สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การใช้เศษแก้วในงานเคลือบเซรามิกส์

รศ.ดร.ศักดา ไตรรัตน์

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH
TP
859.7
ศ021ก
2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 54640
วัน,เดือน,ปี 24 ส.ค. 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b.....
i.....

Glass Recycling for Ceramic Grlaze

Assoc.Prof.Dr.Sakda TRISAK

Chemistry Department

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1998

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

The aim of this special project is recycling waste glass, which was Soda glass for ceramic glaze. Glazes from this special project are the mixtures of glasses, feldspar and kaolin with various ratios. The glazes were made by dipping samples of clay body in each formula and allowed to cool at room temperature. The samples then are divided into three groups before firing at temperature of 900° C, 1,050°C and 1,150°C respectively. Each samples will be examined the outside appearance with eyes and Scanning Electron Microscope (SEM) and then tested for the properties such as hardness, impact resistance, modulus of rupture, water absorption and shrinkage. From the experimental measurements they are found that, the suitable temperature for glaze firing was at 1,150°C and the appropriate ratio of glass : feldspar : kaolin in the glaze were 50:50:0, 50:40:10 and 70:20:10.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของโครงงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.6 แผนการดำเนินงานตลอดโครงงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 เคลือบ	3
2.2 แก้ว	5
2.3 หินฟันม้า	7
2.4 ดินขาว	8
2.5 ชนิดของเนื้อดินปั้น	9
2.6 ชนิดของเคลือบ	11
2.7 การเผาดิบและการเผาเคลือบ	12
2.8 ชนิดของเตาเผา	14
2.9 ตำหนิบนผิวเคลือบ	15
2.10 อิทธิพลความร้อนที่มีต่อเคลือบ	19
2.11 การคำนวณสูตรเคลือบ	23
บทที่ 3 การทดลองและวิธีดำเนินการ	27
3.1 วัสดุและสารเคมีที่ใช้	27
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้	27
3.3 การรวบรวมเศษแก้ว	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การบดเศษแก้ว 28
3.5 เนื้อดินปั้น 28
3.6 การขึ้นรูปชิ้นงาน 28
3.7 การเตรียมน้ำเคลือบ 28
3.8 การชุบเคลือบ 29
3.9 การเผาชิ้นงาน 29
3.10 การทดสอบสมบัติของชิ้นงาน 29
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 31
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 45
บรรณานุกรม 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 การแบ่งวัตถุดิบในสูตรเคลือบ	4
ตารางที่ 2.2 แสดงชนิดของแก้ว	5
ตารางที่ 2.3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของดินขาวจากแหล่งต่างๆ	9
ตารางที่ 2.4 แสดงอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาเนื้อดินปั้นประเภทต่างๆ	10
ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบความแข็งของชิ้นงานตัวอย่าง ที่เคลือบด้วยน้ำเคลือบทั้ง 7 สูตร	38
ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบแรงกระแทกของชิ้นงานตัวอย่าง ที่เคลือบด้วยน้ำเคลือบทั้ง 7 สูตร	39
ตารางที่ 4.3 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบแรงกดแบบต่อเนื่องของชิ้นงานตัวอย่าง ที่เคลือบด้วยน้ำเคลือบทั้ง 7 สูตร	41
ตารางที่ 4.4 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบการหดตัวของชิ้นงานตัวอย่าง ที่เคลือบด้วยน้ำเคลือบทั้ง 7 สูตร	42
ตารางที่ 4.5 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบการดูดซึมน้ำของชิ้นงานตัวอย่าง ที่เคลือบด้วยน้ำเคลือบทั้ง 7 สูตร	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 4.1 แสดงภาพขยายพื้นผิวของเคลือบสูตรที่ 1 ด้วย SEM โดยใช้กำลังขยาย 350	31
รูปที่ 4.2 แสดงภาพขยายพื้นผิวของเคลือบสูตรที่ 2 ด้วย SEM โดยใช้กำลังขยาย 350	32
รูปที่ 4.3 แสดงภาพขยายพื้นผิวของเคลือบสูตรที่ 3 ด้วย SEM โดยใช้กำลังขยาย 350	33
รูปที่ 4.4 แสดงภาพขยายพื้นผิวของเคลือบสูตรที่ 4 ด้วย SEM โดยใช้กำลังขยาย 350	34
รูปที่ 4.5 แสดงภาพขยายพื้นผิวของเคลือบสูตรที่ 5 ด้วย SEM โดยใช้กำลังขยาย 350	35
รูปที่ 4.6 แสดงภาพขยายพื้นผิวของเคลือบสูตรที่ 6 ด้วย SEM โดยใช้กำลังขยาย 350	36
รูปที่ 4.7 แสดงภาพขยายพื้นผิวของเคลือบสูตรที่ 7 ด้วย SEM โดยใช้กำลังขยาย 350	37
รูปที่ 4.8 แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งของชิ้นงานตัวอย่าง	38
รูปที่ 4.9 แผนภูมิแท่งแสดงค่าการทนแรงกระแทกของชิ้นงานตัวอย่าง	40
รูปที่ 4.10 แผนภูมิแท่งแสดงค่าแรงกดแบบต่อเนื่องของชิ้นงานตัวอย่าง	41
รูปที่ 4.11 แผนภูมิแท่งแสดงเปอร์เซ็นต์การหดตัวของชิ้นงานตัวอย่าง	43
รูปที่ 4.12 แผนภูมิแท่งแสดงเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของชิ้นงานตัวอย่าง	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลพื้นฐาน สำหรับงานวิจัยต่อไปที่จะนำไปสู่กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม เพื่อเผยแพร่ความรู้แก่กลุ่มผู้สนใจ เพื่อลดการนำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้และลดการสั่งเข้าของสารเคมีจากต่างประเทศ และเป็นการลดต้นทุนการผลิตอีกทางหนึ่งด้วย

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

รวบรวมเศษแก้วที่เหลือทิ้งนำมาทำความสะอาดแล้วบดเพื่อคัดขนาดให้ได้เบอร์ 100-200 นำไปเตรียมเคลือบ ทดลองเคลือบชิ้นงานและตรวจสอบความคงทนโดยวัดค่าความแข็งทนแรงกระแทกและรอยขีดข่วน

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง
2. เก็บรวบรวมเศษแก้วแล้วบดให้ได้ขนาดของอนุภาคเบอร์ 100-200
3. ศึกษาเทคนิควิธีการเตรียมเคลือบและทดลองใช้งาน
4. ตรวจลักษณะภายนอกของชิ้นงานที่ผ่านการเคลือบ และทดสอบความคงทนของเคลือบ
5. สรุปและประเมินผล
6. ทำรายงานการวิจัย

1.6 แผนการดำเนินงานตลอดโครงงาน

เดือน / ขั้นตอนการดำเนินงาน	มิ.ย.-ก.ค.	ส.ค.-ก.ย.	ต.ค.-พ.ย.	ธ.ค.-ม.ค.	ก.พ.-มี.ย.
1. ศึกษาทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง	←→				
2. เก็บรวบรวมและบดเศษแก้ว		←→			
3. ศึกษาเทคนิควิธีการเตรียมเคลือบและทดลองใช้งาน			←→		
4. สรุปและประเมินผล				←→	
5. ทำรายงานการวิจัย					←→

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 เคลือบ

1. น้ำเคลือบ คือ สารประกอบของซิลิเกต (Silicate) ผสมกับสารประกอบอย่างอื่นที่เป็นตัวช่วยหลอมละลายที่เราเรียกว่า ฟลักซ์ (Flux) อาจจะมีออกไซด์ของโลหะผสมลงไปด้วย เพื่อทำให้เกิดสีและทึบในการเคลือบ เมื่อเผาส่วนผสมของน้ำเคลือบถึงอุณหภูมิที่ทำให้หลอมละลายแล้ว น้ำเคลือบจะรวมเป็นเนื้อเดียวกัน และเมื่อทิ้งไว้ให้เย็นจะมีลักษณะเป็นเหมือนแก้วบางๆฉาบติดอยู่กับผิวผลิตภัณฑ์

2. สาเหตุที่ต้องทำการเคลือบ ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาอาจจะทำการเคลือบหรือไม่เคลือบก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานและความต้องการของผู้ใช้ ผลิตภัณฑ์บางชนิดที่ไม่ต้องการเคลือบ เช่น กระถางต้นไม้ อิฐ ไส้เครื่องกรองน้ำ เป็นต้น แต่ผลิตภัณฑ์บางชนิดต้องการ การเคลือบเพื่อให้เกิดความสวยงาม ความคงทนหรือตามความต้องการของผู้ใช้ เช่น กระเบื้องเคลือบแจกัน ที่เขี่ยบุหรี่ เป็นต้น ดังนั้นจึงสามารถรวบรวมสาเหตุของการเคลือบเป็นข้อดังนี้

2.1 เพื่อป้องกันการซึมผ่านของแก๊สและน้ำ คือ เมื่อมีน้ำหรือแก๊สผ่านเข้าไปในเนื้อผลิตภัณฑ์ ย่อมทำให้ผลิตภัณฑ์ชื้น ซึ่งอาจทำให้เกิดเชื้อราและตะไคร่ขึ้นได้ โดยเฉพาะภาชนะใส่อาหารจำเป็นต้องเคลือบอย่างยิ่ง

2.2 เพื่อให้มีความแข็งแกร่งทนต่อการกัดกร่อนด่างๆ คือ ภาชนะบางชนิดที่เราผลิตขึ้นเพื่อที่จะใส่หรือบรรจุสิ่งของที่มีคุณสมบัติที่เป็นกรดหรือด่าง เช่น น้ำส้ม กระเทียมดอง เกลือ ฯลฯ ก็ควรจะเคลือบ เพราะถ้าไม่เคลือบพวกกรดหรือด่างจะกัดกร่อนภาชนะจนทะลุได้

2.3 เพื่อให้มีความสวยงามน่าใช้ ผลิตภัณฑ์บางชนิดเมื่อเคลือบแล้วจะมีความสวยงามน่าใช้ยิ่งขึ้น เช่น ช้อนดินเผาที่เคลือบย่อมน่าใช้กว่าที่ไม่ได้เคลือบ

2.4 เพื่อป้องกันไม่ให้สกปรกง่ายและสะดวกในการทำความสะอาด ภาชนะบางชนิดจำเป็นต้องเคลือบ เช่น โถส้วม อ่างล้างหน้า ตลอดจนภาชนะใส่อาหารที่ต้องทำความสะอาดอยู่เป็นประจำ ถ้าเราไม่ทำการเคลือบจะทำความสะอาดได้ยากและไม่หมดจด เพราะพื้นผิวผลิตภัณฑ์ไม่เรียบเท่าผลิตภัณฑ์ที่เคลือบ

2.5 เพื่อให้มีความทนทานต่อการกระแทกเสียดสีได้ดี คือ ผลิตภัณฑ์ที่มีการเคลือบผิวก็เหมือนการเพิ่มเกราะป้องกันไว้อีกชั้นหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วัตถุดิบที่ใช้ในการทำน้ำเคลือบ ซึ่งจัดแบ่งตามคุณสมบัติทางเคมี จะแบ่งได้ 3 ประเภทดังนี้

3.1 วัตถุดิบที่มีสมบัติเป็นด่าง (Bases Group) เป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิในการหลอมละลาย (Fluxing Agent) ในทางเซรามิกส์ใช้สัญลักษณ์ RO และ RO_2 เขียนแทนวัตถุดิบกลุ่มนี้ ซึ่งได้แก่ ตะกั่วออกไซด์ (PbO) สังกะสีออกไซด์ (ZnO) โซเดียมออกไซด์ (Na_2O) แคลเซียมออกไซด์ (CaO) โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O) แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) เป็นต้น

3.2 วัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นกลาง (Intermediates or Neutrals Group) ทำหน้าที่เป็นตัวทนไฟ (Refractory) และตัวให้สี (Colorants) ในทางเซรามิกส์ใช้สัญลักษณ์ R_2O_3 เขียนแทนวัตถุดิบเหล่านี้ ซึ่งได้แก่พวก อะลูมินาออกไซด์ (Al_2O_3) เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) โบรอนออกไซด์ (B_2O_3) เป็นต้น

3.3 วัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นกรด (Acids Group) ทำหน้าที่เป็นตัวทำให้เกิดแก้ว (Glass Forming) และทำให้ทึบในเคลือบ (Opacifier) ในทางเซรามิกส์ใช้สัญลักษณ์ RO_2 เขียนแทนวัตถุดิบกลุ่มนี้ ซึ่งได้แก่ ซิลิกาออกไซด์ (SiO_2) ดีบุกออกไซด์ (SnO_2) เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 การแบ่งวัตถุดิบในสูตรเคลือบ

กลุ่มที่มีสมบัติเป็นด่าง	กลุ่มที่มีสมบัติเป็นตัวกลาง	กลุ่มที่มีสมบัติเป็นกรด
PbO , $2PbCO_3$	Al_2O_3	SiO_2
BaO , $BaCO_3$	Fe_2O_3	SnO_2
CaO , $Ca\,CO_3$	Cr_2O_3	TiO_2
K_2O	Sb_2O_3	ZrO_2
Na_2O		
Li_2O , Li_2CO_3		
MgO , $MgCO_3$		
SrO , $SrCO_3$		
ZnO		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 แก้ว (Glass)

ประกอบด้วยซิลิกาที่ไม่เป็นผลึก (Noncrystalline Silicate) กับ ออกไซด์ของธาตุต่างๆ เช่น โซเดียมออกไซด์ (Na_2O) แคลเซียมออกไซด์ (CaO) โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O) แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) เป็นต้น ซึ่งออกไซด์ของธาตุเหล่านี้มีผลทำให้แก้วแสดงสมบัติแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของออกไซด์ซึ่งจะแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงชนิดของแก้ว

ชนิดของแก้ว	องค์ประกอบ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)						คุณลักษณะการใช้งาน
	SiO_2	NaO_2	CaO	Al_2O_3	B_2O_3	อื่น	
ซิลิกาหลอม	99.5						อุณหภูมิการหลอมตัวสูง, สัมประสิทธิ์การขยายตัวต่ำ
96% ซิลิกา (Vycor)	96				4		ต้านทานการเกิด thermal shock และสารเคมีได้ดี, ใช้เป็นอุปกรณ์ให้ห้องปฏิบัติการ
โบโลซิลิเกต	81	3.5		2.5	13		ต้านทานการเกิด thermal shock และสารเคมีได้ดี, ใช้ovenware
โซดาไลม์	74	16	5	1		4MgO	อุณหภูมิการหลอมตัวต่ำ
Optical flint	54	1				37PbO 8K_2O	ความหนาแน่นสูง, reflective index สูง
แก้ว-เซรามิกส์	70						ขึ้นรูปง่ายและทน thermal shock ดี

ชนิดของแก้วเชิงพาณิชย์ แบ่งออกได้หลายประเภทตามลักษณะการใช้งานซึ่งจะมีองค์ประกอบหลักทางเคมีที่แตกต่างกันตามคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการใช้งานซึ่งจะแยกชนิดได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. แก้วซิลิกาบริสุทธ์ (Pure Silica Glass)

มีส่วนประกอบทางเคมีเป็นซิลิกา 99.5% เป็นแก้วที่มีการขยายตัวต่ออุณหภูมิต่ำ จึงใช้งานได้ดีที่อุณหภูมิสูง มีคุณสมบัติทางด้าน ทนการกัดกร่อนทางเคมีและด้านไฟฟ้า ให้คุณสมบัติการส่งผ่านรังสีอุตราไวโอเลตได้ดี โดยเฉพาะสมบัติ dielectrical peristant

แก้วชนิดนี้ใช้ประโยชน์ในการทำครูซิเบิล (Crucible) ชนิดพิเศษ ผลึกที่บริสุทธิ์ของซิลิกาใช้ทำเป็นเครื่องแยกโมเลกุลของไฮโดรเจนกับฮีเลียม

ข. แก้วที่มีซิลิกาเป็นส่วนประกอบ 96% (96% Silica)

มีส่วนประกอบทางเคมีคือ ซิลิกา 96% โบรอนออกไซด์ 3% เป็นแก้วที่มีคุณสมบัติทนความร้อนได้ดี สามารถใช้ได้ดีในงานที่มีอุณหภูมิสูง มีค่าคงที่การขยายตัวเนื่องจากความร้อนต่ำ ซึ่งคุณสมบัติจะดีกว่าทั่วไป ยกเว้นแก้วซิลิกาบริสุทธิ์

การใช้งานของแก้วชนิดนี้ ทำเป็นกระจกยานอวกาศ เครื่องแก้วทดลองทางวิทยาศาสตร์ เมื่อไม่ต้องการให้มีการสูญเสียความร้อน เป็นต้น

ค. แก้วโซดา-ไลม์-ซิลิกา (Soda-Lime-Silica Glass)

