเฉพาะลักษณะระดับความมันของเกลือจะมีความ
แตกต่างกันไปตามสัดส่วนของอณูมินาตอซิลิกา

AN EXPERIMENTAL STUDY OF THE EFFECTS OF DIFFERENT PROPORTIONS
OF ALUMINA TO SILICA ON FELDSPATHIC GLAZES

AN ABSTRACT

BY

NIWAT PATTANA

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

September 1991

The aim of this experimental research is to study the Characteristics of the feldspathic glaze caused by various proportions of alumina to silica. The samples were fired at the constant temperature of 1,240 celcius under both oxidation and reduction atmosphere. Forty-nine samples of the mixture with the ranging proportion of 0.2 - 0.5 alumina molecules to 2.0 - 5.0 silica molecules under oxidation and reduction atmosphere twice. Samples then, were evaluated by ceramic experts.

The study showed that the glaze fired through oxidation and reduction atmosphere yielded three levels of shineness on the surface: mat, semi-mat and brightness. There were two imperfection : pinhole and crazing. Moreover, the degree of shineness on the surface varied with different mixtures.