ประกอบด้วย ซิลิกา 70% โซเดียมออกไซด์ 15% และแคลเซียมออกไซด์ 10% การเติมโซเดียมออกไซด์และโพแทสเซียมออกไซด์ ในบางครั้งจะทำให้ ซิลิกามีจุดหลอมตัวที่อุณหภูมิ 800-900° C มีการเติมแคลเซียมออกไซด์และแมกนีเซียมออกไซด์ และอะลูมินา จะช่วยให้แก้วมีคุณสมบัติด้านทานไฟฟ้าและทางเคมีได้ดีขึ้น ซึ่งเป็นคุณสมบัติพื้นฐานทั่วไปของแก้วทั้งหมด

ประโยชน์ของแก้วชนิดนี้ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง เช่น ทำเป็นกระจกแผ่น ภาชนะบรรจุสิ่งของ หลอดไฟฟ้า เป็นต้น

ง. แก้วโบโรซิลิเกต (Borosilicate Glass) หรือแก้วไพเรกซ์ (Pyrex) และอะลูมินา 1-4%

มีสมบัติคือ ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนต่ำ (Low thermal expansion coefficient) คือมีค่าประมาณ $20*10^{-7}$ in/in/ °F ทำให้มีคุณสมบัติทน thermal shock ได้ดี นิยมไปทำอุปกรณ์เครื่องแก้วในห้องปฏิบัติการเคมี เทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้งานในที่อุณหภูมิสูง หลอดที่ใช้กับงานกระแสไฟฟ้าศักย์สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ. แก้วอะลูมิโนซิลิเกต (Aluminosilicate Glass)

มีส่วนประกอบทางเคมี คือ ซิลิกา 5-60% อะลูมินา 20-40% แคลเซียมออกไซด์ 5-50% และโบรอนออกไซด์ 0-10%

แก้วชนิดนี้มีคุณสมบัติที่ดีกว่าโบโรซิลิเกต แต่จะมีคุณสมบัติด้านความแข็งใกล้เคียงกัน ประโยชน์ใช้ทำ หลอดไฮเปอร์ฟอร์แมนซ์ มิลลิทารี เพาว์เวอร์ (High performance millitaly tube) และงานอื่นๆที่เหมือนกับแก้วโบโรซิลิเกต

ฉ. แก้วที่เกี่ยวกับสายตา (Optical Glass)

นิยมใช้ทำเป็นกระจกแว่นตา เลนส์สายตา เช่น Light Herine Cuawn Glass หรือ Very Density Flint Glass

2.3 หินฟันม้า (Feldspar)

เป็นสารประกอบของอะลูมิโนซิลิเกตของอัลคาไลน์ และอัลคาไลน์เอิร์ท โดยเฉพาะสารประกอบของ โซเดียม โพแทสเซียม และแคลเซียม จะพบมากและใช้มากในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ในแร่หินฟันม้าจะมีทั้งโซเดียม โพแทสเซียม และแคลเซียม ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน เนื่องจากว่าสารประกอบทั้งสามตัวนี้มีการละลายซึ่งกันและกันในขณะที่เป็นของแข็ง หินฟันม้าใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อเป็นตัวเริ่มก่อให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดเนื้อแก้วในเนื้อผลิตภัณฑ์ ดังนั้น หินฟันม้าจึงเป็นตัวส่งเสริมให้มีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นแก้ว และช่วยส่งเสริมให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติโปร่งแสงดีขึ้น หินฟันม้าเป็นแหล่งให้อัลคาไลน์และอะลูมินาแก่เคลือบและแก้ว ข้อดีที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ก็คือ หินฟันม้ามีราคาถูก และเป็นสารประกอบอัลคาไลน์ที่ไม่ละลายน้ำ

แร่หินฟันม้าที่พบมากมี 3 ชนิด คือ $K\left(\begin{matrix}Al\\Si_3\end{matrix}\right)O_3$ เรียก orthoclase , $Na\left(\begin{matrix}Al\\Si_3\end{matrix}\right)O_3$ เรียก albite และ $Ca\left(\begin{matrix}Al\\Si_3\end{matrix}\right)O_3$ เรียก anorthite โครงสร้างของมันเป็นร่างแห 3 มิติ เกิดจากการเชื่อมโยงกันของ oxygen ทั้ง 4 อะตอม ของ Oxygen-Silicon Tetrahedron นอกจากนี้ Al^{+3} ยังเข้าไปแทนที่ Si^{+4} บางส่วน และช่องว่างในโครงสร้างร่างแหถูก K^+ Na^- และ Ca^{+2} เข้าไปอยู่ ขนาดของอนุมูล Na^+ เท่ากับ 0.98 A ° Ca^{+2} เท่ากับ 1.06 A° K^- เท่ากับ 1.33 A° เนื่องจาก Na^+ และ Ca^{+2} มีขนาดใกล้เคียงกัน สารประกอบของมันจึงมีการละลายกันได้ดี ส่วน K^+ มีขนาดใหญ่สารประกอบของมันจึงละลายกับสารประกอบ Na^+ และ Ca^{+2} ได้เพียงบางส่วน หินฟันม้าที่มี Na^- และ Ca^{+2}เป็นส่วนประกอบมีโครงสร้างเป็น triclinic และหินฟันม้าที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

K^+ เป็นองค์ประกอบมีโครงสร้างเป็น monoclinic เป็นโครงสร้างของหินฟันม้าเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น

2.4 ดินขาว (Kaolin)

คำว่า Kaolin ในภาษาอังกฤษ เชื่อว่ามาจากคำในภาษาจีน ที่ออกเสียงว่า kaolin ซึ่งหมายความว่า สันเขาที่สูง อันเป็นที่มาของดินขาว ในประเทศอังกฤษดินขาวจะรู้จักกันดีในนาม china clay หรือ ดินประเทศจีน แต่ชื่อเรียกที่เป็นมาตราฐานทั่วโลก คือ kaolin ส่วนคำว่า ดินขาวที่ใช้เรียกในประเทศไทย เข้าใจว่าคงมาจากสีขาวของดินนั้นเอง

ดินขาวบริสุทธิ์จะมีสูตรโมเลกุล $(OH)_4Al_2SiO_3$ หรือ $Al_2O_3 . 2\ SiO_2 . 2H_2O$ ซึ่งมีส่วนประกอบเป็นเปอร์เซ็นต์ดังนี้ SiO_2 46.3% Al_2O_3 39.8% H_2O 13.9%

แต่ดินขาวที่ค้นพบโดยทั่วไปมักมีส่วนประกอบที่ต่างไปจากนี้ เนื่องมาจากสาเหตุคือ

ก. เนื่องจากมีสารอื่นเข้าไปแทนที่อยู่ในโครงสร้างผลึกดินขาว

ข. เนื่องจากมีสารประกอบอื่นปะปนอยู่

ชนิดของดินขาว โดยทั่วไปมีอยู่ 2 ชนิด คือ

1. **Residual Kaolin** เป็นดินขาวที่ได้จากแร่เพ็กมาไทท์ (Pegmatite) ดังปฏิกิริยาการสลายตัวต่อไปนี้

$$KAlSi_3O_6 + H_2O \longrightarrow AlSi_3O_6 + KOH \quad \text{Hydrolysis}$$

$$HAlSi_3O_6 \longrightarrow HAlSiO_4 + SiO_2 \quad \text{Desilication}$$

$$2HAlSiO_4 + H_2O \longrightarrow (OH)_4Al_2Si_2O_5 \quad \text{Hydrolysis}$$

2. **Sedimentary Kaolin** เป็นดินขาวที่ได้จากแร่หินต่างๆ เช่น แกรไฟต์ ชีสต์ สแลคชาร์ล หินปูน เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแยกหินเหล่านี้จะได้แร่หลักใหญ่ๆที่ต้องการคือ มีสโคไวท์ ไบโอไทท์ ควอทซ์ ออกไซด์ของเหล็ก รูไทล์การ์เนต ซึ่งแร่เหล่านี้เองที่นำมาผลิตเป็นดินขาวโดยปฏิกิริยาทางเคมีหลายขั้นตอน ได้แก่ Hydrolysis Carbonation Desilication และ Hydration ดินขาวชนิดนี้มีลักษณะขึ้นอยู่กับชนิดของหินที่นำมาผลิต มีความบริสุทธิ์ค่อนข้างสูง

ในการวิเคราะห์ทางเคมีของดินขาวจากแหล่งต่างๆ พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของดินขาวในแหล่งต่างๆ ไม่เหมือนกันแสดงดังตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของดินขาวจากแหล่งต่างๆ

ชื่อ	แหล่งที่มา	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O
Leed Moore	England	48.50	36.30	0.56	0.05	0.10	0.10	1.92	0.09
N.B.S	England	47.40	38.33	0.71	0.06	0.10	0.02	1.39	0.06
MGR	England	47.48	37.75	0.58	0.03	0.19	0.20	1.31	0.20
E.Tor	California	45.25	38.64	0.34	-	0.12	0.18	1.02	1.39
Tex-K	Texas	49.00	39.30	0.75	0.65	0.30	0.35	0.60	0.40
CW	Georgia	44.94	38.83	0.31	1.41	0.09	-	0.18	0.04
Kaolin-R	Ranong	47.20	37.10	0.95	0.86	0.11	0.06	1.67	0.08

สมบัติทางกายภาพของดินขาว

1. ขนาดของอนุภาคของดินขาว มีความสำคัญต่อการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์และการหดตัวเมื่อโดนความร้อน

2. รูปร่างอนุภาคของดินขาว มีลักษณะเป็นผลึกรูป hexagonal ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 0.05-10.00 ไมโครเมตร ผลึกจะเป็นแผ่นบางซึ่งมีอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางต่อความหนาของอนุภาค มีค่าประมาณ 25 ไมโครเมตร

3. ความสามารถในการแลกเปลี่ยนอนุภาคมีค่าน้อย เพราะมีที่ว่างในโครงผลึกที่สามารถเกิดการแลกเปลี่ยนหรือแทนที่อนุภาคน้อย

4. การหดตัวเมื่อทำให้แห้ง มีค่าน้อย

5. การหดตัวหลังการเผา ดินขาวบริสุทธิ์จะเกิดการหดตัวเมื่อไปเผาที่อุณหภูมิ 1,300 °C การหดตัวของดินขาวจะมีค่าอยู่ระหว่าง 6-17% ถ้าเผาจนกระทั่งกลายเป็นแก้วจะเกิดการหดตัวถึง 20%

ดินขาวที่ผ่านการเผาจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างภายในขึ้น โดยจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงผลึกใหม่ หรือผลิตภัณฑ์ใหม่ ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา

2.5 ชนิดของเนื้อดินปั้น

สามารถจำแนกตามอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา (Firing Temperature) ดัง ตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาเนื้อดินปั้นประเภทต่างๆ

CLAY BODY	FIRING TEMPERATURE (°C)
EARTHENWARE	
ลักษณะ – สีแดงทั้งก่อนเผาและหลังเผา	1,000 – 1,080
- สีขาว, ครีม, ชมพู เมื่อถูกเผาจะให้สีอื่น	1,060 – 1,180
STONEWARE	
ลักษณะ – สีเทาหลังเผาสีจะจางลง	1,200 – 1,300
PORCELAIN	
ลักษณะ – สีขาวถึงสีครีมเมื่อยังไม่เผาหลังเผาจะเป็นสีขาว	1,280 – 1,350
BONE CHINA	
ลักษณะ – สีขาวทั้งก่อนเผาและหลังเผา	1,240 – 1,260

EARTHENWARE

เนื้อผลิตภัณฑ์ชนิดนี้มีสีขาว มีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำประมาณ 7 – 9% การตกแต่งมักเป็นแบบตกแต่งบนผิวเคลือบ ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้มีความแข็งแกร่งสวยงาม ราคาค่อนข้างถูก แต่ผลิตภัณฑ์มีความโปร่งแสงและความแข็งแกร่งสู้ผลิตภัณฑ์ชนิด Porcelain ไม่ได้

STONE WARE

เนื้อดิน Stoneware มีลักษณะคือ เนื้อดินละเอียดและเนื้อดินหยาบ หม้อ Stoneware ที่ใช้ตามบ้านโดยทั่วไป จะหนักกว่า Earthenware หรือ Porcelain และ Stoneware ที่ดีที่สุดควรทำจากเนื้อดินละเอียด เนื้อดินหยาบจะถูกจำกัดไว้สำหรับภาชนะขนาดใหญ่

PORCELAIN

เนื้อดินชนิดนี้เป็นเนื้อละเอียดสีขาวและมีความเหนียวหลังจากนำไปเผา ซึ่งหลังจากเผาเนื้อดินอาจจะโปร่งแสงหรือทึบแสงตามองค์ประกอบและความหนาแน่นของเนื้อดิน เนื้อดินชนิดนี้ไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง่ายที่จะขึ้นรูปหรือหยิบจับ เนื่องมาจากเนื้อดินมีช่วง critical moisture ซึ่งสามารถทำให้เนื้อดินอ่อนนุ่มมากหรือแห้งมากได้ง่าย

BONE CHINA

ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้แข็งแกร่งมาก มีสีขาว เวลาเคาะเสียงดังกังวาลและโปร่งแสงดีมาก วิธีการผลิตค่อนข้างยากเนื่องจากเนื้อดินปั้นมีความเหนียวไม่ดี ผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปใหม่ไม่แข็งแรง ผลิตภัณฑ์มักจะเสียรูประหว่างการเผาและการควบคุมสีก็ลำบากแต่ปัจจุบันปัญหาเหล่านี้หมดไปแล้ว

2.6 ชนิดของเคลือบ

น้ำเคลือบที่ใช้ในงานเคลือบผลิตภัณฑ์ดินเผามีหลายชนิดด้วยกัน ซึ่งเกณฑ์ที่ตั้งขึ้นมาเพื่อแบ่งหรือจำแนกชนิดของน้ำเคลือบมีดังนี้

1. **แบ่งตามอุณหภูมิการเผาเช่นเดียวกับดิน** แบ่งเป็น 3 กลุ่มตามอุณหภูมิความทนไฟของเคลือบ คือ
   - 1.1 เคลือบอุณหภูมิต่ำ (Low temperature glaze) 800 – 1,100°C
   - 1.2 เคลือบอุณหภูมิปานกลาง (Medium temperature glaze) 1,150 – 1,200°C
   - 1.3 เคลือบอุณหภูมิสูง (High temperature glaze) 1,230 – 1,300°C

2. **แบ่งตามลักษณะผลิตภัณฑ์**
   - เคลือบเอิร์ทเทินแวร์ เผาที่ 1,000 – 1,180 °C
   - เคลือบสโตนแวร์ เผาที่ 1,250 – 1,300 °C
   - เคลือบปอร์ซเลน เผาที่ 1,250 – 1,380 °C
   - เคลือบสุขภัณฑ์ เผาที่ 1,200 – 1,220 °C
   - เคลือบโบนไชน่า เผาที่ 1,100 – 1,140 °C (เผาดิบที่ 1,250 °C)

3. **แบ่งตามวัตถุดิบที่ใช้เตรียมเคลือบ**
   - เคลือบบอแรกซ์ (Borax glaze)
   - เคลือบตะกั่ว (Lead glaze)
   - เคลือบฟริต (Frit glaze)
   - เคลือบขี้เถ้า (Woodash glaze)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เคลือบสีแดงจากทองแดง (Copper Red glaze)
- เคลือบแบเรียม (Barium glaze)
- เคลือบลิเทียม (Lithium glaze)
- เคลือบไททาเนียม (Titanium glaze)

การเรียกชื่อตามวัตถุดิบที่ใช้ในเคลือบ นิยมใช้เขียนแผ่นทดลองเคลือบโดยจะใช้เฉพาะตัวหน้า 1–2 ตัว แล้วเขียนหมายเลขของสูตรตามลำดับหลังชื่อย่อของเคลือบ ตัวอย่างเช่น เคลือบแบเรียม (Barium glaze) มักจะเขียนว่า Ba 1, Ba 2 หรือ B1, B2, B3 ซึ่งเป็นตัวย่อสั้นๆที่ผู้ทดลองเขียนไว้บนแผ่นทดลองเล็กๆ ที่มีเนื้อที่จำกัด และเพื่อให้การทำงานคล่องตัว และรวดเร็วขึ้น

4. แบ่งน้ำยาเคลือบตามลักษณะของเคลือบ

- เคลือบใส (Clear glaze)
- เคลือบทึบ (Opaque glaze)
- เคลือบด้าน (Matt glaze)
- เคลือบกึ่งด้าน (Semi-Matt glaze)
- เคลือบผลึก (Crystalline glaze)
- เคลือบมันวาวหรือเคลือบประกายมุก (Luster glaze)

การแบ่งเคลือบตามลักษณะของเคลือบนี้ นิยมใช้เขียนบอกชื่อเคลือบติดไว้ที่ถังบรรจุเคลือบเพื่อผู้ใช้สามารถเลือกเคลือบใช้ได้ง่ายไม่สับสน เช่น

เคลือบสีขาวด้าน 1,250 ° C Oxidation firing – Reduction firing
เคลือบสีดำมัน 1,250 ° C Oxidation firing – Reduction firing
เคลือบสีขาวทึบ 1,250 ° C Oxidation firing – Reduction firing
เคลือบสีฟ้าใส 1,250 ° C Oxidation firing

2.7 การเผาดิบและการเผาเคลือบ

1. การเผาดิบ (Bisque Firing)

การเผาดิบเป็นการเผาขั้นแรกก่อนที่จะเกิดเนื้อแก้วเป็นการเปลี่ยนองค์ประกอบทางเคมีของดิน ทำให้เนื้อดินมีความแข็ง ในงานเซรามิกส์การเผาดิบมีความจำเป็นมากเพราะถ้านำไปทำการเผาเคลือบก่อนอาจทำให้ชิ้นงานแตกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยสำคัญในการเผาดิบคือ การไล่น้ำออกจากชิ้นงาน ซิลิกาจะเริ่มจัดเรียงตัวขึ้นใน Cristobalite phase การเกิด Cristobalite ทำให้เกิดการหดตัวในชิ้นงาน Cristobalite จะเกิดที่อุณหภูมิ 1,100 °C

ชนิดของดิน	อุณหภูมิของการเกิดแก้ว (°C)
General Earthenware	900 – 1,040
Fine Earthenware	1,040– 1,140
Stoneware	1,100– 1,200
Porcelain	1,240 – 1,340
Bone China	1,230– 1,340

วงจรในการเผาดิบโดยทั่วไป (Biscuit firing)

จากอุณหภูมิห้อง 24 °C – 230 °C เผาช้าๆเปิดรูระบายน้ำออกจากเตาเผาทุกรู ไม่ควรเผาเร็วเกิน 100°C ต่อ 1 ชั่วโมงถ้าเผาเร็วเกินไปผลิตภัณฑ์อาจจะแตกได้

230 °C – 573 °C ควรเผาช้าเอาไว้ตามเดิมไม่เกิน 150 °C ต่อ 1 ชั่วโมง

600 °C – 750 °C เป็นระยะปลอดภัย เร่งเผาได้ 200°C ต่อ 1 ชั่วโมง

750 °C – 800 °C ปิดเตาเผาได้

หมายเหตุ ต้องเผาในบรรยากาศสมบูรณ์เต็มที่ ไม่มีเขม่าตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดการเผาใช้ระยะเวลา 6 – 7 ชั่วโมง

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาดิบมาแล้ว เนื้อดินแข็งเป็นหินแต่ยังดูดซึมน้ำได้ดีสามารถนำไปชุบเคลือบได้โดยดินไม่สลายตัวกลายเป็นโคลน

2. การเผาเคลือบ (Glaze Firing)

ตอนเริ่มต้นของการเผาจะเพิ่มอุณหภูมิอย่างรวดเร็วและคงที่แล้วจึงช้าลงเมื่อถึงช่วงอุณหภูมิการหลอมตัวของแก้วช่วงนี้จะเกิดปฏิกิริยาเคมีและเกิดแก้วขึ้นส่งผลให้เกิดสีเห็นความหยาบละเอียดของชิ้นงาน ช่วงอุณหภูมิที่ใช้เป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรถไฟแห่งประเทศไทย
STATE RAILWAY OF THAILAND
B01136 - 20455
ตั๋วธรรมดา-เที่ยวไป
ต้นทาง ORIGIN สีคิ้น
ปลายทาง DESTINATION กระสอบเกล้า
วันเดินทาง DEP. DATE 29ก.ย.42
ชั้น CL. 3
ประเภทที่นั่ง COACH TYPE กมส.74
ราคาตั๋ว PRICE 5
ขบวน TRAIN 370
01-01 ผู้ใหญ่
2166-272-00171-01 539100 มส. 08:37

	อุณหภูมิของการเกิดแก้ว (°C)
	1,000 – 1,180
	1,060 – 1,140
	1,200 – 1,300
	1,280 – 1,350

ing)

มิต่ำและอุณหภูมิปานกลางส่วนใหญ่จะเผาในบรรยากาศสันดาป
มี 2 ชนิด คือ เคลือบชนิดที่เผาในบรรยากาศสันดาปสมบูรณ์ และ
ยากาศสันดาปไม่สมบูรณ์

ก 4 - 900 °C ใช้เวลาไม่ต่ำกว่า 5 ชั่วโมง

ช่วงที่สอง 900 °C – 1,250 °C ใช้เวลา 4 – 6 ชั่วโมง

ช่วงที่สาม แช่อุณหภูมิ 1,250 °C ใช้เวลา 10 – 15 นาที

ข้อผิดพลาดในการเผาเคลือบ ถ้าเผาต่ำกว่าอุณหภูมิเคลือบไม่สุกเรียกว่า Under fire แต่ถ้าเผาเกินอุณหภูมิเคลือบไหลตัวมาก หรือมีความมันวาวกว่าเดิมเรียกว่า Over fire

ในการเผาเคลือบทุกครั้งนิยมใช้โคน (Cone) ใส่ในเตาเผาเคลือบด้วย ถ้าไม่มีโคนให้ใช้ตัวอย่างทดสอบ (Test-ring) ที่ทำเป็นวงแหวนชุบเคลือบ สามารถใช้ลวดทนไฟเกี่ยวออกมาดูได้ว่าเคลือบสุกตัวหรือยังเพื่อเป็นการตรวจเช็ครักษามาตรฐานการเผาและคุณภาพของเคลือบให้คงที่ทุกครั้ง

2.8 ชนิดของเตาเผา

1. เตาเผาไฟฟ้า

เตาเผาชนิดนี้ใช้ศอนเริ่มแรกสะดวกและง่ายต่อการใช้ ทำด้วยเซรามิกส์ไฟเบอร์ซึ่งจะช่วยลดปริมาณเชื้อเพลิงและการสูญเสียความร้อน ส่วนที่ให้ความร้อนจะอยู่ภายในเตาเมื่อให้ความร้อนจะเกิดเป็นจุดเล็กสีดำ ข้อดีของเตาเผาไฟฟ้าคือ มีความปลอดภัยและมีการเผาไหม้ที่สะอาด แต่ไม่สามารถใช้กับการเผาแบบรีดักชันได้เหมาะสำหรับ Stoneware เตาเผานี้มีความจุ 1.5 – 3.5 ลูกบาศก์ฟุต

2. เตาเผาแก๊ส

เตาเผาชนิดนี้จะใช้เวลาในการเผาเร็วขึ้นและสามารถควบคุมการเผาให้ช้าลงได้เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์เกิดการจัดเรียงตัวของผลึกสมบูรณ์ ข้อควรระวังในการใช้คือ การสะสมของก๊าซที่ไม่ติดไฟ อาจทำให้เกิดการระเบิดได้ ข้อดีของเตาเผาแก๊สคือ สามารถควบคุมอุณหภูมิและปริมาณเชื้อเพลิงได้ เตาเผาชนิดนี้เหมาะกับการเผาแบบรีดักชันของ Stoneware

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เตาเผาที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง

เชื้อเพลิงสำหรับเตาเผาชนิดนี้สามารถใช้ได้ตั้งแต่น้ำมันดิบหรือใช้น้ำมันรถยนต์ จนถึงน้ำมันก๊าซ การนำน้ำมันเข้าไปภายในเตาอาจทำได้โดยการหยดหรือให้น้ำมันผสมกับอากาศแล้วทำการพ่นเข้าไป เปลวไฟต้องไม่สัมผัสกับชิ้นงาน เตาเผาชนิดนี้จะก่อให้เกิดควันดำขึ้น

4. เตาเผาที่ใช้ไม้เป็นเชื้อเพลิง

เป็นการเผาที่สะอาดกว่าใช้น้ำมันหรือถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง ความร้อนที่ให้ออกมาจะขึ้นกับชนิดของไม้ ระหว่างใส่เชื้อเพลิงเข้าไปต้องเอาขี้เถ้าออกมาเพื่อให้อากาศเข้าไปได้ สะดวก นิยมใช้ในการเผา Earthenware

5. เตาเผาที่ใช้ถ่านหิน

เตาเผาชนิดนี้ใช้ถ่านหิน ถ่านโค้ก ถ่านพีท เป็นเชื้อเพลิงในการเผาที่อุณหภูมิสูงหรือต่ำ ในการเผาที่อุณหภูมิต่ำจะใช้ถ่านพีท เตาเผาชนิดนี้จะมีปัญหาของซัลเฟอร์ที่ปนมากับถ่านหินทำให้พื้นผิวของผลิตภัณฑ์เสีย ส่วนมากเตาเผาชนิดนี้จะใช้เผาผลิตภัณฑ์ Terracotta ware เตาเผาชนิดนี้ให้ความร้อนประมาณ 900 –1,000 °C

2.9 ตำหนิบนผิวเคลือบ

ตำหนิหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกับเคลือบเกิดขึ้นได้จากสาเหตุหลายประการด้วยกัน และมีลักษณะต่างๆกัน เช่น เป็นรูเข็ม พุพอง ร่อนหลุด เป็นต้น ผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้นกว่าจะเป็นรูปร่างขึ้นมาได้ต้องใช้เวลาทำมาหลายขั้นตอน ถ้าหากว่ามาเสียหายตอนเคลือบก็เป็นที่น่าเสียดายอย่างยิ่ง ฉะนั้นควรจะศึกษาสาเหตุของตำหนิที่เกิดกับเคลือบ เพื่อที่จะหาทางป้องกันและแก้ไข ซึ่งมีหลายละเอียดต่อไปนี้

รูเข็ม (Pinholes)

มีลักษณะเป็นรูเล็กๆที่เกิดขึ้นบนผิวเคลือบ ถ้ามีขนาดใหญ่เรียกว่า Blisters ตำหนิรูปนี้เกิดจากสาเหตุหลายประการด้วยกันคือ

1. เนื้อดินปั้นมีความพรุนตัวมาก (Porous) เนื่องจากการนวดดิน (Wedging) ไม่ดีพอทำให้เกิดฟองอากาศ (Air bubble) ในดิน พวกแก๊สหรืออากาศที่อยู่ภายในจะพยายามหนีออกมาขณะเผา ดันทะลุผิวเคลือบในขณะที่หลอม ซึ่งมักเกิดกับเคลือบที่ไหลตัวน้อย แก้ไขโดยนวดดินให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวมตัวกันบนผิวของผลิตภัณฑ์ตอนแห้ง เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปเคลือบในขณะเผาสารนี้จะพยายามหนีออกมา โดยดันทะลุผิวเคลือบออกมา ทำให้เคลือบเป็นรูได้ แก้โดยการเติมสารแบเรียมคาร์บอเนต ($BaCO_3$) ในเนื้อดินประมาณ 2% และเผาด้วยวิธีรีดักชัน (Reduction) คือ เผาให้เกิดควันไปจนถึงจุดที่เคลือบเริ่มหลอมละลาย เพื่อขจัดฟองอากาศเหล่านั้นออก

4. การสันดาปของสิ่งเจือปนในเนื้อดิน เช่น พวกอินทรีย์สาร หรือพวกคาร์บอนในเนื้อดิน แก้โดยการล้างดินให้สะอาดก่อนนำมาใช้งาน

5. ปูนปลาสเตอร์ที่ใช้ในการหล่อแบบเก่าหรือเสื่อมคุณภาพ แก้โดยไม่ควรใช้แบบพิมพ์ที่เก่ามากหรือเสื่อมคุณภาพ

6. เก็บน้ำเคลือบไว้นานเกินไป ทำให้เกิดการสลายตัวของสารคาร์บอเนต และการเน่าเปื่อยของอินทรีย์สารใน Ball clay หรือพวกกาวที่ใช้ผสมทำให้เกิดแก๊สขึ้นได้ แก้โดยเติมสารฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde) ในเคลือบก็จะช่วยได้ หรือการเก็บเคลือบไว้ในลักษณะที่แห้ง

7. ผิวผลิตภัณฑ์ที่ฝุ่นเกาะ เนื่องจากไม่ได้ทำความสะอาดก่อนนำไปเคลือบ แก้โดยทำความสะอาดผลิตภัณฑ์ก่อนนำไปเคลือบ

8. การแตกสลายของสารที่ใช้ทำน้ำเคลือบ เช่น หินปูน ($CaCO_3$) เมื่อผ่านการเผา ณ อุณหภูมิหนึ่งจะเกิดการแตกตัวเป็น $CaO + CO_2$ และ CO_2 ซึ่งเป็นแก๊สจะดันผิวเคลือบทำให้เป็นรูเข็มได้และการระเหยของสารประกอบที่อยู่ในน้ำเคลือบ เช่น สังกะสี (ZnO)

9. การสันดาปของสิ่งแปลกปลอมในน้ำเคลือบ วิธีแก้ ทั้งข้อ 8 และข้อ 9 คือการยืดเวลาในการเผาออกไป โดยอุณหภูมิคงที่ (Soaking)

10. การเผาเร่งอุณหภูมิเร็วเกินไปทำให้เกิด Blisters ได้

วิธีแก้ Pinholes และ Blisters โดยทั่วๆไปทำดังนี้

- เวลาเคลือบผลิตภัณฑ์แล้ว ถ้าเห็นว่ามีรูเล็กๆ ที่ผิวเคลือบควรใช้มือลูบในขณะที่น้ำเคลือบแห้งเพื่อให้ผงเคลือบลงไปอุดในรู แต่ถ้าน้ำเคลือบมีการไหลตัวดีไม่ต้องทำขั้นนี้ก็ได้
- โดยการยืดเวลาในการเผาออกไป แต่อุณหภูมิคงที่ (Soaking)
- อย่าเผาเร่งอุณหภูมิให้เร็วเกินไป

การราน (Crazing)

เป็นตำหนิเคลือบที่เรามักพบกันอยู่เสมอ มีลักษณะเป็นลายเส้นตาข่าย หรือที่เรียกกันว่าเคลือบแตกลายงาสาเหตุที่ทำให้เคลือบเกิดการราน คือ เนื้อเคลือบกับเนื้อดินมีการหดตัวหรือขยายตัวไม่เท่ากัน ลักษณะการรานมี 2 อย่าง

1. การรานเป็นเส้นฝอย เนื่องจากน้ำเคลือบมีสัมประสิทธิ์แห่งการขยายตัวต่างจากเนื้อดินปั้นมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การรานเป็นเส้นห่าง เนื่องจากน้ำเคลือบมีสัมประสิทธิ์แห่งการขยายตัวเกือบจะเท่าเนื้อดินปั้นอยู่แล้ว

การรานของผิวเคลือบมีทั้งชนิดรานทันที และชนิดที่รานหลังจากทิ้งไว้สักระยะหนึ่ง อาจจะเป็น 3 เดือน 6 เดือน หรือ 1 ปีก็ได้

วิธีแก้

1. แก้ที่ส่วนผสมของน้ำเคลือบหรือเนื้อดินปั้น โดย
   - เพิ่มหรือลดปริมาณของฟลักซ์ (Flux)
   - เพิ่มหรือลดปริมาณของซิลิกา หรือ อะลูมินาออกไซด์

วิธีนี้เราสามารถจะเลือกได้ว่าจะแก้ที่น้ำเคลือบหรือเนื้อดินปั้น แต่ส่วนมากมักจะนิยมแก้ที่น้ำเคลือบจะสะดวกกว่า คือ ลดฟลักซ์ เพิ่มซิลิกา

2. แก้ด้วยการเผายืนไฟก่อนประมาณ 30 – 60 นาที โดยควบคุมอุณหภูมิให้คงที่แต่เพิ่มเวลาในการเผาออกไปเพื่อเปิดโอกาสให้เคลือบละลายโดยทั่วกัน

3. เพิ่มอุณหภูมิการเผาโดยไม่ต้องยืนไฟ แต่ต้องไม่เกินช่วงหลอมละลาย (Firing rang) ของน้ำเคลือบ เช่น การหลอมละลายของเคลือบสูตรหนึ่งอยู่ในช่วง 1,150-1,200 °C แทนที่เราจะเผาแค่ 1,150 °C เราสามารถที่จะเผาได้ถึง 1,200 °C เคลือบก็ยังไม่ไหลลงมาอยู่ก้นผลิตภัณฑ์

4. เมื่อเผาเคลือบเสร็จแล้วทิ้งผลิตภัณฑ์ให้เย็นในเตา อย่าเอาผลิตภัณฑ์ออกในขณะที่ยังร้อนจัด คือ อุณหภูมิไม่ควรเกิน 100 °C

การแก้ปัญหาการรานของเคลือบนี้อาจจะใช้วิธีใดวิธีหนึ่งดังกล่าวก็ได้ ถ้ารานมากก็แก้ที่ส่วนผสมของน้ำเคลือบหรือเนื้อดินปั้น แต่รานน้อยๆสามารถแก้ไขด้วยวิธีเผาดังกล่าว

การแตกร่อนตามริมขอบ (Shivering)

เป็นปรากฏการณ์ที่เผาเคลือบแล้ว เคลือบไม่ติดตามริมขอบของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำเคลือบมีความเหนียว (Viscosity) น้อย และสัมประสิทธิ์แห่งการขยายตัวน้อยกว่าเนื้อดินปั้น หรืออาจจะเกิดจากมีพวกไขมันติดที่ผิวผลิตภัณฑ์

วิธีแก้ ให้แก้น้ำเคลือบดิน โดย

- ลดปริมาณของควอทซ์หรือทราย
- เพิ่มปริมาณของฟลักซ์
- ระวังอย่าให้ผลิตภัณฑ์ถูกพวกไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54640

การร่อนออกจากเนื้อดินปั้น (Peeling)

เป็นปรากฏการณ์ที่เคลือบร่อนหลุดออกมาเป็นแผ่นๆ เกิดจากการแยกตัวออกจากเนื้อดินโดยเด็ดขาด เนื่องจาก

1. เนื้อดินปั้นมีปริมาณของหินควอทซ์มากเกินไป
2. นำผลิตภัณฑ์ที่ยังร้อนอยู่ไปเคลือบ ทำให้เกิดการร่อนออกในขณะเผา
3. ผลิตภัณฑ์สกปรก เนื่องจากมีฝุ่นหรือไขมันเกาะอยู่

วิธีแก้

- ลดปริมาณควอทซ์หรือทรายในเนื้อดิน โดยการนำไปล้างเอาทรายหรือควอทซ์ออก หรือใช้ดินจากแห่งอื่นแทน
- อย่านำผลิตภัณฑ์ที่ยังร้อนอยู่ไปเคลือบ
- ทำความสะอาดผลิตภัณฑ์ก่อนนำไปเคลือบ

การแยกตัวออกจากกันของเคลือบ (Crawling)

เป็นปรากฏการณ์ที่เคลือบแยกออกจากกันคล้ายเคลือบเคลื่อนหนี ทำให้เกิดรอยว่างไม่มีเคลือบติด ซึ่งมีสาเหตุมาจาก

1. น้ำเคลือบมีการหดตัวมากเกินไป เนื่องจาก
   - ผสมดินในน้ำเคลือบมากเกินไป โดยปกติไม่ควรใช้เกิน 15%
   - บดน้ำเคลือบละเอียดเกินไป
   - เคลือบหนาเกินไป
2. ผิวผลิตภัณฑ์สกปรกและมีพวกไขมันเกาะอยู่
3. การเกาะตัวระหว่างน้ำเคลือบกับเนื้อดินมีน้อย เนื่องจากในเคลือบใส่พวกดินขาวหรือกาว (Binder) น้อยเกินไป

วิธีแก้ การแยกตัวของเคลือบ (Crawling)

- ทำความสะอาดผลิตภัณฑ์ก่อนนำไปเคลือบ
- ใส่ดินให้พอเหมาะ อย่าให้มากหรือน้อยเกินไปในเคลือบ
- อย่าบดเคลือบให้ละเอียดเกินไป
- อย่าเคลือบหนาเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผิวเคลือบด้านไม่ตรงความเป็นจริง (Loss of glaze)

เป็นตำหนิเคลือบที่เกิดจากการสูญเสียของส่วนผสมของเคลือบ ซึ่งอาจจะเกิดจากการเผาไฟเกิน ทำให้สารบางอย่างที่ระเหยได้ง่ายไปหมด เช่น สารพวกบอแรกซ์ และตะกั่ว เป็นต้น แก้โดยการอย่าเผาให้เกินอุณหภูมิในช่วงที่กำหนด

นอกจากนี้ ตำหนิต่างๆของเคลือบที่พบเห็นกันบ่อยๆก็คือ การไหลตัวของเคลือบ (Running of glaze) เคลือบที่มีการไหลตัวดีไม่เหมาะที่จะใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ที่ตกแต่งโดยการเขียนสีใต้เคลือบ (Underglaze) เพราะจะทำให้สีที่ตกแต่งเลอะเลือน เพราะไหลตามเคลือบ นอกจากนี้ ถ้าเคลือบมีการไหลตัวมากเกินไปมักจะไหลมารวมที่ก้นผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นเหตุให้ผลิตภัณฑ์และพื้นรองในเตาเสียได้

ตำหนิที่พบบ่อยอีกอย่างก็คือ ผิวเคลือบด้าน (Dry surface) ไม่ตรงตามต้องการ เนื่องจากเคลือบบางเกินไป หรือเผายังไม่ถึงจุดหลอมละลาย เป็นต้น

2.10 อิทธิพลความร้อนที่มีต่อเคลือบ

1. คุณสมบัติของแก้วที่อุณหภูมิสูง

คุณสมบัติของแก้วที่อุณหภูมิสูงหลายอย่างที่มีผลต่อการนำมาใช้เป็นเคลือบ ที่สำคัญคือ ความหนืด ความตึงผิว มุมสัมผัส (Contact angle) สัมประสิทธิ์การขยายตัว การระเหย และการเกิดปฏิกิริยาต่อเนื้อดินปั้น ซึ่งจะขอกล่าวพอเป็นสังเขปดังนี้

- *ความหนืด* คุณสมบัติที่ดีอย่างหนึ่งของแก้วคือ การค่อยๆเปลี่ยนแปลงความหนืดเมื่อได้รับพลังงานความร้อนเพิ่มขึ้น แตกต่างจากผลึกซึ่งจะเปลี่ยนจากของแข็งเป็นของเหลวในช่วงอุณหภูมิที่สั้นมาก คุณสมบัติของแก้วนี้ทำให้มีประโยชน์ 2 ประการ คือ ทำให้สามารถผลิตแก้วที่มีรูปร่างต่างๆได้ และทำให้เคลือบคงสภาพเป็นเคลือบอยู่ได้บนเนื้อผลิตภัณฑ์

ในสารประกอบที่เป็นผลึก พันธะส่วนมากมีความแข็งแรงเท่าๆกัน พันธะเหล่านี้จะแตกพร้อมๆกันที่อุณหภูมิที่แน่นอนและกลายเป็นของเหลว พลังงานที่ใช้ทำให้พันธะเหล่านั้นแตกเรียกว่าพลังงานความร้อนของการหลอมเหลว ในกรณีของแก้ว พันธะต่างๆในโครงสร้างของแก้วมีความแข็งแรงต่างๆกัน พันธะที่อ่อนแอกว่าจะแตกที่อุณหภูมิต่ำ เมื่อให้พลังงานความร้อนเพิ่มขึ้นก็จะแตกมากขึ้นเรื่อยๆ ความหนืดก็จะลดลงเรื่อยๆชั้นของเคลือบจะมีความหนืดมากกว่าแก้วล้วนๆ เพราะว่าในชั้นของเคลือบจะมีการละลายของเนื้อดินปั้น โดยเฉพาะซิลิกาและอะลูมินา และบางครั้งก็มีการสลายตัวของตัวเร่งปฏิกิริยาการกลายเป็นแก้ว เช่น ตะกั่ว จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้แก้วมีความหนืดสูงขึ้น การทดสอบความหนืดของเคลือบ อาจทำโดยการเปรียบเทียบการไหลตัว ทำโดยการเผาเคลือบที่บรรจุอยู่บนระนาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอียง แล้วนำเข้าเผาที่อุณหภูมิต่างๆ เคลือบที่ไหลตัวได้ดีกว่าย่อมมีความหนืดต่ำกว่า เคลือบจะไหลตัวลงมาตามระนาบเอียง แล้วจึงเปรียบเทียบระยะที่เคลือบไหลตัวลงมา

ความหนืดของชั้นเคลือบต้องต่ำพอดีที่จะปล่อยให้ฟองอากาศหนีออกมาได้และเคลือบสามารถเคลื่อนตัวทำให้ผิวเคลือบเรียบ แต่ความหนืดของเคลือบก็ต้องไม่ต่จนทำให้เคลือบไหลออกจากผิวผลิตภัณฑ์หมด ที่จุดสุกตัวเคลือบควรมีความหนืดประมาณ 2,400 poises ในเคลือบ ถ้ามี SnO_2 หรือ TiO_2 แขวนลอยอยู่จะมีผลต่อความหนืดน้อยมาก แต่การตกผลึกกลับมี ZrO_2 ออกมาจากเคลือบจะทำให้มีความหนืดสูง

- *ความตึงผิว* ไม่ว่าจะเป็นอะตอมหรือโมเลกุลที่อยู่ภายในของเหลวจะถูกกระทำด้วยแรงที่มีขนาดเท่ากันทุกด้านแต่อะตอมที่ผิวของของเหลวจะถูกกระทำด้วยแรงเพียงครึ่งหนึ่งของอะตอมทำให้เกิดความตึงผิวขึ้น ของเหลวมีแนวโน้มที่จะทำให้มีรูปร่างที่มีพื้นที่ผิดน้อยที่สุดดังนั้นความตึงผิวมีความสำคัญในการสนับสนุนให้เคลือบมีความสามารถทำให้ผิวเรียบ

แต่กรณีที่เคลือบมีความตึงผิวสูง ถ้าเราชุบเคลือบแล้วเกิดแตกระแหงก่อนการเผาจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดการแยกตัวออกจากกันของเคลือบ (Crawling) ทั้งนี้เพราะว่าแต่ละพื้นที่ระหว่างรอยแตกจะดึงตัวเข้าหากัน จนกระทั่งเป็นทรงกลม เพื่อรักษาพื้นผิวให้น้อยที่สุด ความตึงผิวของเคลือบทั้งหลายมีค่าต่างกันเล็กน้อย คือ มีค่าเฉลี่ยประมาณ 300 ดายน์/ซ.ม. อย่างไรก็ดีคุณสมบัติข้อนี้มีผลต่อการทำงานน้อยมาก

- *มุมสัมผัส* ความสามารถของเคลือบเหลวที่จะคลุมผิวผลิตภัณฑ์ให้ทั่วเป็นสิ่งสำคัญ ถ้าแห่งของส่วนผสมของเคลือบถูกเผาให้หลอมบนผลิตภัณฑ์แบนราบ จึงสรุปได้ว่าความสามารถมนการคลุมผิวผลิตภัณฑ์ได้ดีของเคลือบขึ้นตรงกับมุมสัมผัสของเคลือบ ไม่ขึ้นกับความตึงผิว

- *ความดันไอ* เมื่อเคลือบถูกเผาอะตอมที่มีพันธะที่อ่อนแอบนผิวเคลือบจะถูกขจัดออกไปด้วยพลังงานความร้อน อะตอมนั้นจะอยู่ในรูปของก๊าซ และอาจรวมตัวใหม่บนผิวเคลือบอื่น นักเซรามิกส์รู้ดีว่าหีบดิน สามารถดูดไอของเคลือบไว้ได้ เพื่อป้องกันปรากฏการณ์นี้ควรเคลือบด้านในของหีบดิน เพื่อสร้างความดันไอขึ้นภายในหีบดิน ทางกลับกันถ้าเราใส่ผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่ได้เคลือบเข้าเผาในหีบดินที่มีการเคลือบด้านใน เคลือบจากหีบดินก็อาจจะมาติดบนผลิตภัณฑ์ได้ เรียก “สเมียเกลซ์” (Smear glaze) การเผาโดยไม่ใช้หีบดินจะมีการระเหยของเคลือบเกิดขึ้นมากพอสมควร ธาตุในเคลือบที่มีการระเหยได้ดีที่สุด คือ Pb, B และ Cr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเผาเคลือบ

การเผาเคลือบจะเกิดปรากฏการณ์ต่างในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

2.1 *ระยะการอบแห้ง* ผลิตภัณฑ์ดิบเมื่อชุบเคลือบ ส่วนผสมของเคลือบจะเกาะบนผิวผลิตภัณฑ์เป็นชั้นบางๆ ส่วนผสมของเคลือบอาจประกอบไปด้วยฟริต หินแก้ว แคลเซียมคาร์บอเนต ตะกั่วคาร์บอเนต หินฟันม้า ดิน น้ำ บางกรณีจะมีสารอินทรีย์ที่ช่วยทำให้เกิดความเหนียว เมื่อเริ่มเผาความชื้นจะถูกขจัดออกไป ความหนาของชั้นเคลือบจะลดลงพร้อมกับมีการหดตัว ถ้าเคลือบมีการตระเตรียมที่ดีจะมีการหดตัวน้อยมาก ถ้าชั้นของเคลือบมีคุณสมบัติยืดหยุ่นตัวที่ดีเคลือบจะไม่แตกระแหงเนื่องจากความเครียด อย่างไรก็ตามถ้าเคลือบมีดินมากเกินไป มีการบดละเอียดมากไป หรือชุบเคลือบหนาไป จะทำให้เกิดการแตกระแหงหลังการชุบเคลือบ

2.2 *การออกซิเดชั่นพวกสารอินทรีย์* ระหว่างอุณหภูมิ 500°C - 600°C อินทรีย์สารจำนวนหนึ่งจะถูกออกซิไดซ์ ซึ่งจะทำให้ชั้นของเคลือบพรุนตัวมากขึ้น 30-50%

2.3 *การขจัดกลุ่ม OH ออกจากดิน* ที่อุณหภูมิประมาณ 500°C เช่นกัน กลุ่ม OH ในโครงสร้างของดินจะถูกขจัดออกไป ซึ่งจะทำให้ชั้นของเคลือบพรุนตัวมากขึ้น

2.4 *จุดเริ่มการเกิดแก้ว* ที่อุณหภูมิประมาณ 700°C ในเคลือบที่มีฟริตจะเริ่มเยิ้มตัวและละลายส่วนผสมอื่นๆ ในเคลือบชนิดอื่นๆจุดเริ่มการเกิดแก้วจะเกิดที่อุณหภูมิสูงกว่า แต่ในทุกกรณีจะมีแก้วเกิดขึ้นที่อุณหภูมิ 1,100°C

2.5 *การละลายของวัตถุดิบที่ใช้ในส่วนผสมของเคลือบ* เมื่อเริ่มเกิดแก้วขึ้น ในขณะที่อุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณของเนื้อแก้วจะมีมากขึ้น เนื่องจากวัตถุดิบอื่นๆละลายลงไปในเนื้อแก้ว มีแต่หินแก้วเท่านั้นที่คงทนอยู่ได้ และสามารถทนอยู่ได้จนเกือบถึงจุดสุกตัวของเคลือบ การละลายของหินแก้วทำให้มีความหนืดสูงขึ้น ซึ่งจะช่วยไม่ให้เคลือบไหลตัวได้ดีเกินไป

2.6 *การกำจัดพวกฟองอากาศ* ชั้นของส่วนผสมของเคลือบขณะชุบเคลือบใหม่ๆ จะมีรูพรุน 40-50% ซึ่งจะมีอากาศอยู่เต็ม ขณะที่ส่วนผสมของเคลือบหลอมตัว ฟองอากาศบางส่วนจะหนีออกไป แต่ส่วนใหญ่จะถูกกักอยู่ในเนื้อเคลือบ นอกจากนี้ยังมีฟองอากาศที่เกิดจากการสลายตัวของพวกคาร์บอเนตในวัตถุดิบที่ใช้ทำส่วนผสมของเคลือบ ที่จุดสุกตัวของเคลือบความหนืดของเคลือบจะลดลง ฟองอากาศส่วนใหญ่จะลอยตัวขึ้นมาที่ผิวเคลือบและหนีออกไป จะเหลือเป็นหลุมเล็กบนผิวเคลือบและหายไปในที่สุด

นักเซรามิกส์เชื่อว่าความตึงผิวกระทำระหว่างฟองอากาศและผิวเคลือบ เพื่อจะให้ได้พื้นที่ผิวน้อยที่สุด ซึ่งเป็นวิธีสุดท้ายที่ใช้ขจัดฟองอากาศ โดยปกติถ้าชั้นของเคลือบหนา การขจัดฟองอากาศก็เป็นไปได้ช้า หรือถ้าเคลือบมีความหนืดต่ำการขจัดฟองอากาศก็จะเป็นไปได้เร็ว

เราอาจจะสังเกตเคลือบบนแผ่นกระเบื้องในเตาทดลอง โดยอาศัยความสว่างที่เหมาะสม ขณะเผาเคลือบใกล้จะถึงจุดสุกตัว อาจจะมองเห็นฟองอากาศแตกกระจายที่ผิวเคลือบมากมาย เมื่อถึงจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุกตัว ปรากฏการณ์นี้จะหมดไปผิวเคลือบจะปรับระดับผิวเคลือบจะเรียบและสงบนิ่ง ถึงแม้ว่าเคลือบจะดีอย่างไรก็ตามจะพบฟองอากาศตรงรอยต่อระหว่างเคลือบกับเนื้อผลิตภัณฑ์เสมอ

เราอาจคิดว่าน้ำหนักของแก้วเป็นตัวไล่ฟองอากาศขึ้นมาด้านบน ถ้าเป็นจริงเคลือบส่วนบนของผลิตภัณฑ์ที่เป็นแผ่นควรจะขจัดฟองอากาศไดเร็วกว่าเคลือบด้านล่าง สิ่งนี้ดูเหมือนวาไม่เป็นความจริง ดังนั้นจึงพูดไดว่าน้ำหนักตัวมีส่วนเกี่ยวข้องน้อยหรือไม่มีส่วนเกี่ยวข้องเลยต่อการขจัดฟองอากาศไปจากผิวเคลือบ

2.7 *ปฏิกิริยาระหว่างเนื้อเคลือบกับเนื้อผลิตภัณฑ์* เนื้อเคลือบจะละลายเนื้อผลิตภัณฑ์ตรงบริเวณที่สัมผัสกัน แต่การละลายจะไม่เท่ากันทุกจุด ดังนั้นจะทำให้เกิดผิวขรุขระและทำให้เคลือบติดกับเนื้อผลิตภัณฑ์ได้ดี ผลึกที่เกิดขึ้นระหว่างรอยต่อของเคลือบและผลิตภัณฑ์มีความสำคัญ ทำให้เกิดคุณสมบัติทางกายภาพที่ดี เพราะว่ามันจะทำหน้าที่เป็นบริเวณการเปลี่ยนแปลงระหว่างเนื้อผลิตภัณฑ์กับเคลือบ ผลึกเหล่านี้สามารถตรวจสอบโดยการตัดส่วนบางๆตรงรอยต่อระหว่างเนื้อผลิตภัณฑ์และเคลือบโดยวิธีทางธรณีวิทยา

3. ปรากฏการณ์ระหว่างปล่อยให้เคลือบเย็นตัวลง

หลังจากเผาเคลือบสุกตัวดีแล้ว ก็ปล่อยให้เย็นตัวลงจนถึงอุณหภูมิปกติ จะมีปรากฏารณ์หลายอย่างเกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ปล่อยให้เคลือบเย็นตัวลงดังนี้

3.1 *ผิวเคลือบ* ขณะที่เคลือบสุกตัวผิวเคลือบจะมีลักษณะเหมือนกระจกราบ แต่ขณะที่มันเย็นตัวลงผิวเคลือบจะมีลักษณะเป็นปุ่มภูเขาไฟตื้นๆ ซึ่งเราสามารถมองเห็นได้ถ้าเราใช้ความสว่างที่เหมาะสม หรือดูได้จากกราฟแสดงการสะท้อนแสงของผิวเคลือบทั้งระหว่างการเผา และระหว่างปล่อยให้เคลือบเย็นตัวลง

การสะท้อนแสงจะมีค่ามากที่จุดสุกตัวและจะตกประมาณ 1 ใน 3 เมื่อปล่อยให้เย็นตัวลง แสดงว่าระหว่างการปล่อยให้เย็นตัวลงผิวหน้าจะไม่เรียบ คือ จะเกิดหลุมเล็กๆซึ่งเป็นผลทำให้การสะท้อนแสงลดลง หลุดเล็กๆเหล่านี้เกิดจากฟองอากาศใต้ผิวเคลือบหดตัวลง

3.2 *การเกิดผลึก* ผลึกในเคลือบมีหลายแบบ คือ ผลึกระหว่างรอยต่อของเคลือบและเนื้อผลิตภัณฑ์ ผลึกที่กระจายอยู่ในเคลือบและผลึกที่อยู่ที่ผิวเคลือบ ผลึกเหล่านี้อาจจะเกิดระหว่างการเผาหรือระหว่างการควบคุมอุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่ง แต่ผลึกส่วนใหญ่จะเกิดในขณะปล่อยให้เคลือบเย็นตัวลง

3.3 *การเกิดแรงเค้นในเคลือบ* ถ้าเคลือบและเนื้อผลิตภัณฑ์มีการหดตัวเท่าๆกันระหว่างการปล่อยให้เย็นตัวลง จะไม่มีแรงเค้นเกิดขึ้นในเคลือบ แต่ถ้ามีการหดตัวไม่เท่ากันแรงเค้นจะเกิดขึ้นในเคลือบ ซึ่งถ้าเกิดแรงเค้นขึ้นมากอาจจะทำให้เกิดการเสียหาย เคลือบมีความต้านทานต่อแรงอัดสูง แต่มีความต้านทานต่อแรงดึงต่ำ ฉะนั้นต้องระวังไม่ให้เกิดแรงเค้นอันเนื่องมาจากแรงดึง มิฉะนั้นจะทำให้เกิดการเสียหายต่อเคลือบ คือ เกิดการรานตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 การคำนวณสูตรเคลือบ

ชนิดของสูตรเคลือบ

สูตรน้ำเคลือบที่พบอยู่เสมอและใช้กันอยู่ทั่วๆไปมีหลายรูปแบบ ได้แก่

1. สูตรที่บอกเป็นร้อยละของส่วนผสม เช่น

สูตรเคลือบใสที่อุณหภูมิ Cone 6-7

โพแทชเฟลด์สปาร์ (Potash Feldspar)	33.87%
หินปูน (Limestone)	13.37%
ดินขาว (Kaolin)	9.40%
ควอรตซ์ (Quartz)	39.36%
สังกะสีออกไซด์ (Zinc oxide)	4.00%
	100.00%

ถ้าหากว่าได้เห็นสูตรที่มีลักษณะอย่างนี้ที่ไหนก็นำมาใช้ได้เลย โดยไม่ต้องนำมาคิดอะไรทั้งสิ้น แต่อาจได้ผลที่คลาดเคลื่อนไปจากเดิมบ้างเนื่องจากวัตถุดิบมาจากแหล่งที่ต่างกัน สูตรเคลือบทั่วๆไปมักนิยมคำนวณออกมาเป็นร้อยละ เพื่อสะดวกในการเทียบอัตราส่วนในการเตรียม

2. สูตรที่บอกเป็นส่วนผสม (Recipes) เช่น

สูตรเคลือบใสที่อุณหภูมิ Cone 7

โพแทชเฟลด์สปาร์ (Potash Feldspar)	172.6 กรัม
ไวติง (Whiting)	29.4 กรัม
แมกนีเซียมคาร์บอเนต (Magnesium carbonate)	16.0 กรัม
แบเรียมคาร์บอเนต (Barium carbonate)	38.8 กรัม
ดินขาว (Kaolin)	18.6 กรัม
ฟลินต์ (Flint)	69.6 กรัม
Formula batch weight	345.0 กรัม

ผลรวมของส่วนผสมของสูตรเคลือบ 1 สูตร เราเรียกว่า Formula batch weight "Batch" หมายถึงสูตรเคลือบที่เป็นวัตถุดิบตามธรรมชาติ

3. สูตรที่บอกเป็นเอมพิริคัล (Empirical formula) เช่น

$0.20\ K_2O$

$0.70\ CaO \qquad 0.40\ AL_2O_3 \qquad 3.50\ SiO_2$

$0.10\ MgO$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งสูตรที่บอกเป็นเอมพิริคัลนี้จะบอกจำนวนโมเลกุลของออกไซด์ต่างๆที่ใช้เป็นส่วนผสม เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้นำไปใช้สามารถหาวัตถุดิบได้อย่างเป็นอิสระ หรือเท่าที่มีอยู่ ซึ่งไม่จำกัดเหมือน 2 วิธีแรก เพียงแต่ให้มีส่วนประกอบทางเคมีครบก็ใช้ได้ เช่น จากสูตรตัวอย่างจะเห็นได้ว่ามีทั้งแคลเซียมออกไซด์ (CaO) และแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ซึ่งสารทั้งสองอย่างนี้เราสามารถใช้โดโลไมต์ (Dolomite) แทนได้บางส่วน เป็นต้น

การเขียนสูตรแบบเอมพิริคัลจะเขียนเป็น 3 กลุ่มด้วยกัน คือ

กลุ่มแรก จะเป็นสารพวกที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง (RO, R_2O) จำนวนโมเลกุลของสารในกลุ่มนี้เมื่อรวมกันแล้วจะมีค่าเท่ากับ 1.00 เสมอ เพื่อสะดวกในการเทียบอัตราส่วน

กลุ่มกลาง จะเป็นสารพวกที่มีคุณสมบัติเป็นกลาง (R_2O_3)

กลุ่มหลัง จะเป็นสารพวกที่มีคุณสมบัติเป็นกรด (RO_2)

ในเมื่อเราทราบสูตรเอมพิริคัล เราก็สามารถคำนวณหาส่วนผสมของเคลือบจากสูตรนั้นได้ แต่ก่อนที่จะลงมือคำนวณเราจำเป็นต้องมีความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสิ่งต่อไปนี้

1. ต้องรู้สัญลักษณ์ทางเคมีของธาตุหรือสารประกอบ
2. ต้องรู้ว่าธาตุหรือสารประกอบนั้นๆมีอยู่ในสารประกอบหรือวัตถุดิบตัวใด
3. ต้องดูตารางแสดงน้ำหนักโมเลกุลของวัตถุดิบเป็น
4. ต้องมีความรู้เกี่ยวกับคำต่างๆต่อไปนี้
   - น้ำหนักโมเลกุล
   - น้ำหนักสมมูล
   - น้ำหนักของสูตรเคลือบ 1 สูตร
   - ส่วนผสมของเคลือบที่เป็นวัตถุดิบ
   - ส่วนผสมที่เป็นผลวิเคราะห์ทางเคมี

การคำนวณสูตรเอมพิริคัลเป็นน้ำหนักส่วนผสมของวัตถุดิบ เช่น

0.3 K_2O 0.5 Al_2O_3 4.0 SiO_2

0.7 CaO

ก่อนอื่นขอแนะนำ เทคนิคการนำวัตถุดิบมาใช้ก่อน ดังนี้

1. ถ้ามีฟลักซ์พวกแอลคาไลน์ (Na_2O หรือ K_2O) อยู่ด้วยพยายามใช้ในรูปของโซดาเฟลด์สปาร์ (Soda feldspar) หรือโพแทชเฟลด์มปาร์(Potash feldspar) ให้มากที่สุด เพราะสารชนิดนี้มีราคาถูก ไม่ละลายน้ำและใช้ทำเคลือบได้ผลดี

2. การใช้ออกไซด์เดี่ยวอื่นๆซึ่งส่วนมากนิยมใช้ในรูปของคาร์บอเนต เพราะมีราคาถูกกว่าสารพวกออกไซด์บริสุทธิ์ แต่เมื่อผ่านการเผาจนแตกตัวแล้วก็จะมีผลเท่ากัน

3. ถ้าในสูตรมีอะลูมินาออกไซด์และซิลิกาออกไซด์อยู่ให้ใช้ในรูปของดิน (Clay) ที่เหลือจึงใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกไซด์เดี่ยวๆ

4. เวลาวางรูปแบบการคำนวณ พยายามวางให้ซิลิกา (SiO_2) อยู่หลังสุดและรองสุดท้ายควรเป็นอะลูมินา (AL_2O_3) เวลาคิดควรใช้ซิลิกาในรูปสารประกอบอื่นเสียก่อน เช่น ดิน หินฟันม้า เป็นต้น ที่เหลือจึงใช้ Quartz หรือ Flint

5. ส่วนประกอบของวัตถุดิบที่เป็นน้ำไม่ต้องนำมาคิด เพราะเวลาเผาแล้วน้ำจะระเหยไปหมดและไม่มีผลต่อเคลือบ

เมื่อทราบวิธีการนำวัตถุดิบมาใช้แล้ว ต่อไปก็เขียนเป็นตารางดังนี้

วัตถุดิบ	สูตรเคลือบ (Glaze formula)			
	K_2O	CaO	Al_2O_3	SiO_2
0.3 Potash feldspar	0.3	0.7	0.5	0.4
	0.3	-	0.3	1.8
0.7 Limestone		0.7	0.2	2.2
		0.7	-	-
0.2 Kaolin			0.2	2.2
			0.2	0.4
1.8 Quartz			-	1.8
				1.8

สาเหตุที่ใช้ Potash feldspar 0.3 โมเลกุล เพื่อต้องการได้ K_2O มากที่สุดตากกฎข้อ 1 ผลที่ตามมาคือ นอกจากจะได้ 0.3 โมเลกุลของ K_2O แล้วยังให้ 0.3 Al_2O_3 และ 1.8 SiO_2 ด้วย ซึ่งดูได้จากสูตรของ Potash feldspar ดังนี้ K_2O* Al_2O_3 *6 SiO_2 จากสูตรจะเห็นว่าถ้าเราใส่ Potash feldspar ที่ให้ 1 โมเลกุลของ K_2O แล้วมันจะให้ 1 โมเลกุลของ AL_2O_3 และ 6 โมเลกุลของ SiO_2ด้วย

ใช้ Limestone 0.7 โมเลกุล ซึ่งเป็นสารเดี่ยวไม่มีปัญหา

ใช้ 0.2 Kaolin เพื่อให้ 0.2 โมเลกุลของ Al_2O_3 และให้ 0.4 โมเลกุลของ SiO_2ด้วย เพราะจากสูตรของClay คือ Al_2O_3 *2 SiO_2*2H_2O คือจะให้ซิลิกาเป็นสองเท่าของอะลูมินาส่วนน้ำตัดทิ้งไปตามกฎข้อ 5

จะเห็นได้ว่าเหลือวัตถุดิบอีก 1 ตัว คือซิลิกาซึ่งยังขาดอีก 1.8 โมเลกุล ฉะนั้นจึงใช้ 1.8 โมเลกุลของ Quartz ใส่ไปเลย

จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณอัตราส่วนน้ำหนักดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุดิบ	จำนวนโมเลกุล	น.น.โมเลกุล	น.น.ส่วนผสม	ส่วนผสมเป็น%
Potash feldspar	0.3	557	167.1	42.12
Limestone	0.7	100	70.0	17.65
Kaolin	0.2	258	51.6	13.01
Quartz	1.8	60	108.0	27.22
	Formula batch weight = 396.7			100.0

วิธีคิด

1. ใช้จำนวนโมเลกุลคูณกับน้ำหนักโมเลกุล ผลลัพธ์ที่ได้คือน้ำหนักส่วนผสม (Recipe weight)
2. คำนวณจากน้ำหนักส่วนผสมเป็น% โดยใช้น้ำหนักส่วนผสมแต่ละตัวคูณด้วย 100 แล้วหารด้วย Formula batch weight เช่น ส่วนผสมของ

   Potash feldspar = (167.1*100)/396.91 = 42.12 เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองและวิธีการดำเนินการ

3.1 วัสดุและสารเคมีที่ใช้

1. เศษแก้ว
2. หินฟันม้า (Feldspar)
3. ดินขาว (Kaolin)
4. เนื้อดินปั้น จากบริษัทคอมพาวด์เคลย์

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

1. เครื่องชั่ง
2. ครกหิน
3. เครื่องบดแก้ว
4. ถังใส่เคลือบ
5. ตะแกรงกรองน้ำยาเคลือบ (Sieve) เบอร์ # 80-100
6. หม้อบดเคลือบ (Pot-mill) หรือโกร่งบดเคลือบ (Apothe cary's mortar)
7. เครื่องกวนเคลือบ (Rapid mixer)
8. เตาเผา
9. เครื่องวัดความแข็ง (Hardness)
10. เครื่องทดสอบแรงกดแบบต่อเนื่อง (Modulus of rupture)
11. เครื่องทดสอบแรงกระแทก (Impact)
12. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope , SEM)

3.3 การรวบรวมเศษแก้ว

1. ทำการแยกเศษแก้วที่มีสีต่างๆกัน
2. ทำความสะอาดเศษแก้ว

3.4 การบดเศษแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การบดเศษแก้ว

1. นำเศษแก้วที่ผ่านการทำความสะอาดเรียบร้อยแล้วตำให้ละเอียดด้วยครกหิน
2. นำเศษแก้วที่ผ่านการตำด้วยครกหิน มาบดด้วยเครื่องบดเศษแก้ว
3. นำเศษแก้วบดร่อนด้วยตะแกรงขนาด 200 Mesh

3.5 เนื้อดินปั้น

ใช้เนื้อดินปั้นสำเร็จรูปชนิด ดินดำดูดอากาศของบริษัทคอมพาวด์เคลย์

3.6 การขึ้นรูปชิ้นงาน

1. นำเนื้อดินปั้นที่ผ่านการนวดมาขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์ขนาด 1*1.5*5.5 เซนติเมตร
2. นำชิ้นงานไปตากแดดจนแห้ง
3. เมื่อชิ้นงานแห้ง นำออกจากแม่พิมพ์แล้วตกแต่งชิ้นงานด้วยกระดาษทราย

3.7 การเตรียมน้ำเคลือบ

1. ชั่งส่วนผสมให้ได้ตามตาราง

วัตถุดิบ	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6	สูตรที่ 7
แก้วบดละเอียด	90	80	70	70	60	50	50
หินฟันม้า	0	0	0	20	30	40	50
ดินขาว	10	20	30	10	10	10	0

2. นำส่วนผสมมาบดคลุกโกร่งบดให้เข้ากัน และเติมน้ำในเคลือบให้มีความหนืดพอเหมาะ
3. การกรอง น้ำเคลือบเมื่อผ่านการบดผสมเรียบร้อยแล้วจะต้องผ่านการกรองด้วยตะแกรง (Sieve) เพื่อให้ได้ความละเอียดตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การทดสอบเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ

- นำชิ้นงานที่ผ่านการเผาเคลือบมาทดสอบ%การดูดซึมน้ำโดย นำชิ้นงานที่ทดสอบไปชั่งน้ำหนักอย่างละเอียดจากนั้นนำชิ้นงานไปแช่น้ำเป็นเวลา 1 ชั่วโมงนำชิ้นงานขึ้นจากน้ำทิ้งไว้ให้แห้งจากนั้นนำชิ้นงานไปชั่งน้ำหนักอย่างละเอียดอีกครั้งหนึ่งและนำค่าที่ได้มาคำนวณหา % การดูดซึมน้ำโดยใช้สูตร

$$\% \text{ การดูดซึมน้ำ} = \frac{(\text{น้ำหนักของชิ้นงานหลังแช่น้ำ} - \text{น้ำหนักของชิ้นงานก่อนแช่น้ำ})}{\text{น้ำหนักของชิ้นงานก่อนแช่น้ำ}} * 100$$

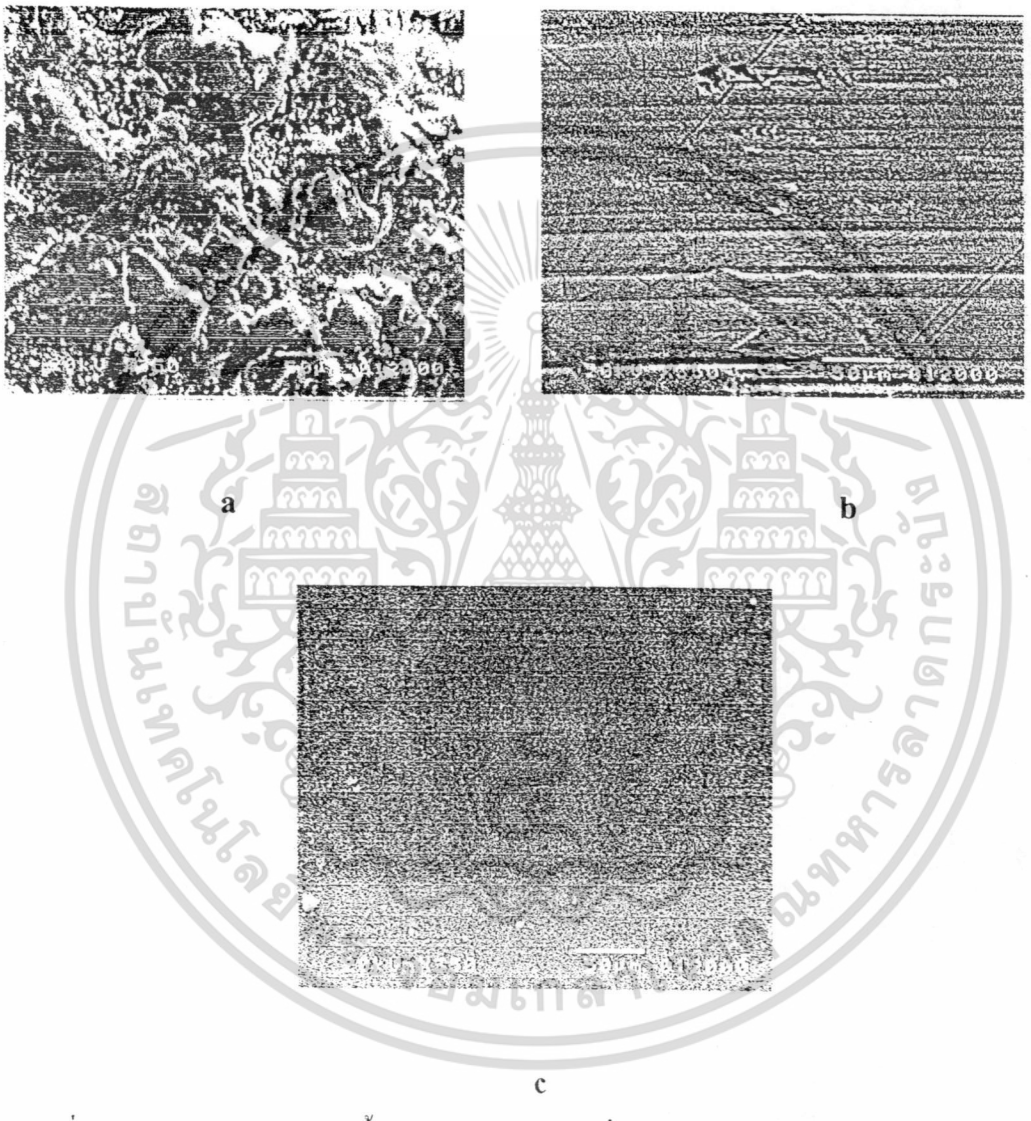
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

◆ การหาสภาวะที่เหมาะสม

ผลจากการเผาเคลือบสูตรต่างๆที่อุณหภูมิ 900°C 1,050°C และ 1,150°C แสดงได้ดังรูป 4.1-4.7 ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.1 แสดงภาพขยายของพื้นผิวของเคลือบสูตรที่ 1 ด้วย SEM โดยใช้กำลังขยาย 350 เท่า
(a) 900°C, (b) 1,050°C, (c) 1,150°C

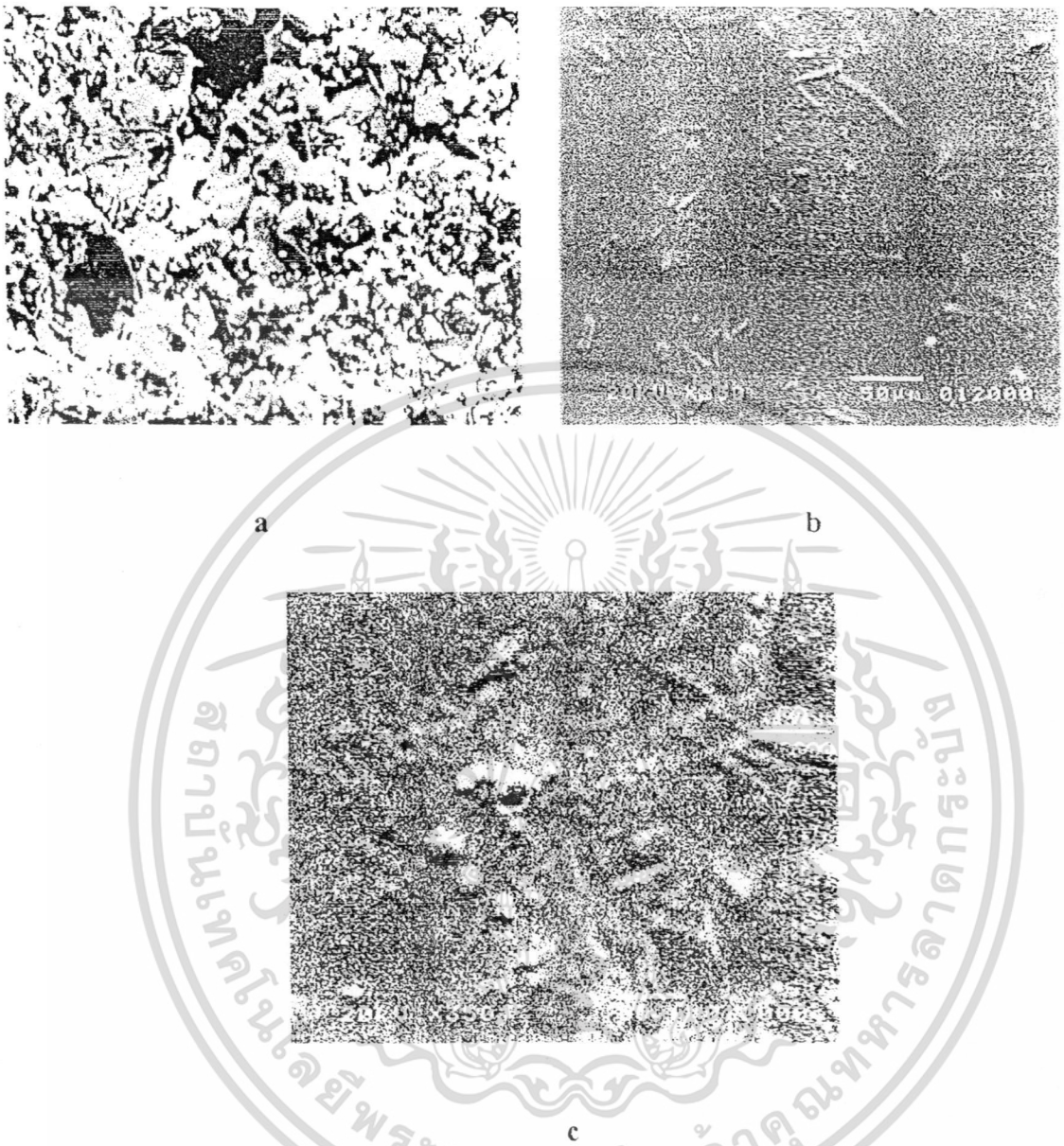
ผลที่ได้พบว่าเคลือบที่เผาที่อุณหภูมิ 1,150°C มีพื้นผิวเรียบและหลอมรวมเป็นเนื้อเดียวกันมากกว่าเคลือบที่เผาด้วยอุณหภูมิ 900°C และ 1,050°C ทั้งนี้เนื่องมาจากที่อุณหภูมิ 1,150°C แก้วเกิดการหลอมตัวกับดินขาวได้หมด และเกิดการหลอมรวมตัวกันทางความร้อน (Sintering)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 แสดงภาพขยายของพื้นผิวของเคลือบสูตรที่ 2 ด้วย SEM โดยใช้กำลังขยาย 350 เท่า
(a) 900°C, (b) 1,050°C, (c) 1,150°C

ผลที่ได้คล้ายกับในรูปที่ 4.1 แต่เนื่องจากองค์ประกอบของสูตรเคลือบมีปริมาณแก้วลดลงและดินขาวเพิ่มขึ้นทำให้ที่อุณหภูมิ 1,150°C ผิวเคลือบมีแก้วไม่เพียงพอที่จะคลุมพื้นผิวที่มีปริมาณดินขาวที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงมีรอยแตกเกิดขึ้นที่พื้นผิว แต่จากการสังเกตด้วยตาเปล่าจะพบว่ามีความสวยงามกว่าที่เผาด้วยอุณหภูมิ 900°C และ 1,050°C เนื่องจากเคลือบสุกตัวจึงทำให้ผิวเป็นมันวาว

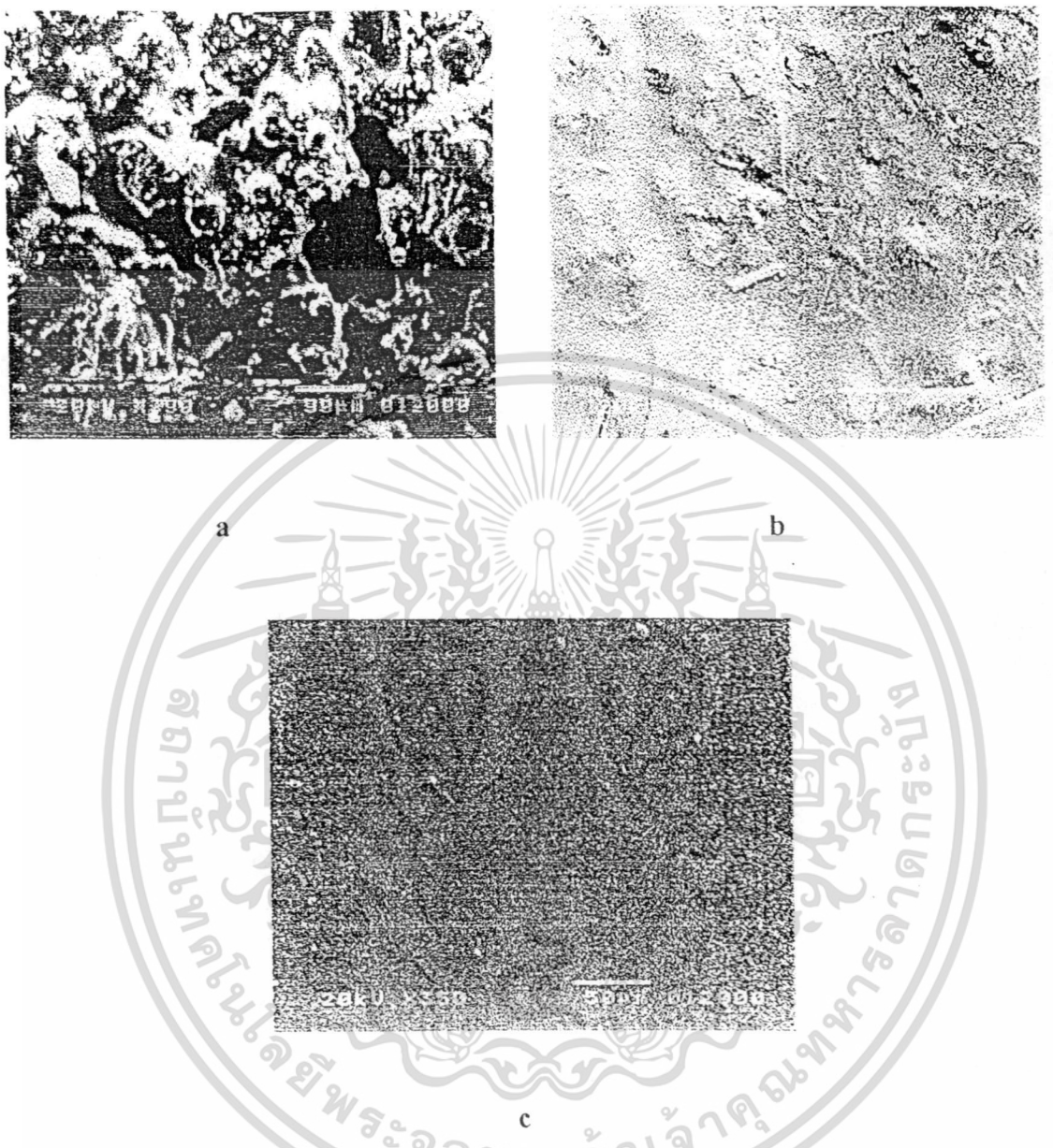
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงภาพขยายของพื้นผิวของเคลือบสูตรที่ 3 ด้วย SEM โดยใช้กำลังขยาย 350 เท่า (a) 900°C, (b) 1,050°C, (c) 1,150°C

ผลที่ได้พบว่าเคลือบที่เผาด้วยอุณหภูมิ 1,050°C มีพื้นผิวที่เรียบกว่าที่อุณหภูมิ 1,150°C เนื่องจากในสูตรเคลือบมีปริมาณแก้วน้อยลงและดินขาวเพิ่มขึ้น จึงทำให้ที่อุณหภูมิ 1,150°C แก้วไม่สามารถคลุมดินขาวที่มีอยู่มากได้หมดจึงทำให้พื้นผิวไม่เรียบ แต่จากการสังเกตด้วยลาเปล่าจะพบว่ามีความสวยงามกว่าที่เผาด้วยอุณหภูมิ 900°C และ 1,050°C เนื่องจากเคลือบสุกตัวจึงทำให้ผิวเป็นมันวาว

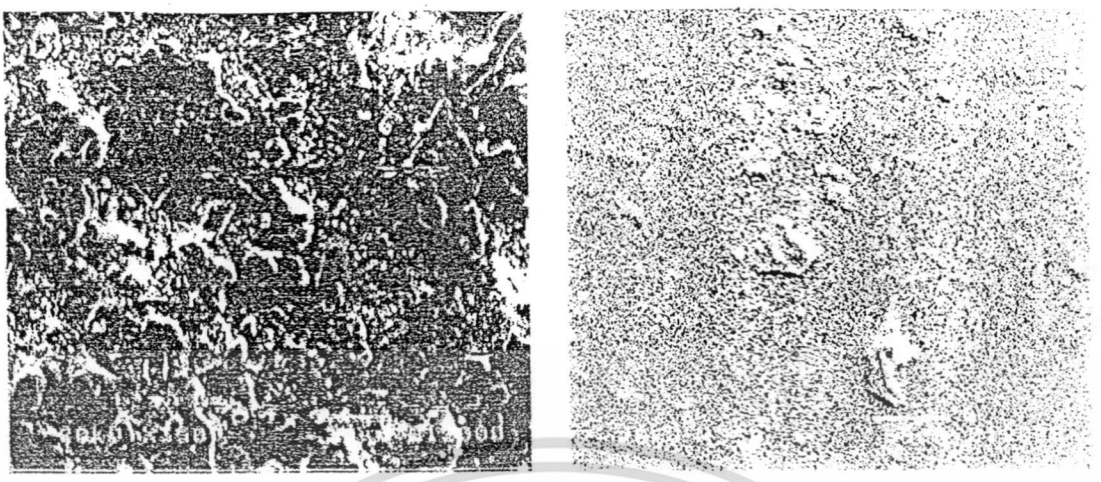
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



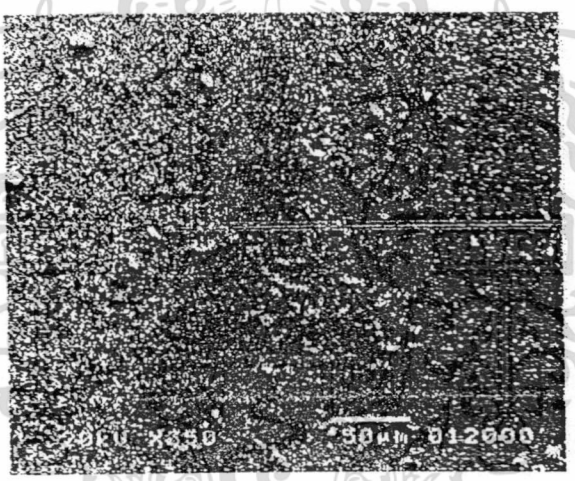
รูปที่ 4.4 แสดงภาพขยายของพื้นผิวของเคลือบสูตรที่ 4 ด้วย SEM โดยใช้กำลังขยาย 350 เท่า
(a) 900°C, (b) 1,050°C, (c) 1,150°C

ผลที่ได้พบว่าเคลือบที่เผาที่อุณหภูมิ 1,150°C มีพื้นผิวเรียบและหลอมรวมเป็นเนื้อเดียวกันมาก กว่าเคลือบที่เผาที่อุณหภูมิ 900°C และ 1,050°C ทั้งนี้เนื่องจากที่อุณหภูมิ 1,150°C เกิดการ Sintering ได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



a b

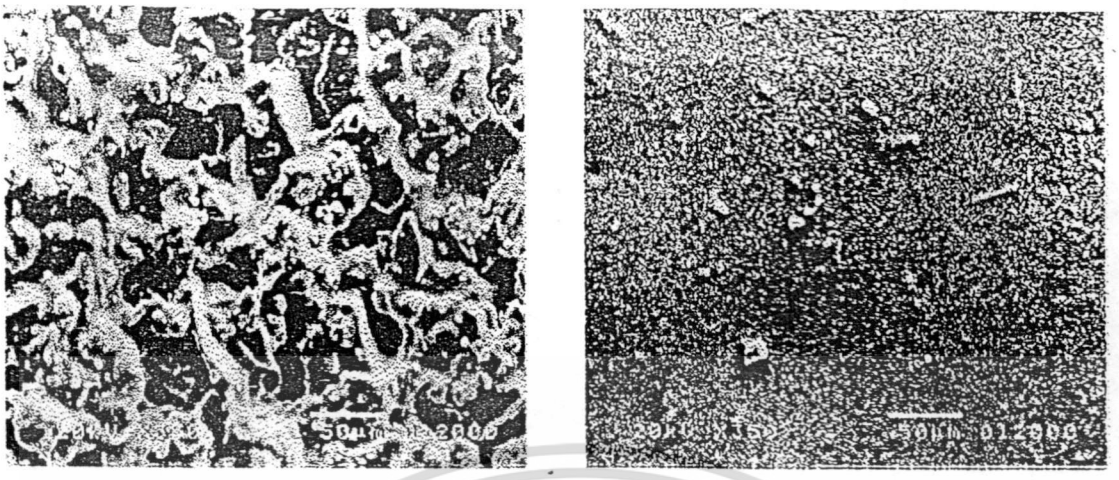


c

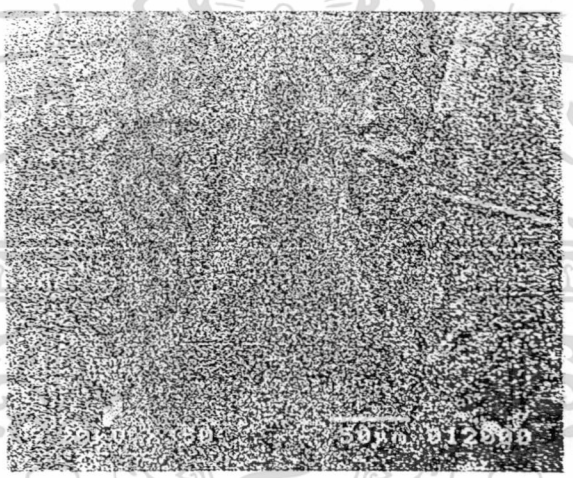
รูปที่ 4.5 แสดงภาพขยายของพื้นผิวของเคลือบสูตรที่ 5 ด้วย SEM โดยใช้กำลังขยาย 350 เท่า
(a) 900°C, (b) 1,050°C, (c) 1,150°C

ผลที่ได้พบว่าเคลือบที่เผาที่อุณหภูมิ 1,150°C มีพื้นผิวเรียบและหลอมรวมเป็นเนื้อเดียวกันมากกว่าเคลือบที่เผาที่อุณหภูมิ 900°C และ 1,050°C ทั้งนี้เนื่องจากที่อุณหภูมิ 1,150°C เกิดการ Sintering ได้ดี และสามารถสังเกตได้ว่าความแตกต่างระหว่างผิวเคลือบ (b) และ (c) ในรูป 4.5 น้อยกว่าในรูป 4.4 ทั้งนี้เนื่องมาจากในสูตรที่ 5 มีปริมาณหินฟันม้ามากกว่าจึงทำให้เคลือบเกิดการ Sintering ได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



a b



c

รูปที่ 4.6 แสดงภาพขยายของพื้นผิวของเคลือบสูตรที่ 6 ด้วย SEM โดยใช้กำลังขยาย 350 เท่า (a) 900°C, (b) 1,050°C, (c) 1,150°C

ผลที่ได้พบว่าเคลือบที่เผาที่อุณหภูมิ 1,150°C มีพื้นผิวเรียบและหลอมรวมเป็นเนื้อเดียวกันมากกว่าเคลือบที่เผาที่อุณหภูมิ 900°C และ 1,050°C ทั้งนี้เนื่องจากที่อุณหภูมิ 1,150°C เกิดการ Sintering ได้ดี และสามารถสังเกตได้ว่าความแตกต่างระหว่างผิวเคลือบ (b) และ (c) ในรูป 4.6 น้อยกว่าในรูป 4.4 และรูป 4.5 ทั้งนี้เนื่องมาจากในสูตรที่ 6 มีปริมาณหินฟันม้ามากกว่าจึงทำให้เคลือบเกิดการ Sintering ได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

a b c

รูปที่ 4.7 แสดงภาพขยายของพื้นผิวของเคลือบสูตรที่ 7 ด้วย SEM โดยใช้กำลังขยาย 350 เท่า (a) 900°C, (b) 1,050°C, (c) 1,150°C

ผลที่ได้พบว่าเคลือบที่เผาที่อุณหภูมิ 1,150°C และ 1,050°C มีความแตกต่างกันของพื้นผิวน้อยมาก และสามารถบ่งบอกได้อย่างชัดเจนว่าหินฟันม้ามีผลต่อการเกิด Sintering เพราะเมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างผิวเคลือบ (b) และ (c) ในรูป 4.7 น้อยกว่าในรูป 4.4-4.6 ทั้งนี้เนื่องมาจากในสูตรที่ 7 มีปริมาณหินฟันม้ามากกว่า จึงทำให้เกิด Sintering ได้ดี

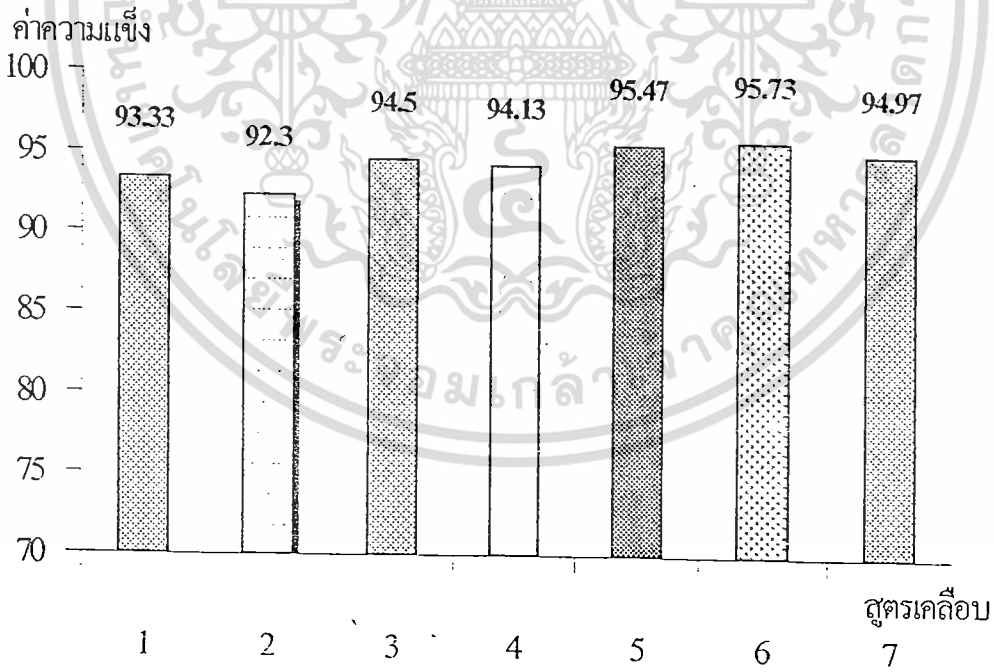
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

◆ การทดสอบความแข็ง

ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบความแข็งของชิ้นงานตัวอย่างที่เคลือบด้วยน้ำเคลือบทั้ง 7 สูตร

สูตรเคลือบ	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 3	ชิ้นที่ 4	ชิ้นที่ 5	เฉลี่ย
1	92.5	92.4	94.0	93.3	94.3	93.33
2	92.6	92.6	93.0	91.4	91.9	92.30
3	94.7	94.6	93.0	94.4	95.5	94.50
4	94.2	94.0	94.1	94.3	94.0	94.13
5	95.3	96.0	95.7	95.7	94.7	95.47
6	95.7	95.7	96.0	95.5	95.7	95.73
7	94.3	95.5	95.3	95.3	94.5	94.97

รูปที่ 4.8 แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งของชิ้นงานตัวอย่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลที่ได้ทั้งหมดสังเกตได้ว่าความแข็งของเคลือบนั้นมีค่าใกล้เคียงกันแต่ถ้าพิจารณาโดยละเอียดแล้วจะพบว่า ในสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 จะมีค่าความแข็งค่อนข้างต่ำกว่าสูตรอื่นๆเนื่องมาจากไม่มีหินฟันม้าเป็นองค์ประกอบในสูตรเคลือบซึ่งหินฟันม้าทำให้เกิดการ Sintering ที่ดีและเป็นตัวช่วยทำให้เคลือบมีความแข็งแรงที่ดี โดยที่สูตรที่ 2 จะมีปริมาณดินขาวสูงกว่าสูตรที่ 1 ซึ่งดินขาวนั้นมีส่วนทำให้เคลือบเกิดการ Sintering ไม่ดี จึงทำให้สูตรที่ 2 มีความแข็งต่ำกว่าสูตรที่ 1

แต่ในกรณีของสูตรที่ 3 ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณดินขาวอยู่มากแต่ค่าความแข็งค่อนข้างสูงเนื่องจากสูตรที่ 3 มีปริมาณแก้วน้อยจึงทำให้ไม่สามารถคลุมดินขาวที่มีอยู่มากได้หมด ซึ่งเมื่อเคลือบเย็นตัวแก้วจะรัดอนุภาคของดินขาวไว้แน่นจึงทำให้มีค่าความแข็งสูง

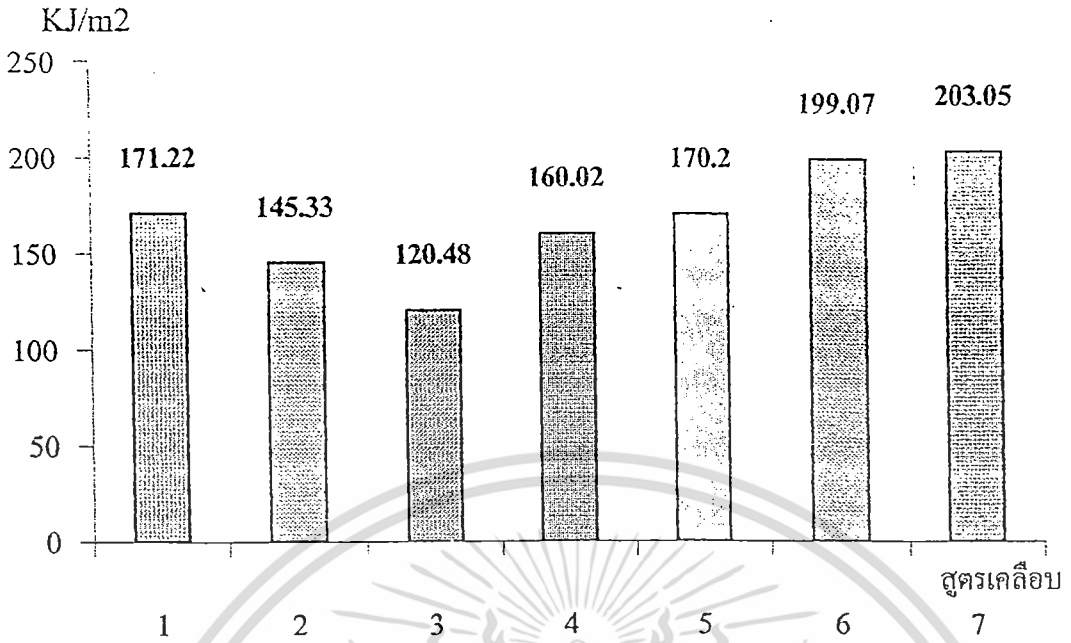
ส่วนกรณีของสูตรที่ 4-7 มีค่าความแข็งค่อนข้างสูงเนื่องจากในสูตรเคลือบมีหินฟันม้าเป็นองค์ประกอบซึ่งหินฟันม้าทำให้เกิดการ Sintering ที่ดี ผิวเคลือบที่ได้เป็นเนื้อเดียวกันทำให้มีค่าความแข็งสูง ซึ่งเราจะสังเกตได้ว่าค่าความแข็งจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณหินฟันม้าเพิ่มขึ้น

◆ การทดสอบแรงกระแทก

ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบแรงกระแทกของชิ้นงานตัวอย่างที่เคลือบด้วยน้ำเคลือบทั้ง 7 สูตร

สูตรเคลือบ	ชิ้นที่ 1 (KJ/m^2)	ชิ้นที่ 2 (KJ/m^2)	ชิ้นที่ 3 (KJ/m^2)	ชิ้นที่ 4 (KJ/m^2)	ชิ้นที่ 5 (KJ/m^2)	เฉลี่ย (KJ/m^2)
1	170.36	165.54	176.98	169.24	173.88	171.22
2	145.21	143.37	139.74	147.58	151.72	145.33
3	110.02	128.83	118.83	115.36	129.34	120.48
4	171.58	158.35	140.92	161.45	167.79	160.02
5	160.91	182.16	162.68	161.79	183.46	170.20
6	198.85	185.68	196.26	202.16	212.42	199.07
7	212.56	210.59	200.52	197.81	196.24	203.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แผนภูมิแท่งแสดงค่าการทนแรงกระแทกของชิ้นงานตัวอย่าง

จากข้อมูลทั้งหมดสามารถพิจารณาค่าการทนแรงกระแทกของชิ้นงานได้ดังนี้ โดยในกรณีของเคลือบสูตรที่ 1-3 ซึ่งมีเฉพาะแก้วและดินขาวเป็นองค์ประกอบจะพบว่าเมื่อปริมาณแก้วน้อยลงและปริมาณดินขาวเพิ่มขึ้นค่าการทนแรงกระแทกจะลดลงตามลำดับ เนื่องมาจากเกิดการ Sintering ไม่ดี

ส่วนในกรณีของเคลือบสูตรที่ 4-7 นั้นจะมีค่าการทนแรงกระแทกเพิ่มขึ้นตามลำดับ เนื่องจากในสูตรที่ 4-7 มีปริมาณหินฟันม้าในสูตรเคลือบเพิ่มขึ้นตามลำดับ ซึ่งหินฟันม้าเป็นตัวที่ทำให้เกิด Sintering ที่ดี ดังนั้นเคลือบที่ได้จึงเป็นเนื้อเดียวกันเป็นผลทำให้ค่าการทนแรงกระแทกสูงขึ้นเมื่อมีปริมาณหินฟันม้ามากขึ้น

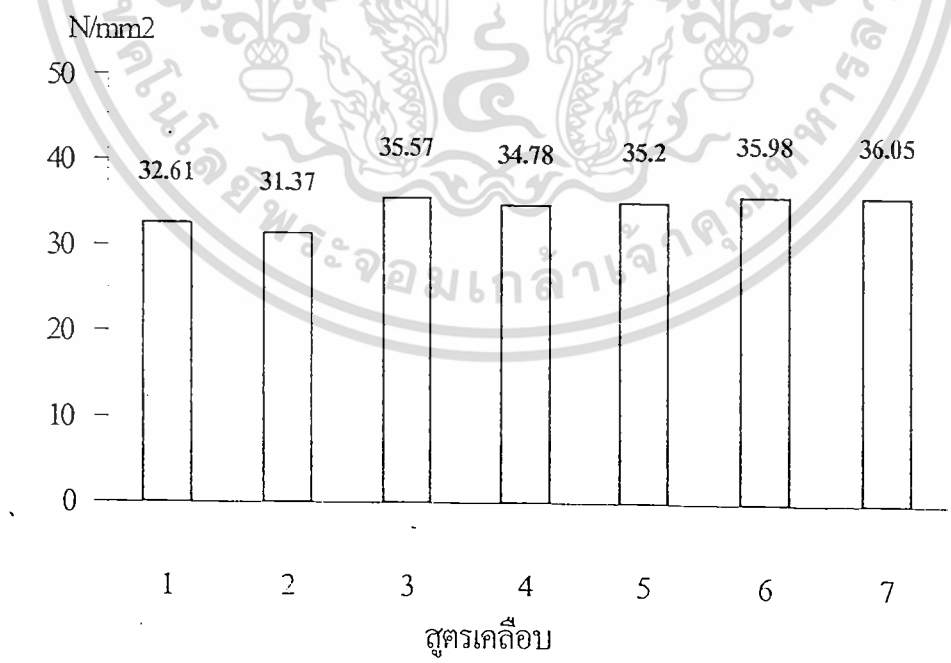
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การทดสอบแรงกดแบบต่อเนื่อง (Modulus of rupture)

ตารางที่ 4.3 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบแรงกดแบบต่อเนื่องชิ้นงานตัวอย่างที่เคลือบด้วยน้ำเคลือบทั้ง 7 สูตร

สูตรเคลือบ	ชิ้นที่ 1 (N/mm^2)	ชิ้นที่ 2 (N/mm^2)	ชิ้นที่ 3 (N/mm^2)	ชิ้นที่ 4 (N/mm^2)	ชิ้นที่ 5 (N/mm^2)	เฉลี่ย (N/mm^2)
1	33.47	31.26	32.59	31.80	33.91	32.61
2	32.30	31.91	30.05	30.69	31.92	31.37
3	35.13	36.25	34.63	36.87	34.88	35.57
4	33.56	35.61	34.69	34.25	35.79	34.78
5	35.53	35.91	34.38	35.27	34.92	35.20
6	35.08	35.66	34.81	36.28	38.07	35.98
7	36.53	35.36	35.24	35.96	37.18	36.05

รูปที่ 4.10 แผนภูมิแท่งแสดงค่าแรงกดแบบต่อเนื่องของชิ้นงานตัวอย่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลที่ได้ทั้งหมดสังเกตได้ว่าค่าแรงกดแบบต่อเนื่องของเคลือบนั้นมีค่าใกล้เคียงกันแต่ถ้าพิจารณาโดยละเอียดแล้วจะพบว่า ในสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 จะมีค่าแรงกดแบบต่อเนื่องค่อนข้างต่ำกว่าสูตรอื่นๆเนื่องมาจากไม่มีหินฟันม้าเป็นองค์ประกอบในสูตรเคลือบซึ่งหินฟันม้าทำให้เกิดการ Sintering ที่ดีและเป็นตัวช่วยทำให้เคลือบมีค่าแรงกดแบบต่อเนื่องที่ดี โดยที่สูตรที่ 2 จะมีปริมาณดินขาวสูงกว่าสูตรที่ 1 ซึ่งดินขาวนั้นมีส่วนทำให้เคลือบเกิดการ Sintering ไม่ดี จึงทำให้สูตรที่ 2 มีค่าแรงกดแบบต่อเนื่องต่ำกว่าสูตรที่ 1

แต่ในกรณีของสูตรที่ 3 ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณดินขาวอยู่มากแต่ค่าแรงกดแบบต่อเนื่องค่อนข้างสูงเนื่องจากสูตรที่ 3 มีปริมาณแก้วน้อยจึงทำให้ไม่สามารถดลุมดินขาวที่มีอยู่มากได้หมด ซึ่งเมื่อเคลือบเย็นตัวแก้วจะรัดอนุภาคของดินขาวไว้แน่นจึงทำให้มีค่าแรงกดแบบต่อเนื่องสูง

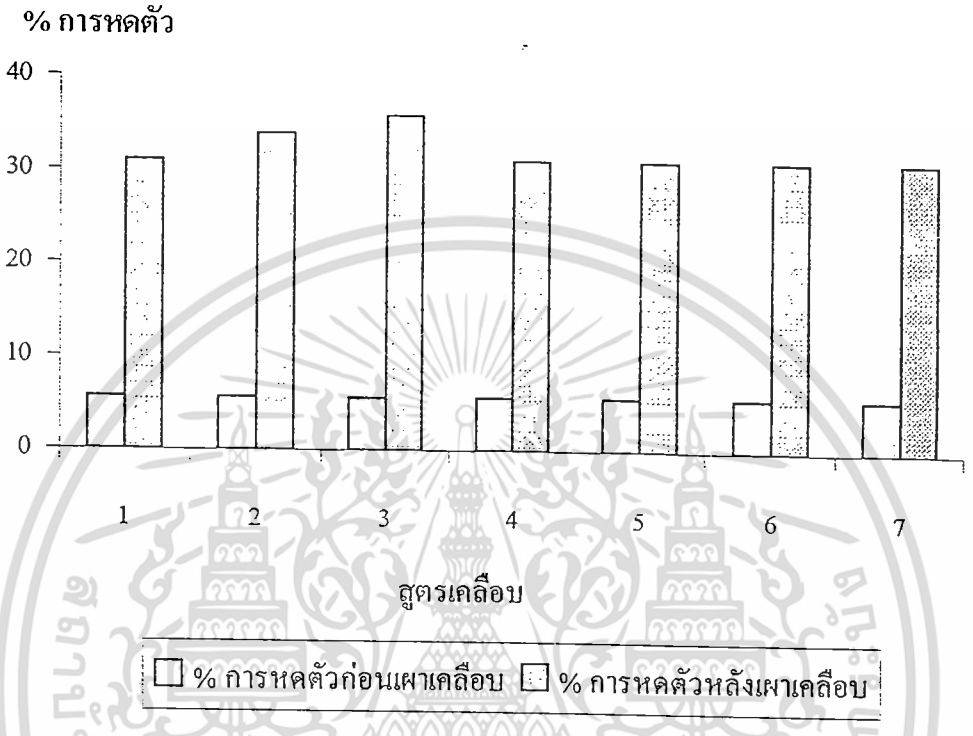
ส่วนกรณีของสูตรที่ 4-7 มีค่าแรงกดแบบต่อเนื่องค่อนข้างสูงเนื่องจากในสูตรเคลือบมีหินฟันม้าเป็นองค์ประกอบซึ่งหินฟันม้าทำให้เกิดการ Sintering ที่ดี ผิวเคลือบที่ได้เป็นเนื้อเดียวกันทำให้มีค่าแรงกดแบบต่อเนื่องสูง ซึ่งเราจะสังเกตได้ว่าค่าแรงกดแบบต่อเนื่องจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณหินฟันม้าเพิ่มขึ้น

- การทดสอบการหดตัว

ตารางที่ 4.4 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบการหดตัวของชิ้นงานตัวอย่างที่เคลือบด้วยน้ำเคลือบทั้ง 7 สูตร

สูตรเคลือบ	% การหดตัวก่อนเผาเคลือบ	% การหดตัวหลังเผาเคลือบ
1	5.621	31.02
2	5.613	33.88
3	5.598	35.80
4	5.619	31.00
5	5.621	31.03
6	5.620	31.01
7	5.623	31.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 แผนภูมิแท่งแสดงเปอร์เซ็นต์การหดตัวของชิ้นงานตัวอย่าง

จากข้อมูลจะพบว่าสูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 มีการหดตัวมากกว่าสูตรเคลือบอื่นๆ เนื่องมาจากมีปริมาณดินขาวมากเกินไปในสูตรเคลือบ ดินขาวที่ยังไม่เกิด Sintering จะหดตัวดังนั้นเคลือบจึงมีการหดตัวมาก

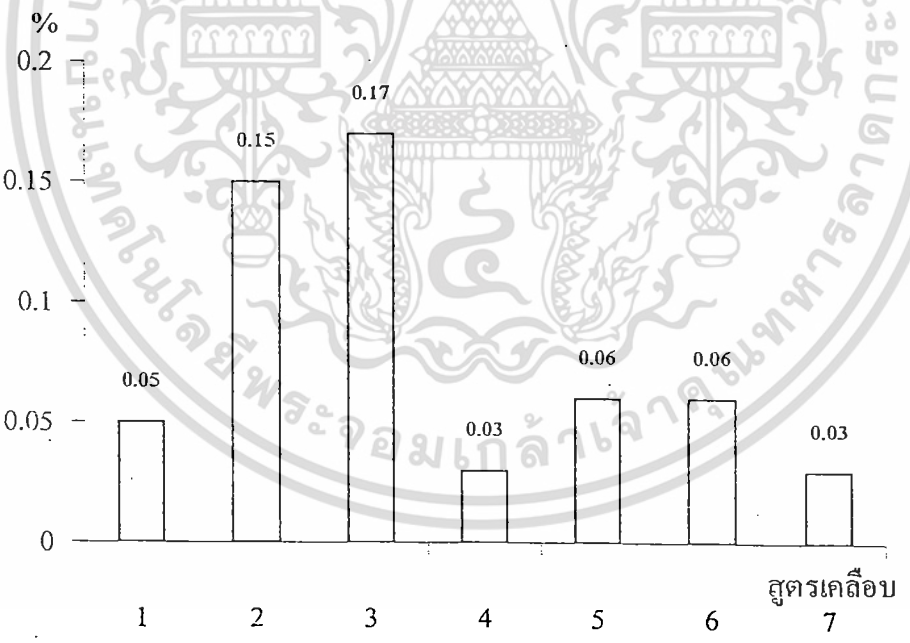
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การทดสอบการดูดซึมน้ำ

ตารางที่ 4.5 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบการดูดซึมน้ำของชิ้นงานตัวอย่างที่เคลือบด้วยน้ำเคลือบทั้ง 7 สูตร

สูตรเคลือบ	% การดูดซึมน้ำ
1	0.05
2	0.15
3	0.17
4	0.03
5	0.06
6	0.06
7	0.03

รูปที่ 4.12 แผนภูมิแท่งแสดงเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของชิ้นงานตัวอย่าง



จากการทดลองพบว่าสูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 มีการดูดซึมน้ำมากกว่าสูตรอื่นๆ เนื่องมาจากการที่มีดินขาวมากเกินไป ทำให้ดินขาวที่ยังไม่เกิด Sintering สามารถดูดซึมน้ำได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการใช้เศษแก้วโซดามาเป็นส่วนประกอบสำคัญของน้ำเคลือบนั้น ผลที่เกิดขึ้นพบว่าที่อุณหภูมิ 1,150°C พื้นผิวของเคลือบที่ได้มีความสวยงามที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเศษแก้วโซดาสามารถใช้เป็นองค์ประกอบในสูตรเคลือบได้และเมื่อทำการเติมหินฟันม้าและดินขาวลงในสูตรเคลือบ ก็จะทำให้เคลือบที่ได้มีคุณสมบัติต่างๆดีขึ้น โดยแสดงได้ดังนี้

สมบัติทางเชิงกล

- ความแข็ง (Hardness)

  เคลือบที่เตรียมจากอัตราส่วน แก้ว:หินฟันม้า:ดินขาว เท่ากับ 50:40:10 (สูตรที่ 6) มีค่าความแข็งสูงกว่าสูตรเคลือบอื่นๆ

- การทนแรงกระแทก (Impact)

  เคลือบที่เตรียมจากอัตราส่วน แก้ว:หินฟันม้า:ดินขาว เท่ากับ 50:50:0 (สูตรที่ 7) มีค่าการทนแรงกระแทกสูงกว่าสูตรเคลือบอื่นๆ

- แรงกดแบบต่อเนื่อง (Modulus of rupture)

  เคลือบที่เตรียมจากอัตราส่วน แก้ว:หินฟันม้า:ดินขาว เท่ากับ 50:50:0 (สูตรที่ 7) มีค่าแรงกดแบบต่อเนื่องสูงกว่าสูตรเคลือบอื่นๆ

สมบัติทางกายภาพ

- การหดตัว

  เคลือบที่เตรียมจากอัตราส่วน แก้ว:หินฟันม้า:ดินขาว เท่ากับ 50:50:0 (สูตรที่ 7) และ 70:20:10 (สูตรที่ 4) มีการหดตัวน้อยกว่าสูตรเคลือบอื่นๆ

- การดูดซึมน้ำ

  เคลือบที่เตรียมจากอัตราส่วน แก้ว:หินฟันม้า:ดินขาว เท่ากับ 50:50:0 (สูตรที่ 7) และ 70:20:10 (สูตรที่ 4) มีการดูดซึมน้ำน้อยกว่าสูตรเคลือบอื่นๆ

- พื้นผิวและความสวยงาม

  เคลือบที่เตรียมจากอัตราส่วน แก้ว:หินฟันม้า:ดินขาว เท่ากับ 50:50:0 (สูตรที่ 7) และ 50:40:10 (สูตรที่ 6) มีพื้นผิวที่สวยงามกว่าสูตรเคลือบอื่นๆ

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าสูตรเคลือบที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้งานได้ดี คือสูตรที่มีอัตราส่วน แก้ว:หินฟันม้า:ดินขาว เท่ากับ 50:50:0 (สูตรที่ 7) 50:40:10 (สูตรที่ 6) และ70:20:10 (สูตรที่ 4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

1. ปริมาณดินขาวในสูตรเคลือบไม่ควรเกิน 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเคลือบ
2. ควรปรับปรุงการรานของเคลือบโดยการปรับปรุงสูตรเคลือบหรือเปลี่ยนชนิดของเนื้อดินปั้น
3. สามารถใช้เศษแก้วโซดาทดแทนหินฟันม้าได้
4. ผิวเคลือบที่ได้มีความสวยงามสามารถใช้เป็นเคลือบในงานศิลป์
5. สูตรเคลือบที่ได้มีความแข็งแรงสามารถนำไปใช้เป็นเคลือบในงานที่มีการรับแรงได้ดีเช่น กระเบื้องปูผนัง กระเบื้องปูพื้น เป็นต้น
6. สูตรเคลือบที่ได้มีการดูดซับน้ำต่ำสามารถใช้เป็นเคลือบในงานที่มีการดูดซึมน้ำน้อยเช่น กระถางปลูกบัว กระถางปลูกต้นไม้ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ปรีดา พิมพ์ขาวขำ , เซรามิกส์ . พิมพ์ครั้งที่ 4 . สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2539.
2. อาจารย์ไพจิตร อิงศิริวัฒน์ , รวมสูตรเคลือบเซรามิกส์ . พิมพ์ครั้งที่ 1 . สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ , 2537.
3. สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ , น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา . พิมพ์ครั้งที่ 1 . สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช , 2531.
4. Peterson S.The Complete Pottery Course. 1st Edition. Ebury Press, London, 1992.
5. Kingery W.D. Introduction to Ceramics. 2nd Edition. John Wiley & Son Inc, New York, 1975.
6. ทรงพันธ์ วรรณมาศ , เครื่องปั้นดินเผา. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2532.
7. Parmelee W.C. Ceramic Glazes. 3rd Edition. Cahners Publishing Company Inc. Massachusetts. 1973.
8. Rhodes D. Clay and Glazes for the Potter. 2nd Edition. Pitman Piblishihg, Great Britain, 1973
9. Wickham M. Pottery Science. 1st Edition. Watson-Guptill Publication, Great Britian, 1978
10. Hove E.J.&Riley C.W. Ceramics for Advanced Technologies. 1st Edition. John Wiley & Son Inc, New York, 1965.
11. Norton H.F. Fine Ceramic. 1st Edition. MeGraw-Hill,Inc, New York, 1970.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้