

Una formación de calidad
en ingeniería para el futuro

Centro de Convenciones Cartagena de Indias
15 al 18 de Septiembre de 2015

EVALUACIÓN DE ESMALTES CERÁMICOS DE BICOCCIÓN LIBRES DE PLOMO SOBRE PASTAS BLANCAS POROSAS

**Ana María Muñoz Rojas, David Villegas Castaño, Melissa Silva Marín, Natalia Betancur
Granados, Óscar Jaime Restrepo Baena**

**Universidad Nacional de Colombia
Medellín, Colombia**

Resumen

Durante la fabricación de pastas cerámicas se deben considerar varios factores que influyen en la elaboración de este cuerpo cerámico, tales como el tiempo de molienda, tiempo de secado, tiempo de cocción, temperatura de cocción, materias primas, entre otros, por esta razón en este trabajo se realizó la formulación de una pasta cerámica blanca porosa con el fin de evaluar el efecto que tienen las materias primas, las cuales fueron: Caolín, Arena, Dolomita, Alúmina, Feldespato, Arcilla, Talco.

La aplicación de metodologías como el diseño de experimentos factorial, permite realizar un estudio de la influencia de las materias primas para las condiciones de trabajo sobre las características finales del material, el cual será la resistencia mecánica ya que es una propiedad importante para identificar su vida útil, por esta razón la variable respuesta que plantea este trabajo es el módulo de rotura de las pastas.

El esmalte cerámico, utilizado como revestimiento, requiere de un tratamiento térmico para garantizar su adherencia y aplicación sobre la pasta cerámica elaborada, este compuesto es utilizado para brindar estabilidad, impermeabilidad, facilidad de limpieza, brillo, color, textura superficial, resistencia química y mecánica. Las materias primas utilizadas en la elaboración del esmalte fueron frita, sílice, feldespato, dolomita y caolín.

Palabras clave: pasta cerámica; esmalte cerámico; materiales cerámicos

Abstract

During the manufacture of ceramics pastes, it is necessary to consider several factors that influence the development of this ceramics, such as milling time, drying time, baking time, baking temperature, raw materials, among others, for this reason, in this work the formulation of a porous ceramic white paste is performed in order to evaluate the effect of raw materials which were: Kaolin, sand, dolomite, alumina, feldspar, clay, talc.

The application of methodologies such as factorial design experiments, allows a study of the influence of the raw materials for working conditions on the final characteristics of the material, which will be the mechanical resistance, because it is an important property to identify the useful life, therefore the response variable raised by this work is the modulus of rupture for the paste.

The ceramic glaze, used as coating requires a heat treatment to ensure adherence and application on the ceramic paste made, this compound is used for stability, waterproof, ease of cleaning, shine, color, surface texture, chemical resistance and mechanical The raw materials used in the manufacture glaze were frit, silica, feldspar, dolomite and kaolin.

Keywords: *ceramic paste; ceramic glaze; ceramic materials*

1. Introducción

El Semillero de investigación que hace parte del Grupo de Cementos y Materiales de Construcción, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, contribuye a la formación integral del estudiante, promoviendo la investigación en áreas de interés con el fin de impulsar el desarrollo de actividades extracurriculares para el fomento de la investigación.

Las pastas y los esmaltes cerámicos utilizados en la fabricación de paredes y pisos, son unos de los temas en los cuales se trabaja en el grupo de investigación, los cuales son un tipo de cerámica compleja ya que se encuentran constituidas por sistemas multicomponentes. Una formulación adecuada y el correcto desarrollo de sus procesos de producción se deben realizar con base en un diseño que permita obtener un producto que cumpla con las propiedades que sean requeridas según su aplicación. Para esto se debe considerar que cada componente, como la cantidad en la que esté presente, influye sobre las características del producto final (Nardi, J.V.; Acchar, W. and Hotza, 2004).

En la industria de la cerámica se busca innovar en diferentes campos para la producción masiva de productos de calidad superior a los tradicionalmente obtenidos, por lo cual se desarrollan investigaciones en procesos más eficientes que aporten calidad, reducción de costos y disminución del consumo energético empleado en los procesos de producción, sin embargo, para mejorar la calidad del producto es necesario utilizar

materias primas adecuadas que contengan pocos agentes contaminantes y que se encuentren en las proporciones correctas.

2. Desarrollo experimental

2.1. Pastas cerámicas

2.1.1 Materias primas para la elaboración de una pasta cerámica

Las materias primas analizadas en este trabajo fueron: Caolín blanco ($\text{Al}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), Arena (SiO_2), Dolomita (CaMgCO_3), Alúmina (Al_2O_3), Feldespato sódico ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), Feldespato potásico (KAlSi_3O_8), Arcilla, Talco ($\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$), Chamote fino.

2.1.2. Elaboración de pastas cerámicas

Se elaboraron tres formulaciones, planteadas para la fabricación de pasta cerámica blanca porosa. Considerando que éstas formulaciones son en peso seco, se evaluó la cantidad de agua presente en cada una de las materias primas, las cuales se sometieron a un proceso de molienda en húmedo durante 3 horas, con bolas de alúmina, para obtener mayor homogenización entre los componentes de cada formulación. Una vez obtenida una mezcla homogénea se dejó secar a temperatura ambiente durante 24 horas. Luego, con la adición de pequeñas cantidades de agua se moldeó cada una de las formulaciones en moldes de madera diseñados con las medidas requeridas por el equipo utilizado para medir el módulo de rotura y por la norma ASTM C674 13 para la medición del módulo de rotura. Una vez moldeados se dejaron secar nuevamente 24 horas, luego de esto se retiraron de los moldes y se cocieron a $1000\text{ }^\circ\text{C}$ durante 3 horas. Por último se realizaron las mediciones mecánicas de contracción y flexión.

2.2 Esmaltes cerámicos

2.2.1 Materias primas para la elaboración de un esmalte cerámico

Las materias primas analizadas en este trabajo fueron: Frita, Sílice (SiO_2), Feldespato (Na, KAlSi_3O_8), Dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), Caolín ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$).

2.2.2 Elaboración del esmalte cerámico

Para la fabricación del esmalte cerámico, se realizó la medición de la humedad de cada una de las materias primas con el fin de determinar la cantidad de agua necesaria para obtener una densidad adecuada y realizar la molienda en húmedo. Una vez se obtuvieron estos datos, las materias primas se llevaron a la molienda para obtener una granulometría que pasara por una malla 325.

Para evitar la aglomeración de la mezcla en el molino se agregó un gramo de tripolifosfato de sodio. La molienda de los esmaltes se realizó durante 15 horas, sin embargo por motivos de seguridad en el laboratorio todos los equipos deben ser apagados cuando se termina la jornada de trabajo, por esta razón la molienda del esmalte fue dividida en dos jornadas.

3. Resultados

3.1 Pastas Cerámicas

Durante la fabricación de las tres pastas cerámicas se fabricó un molde con las medidas requeridas por el equipo para la medición del módulo de rotura (contracción y flexión), el molde se realizó en madera (roble) ya que este permitía un mejor secado de las pastas.

Aunque se tenían tres (3) formulaciones para realizar la pasta cerámica a la que se le iba a aplicar el esmalte, se decidió implementar la formulación número dos (2), ya que ésta presentó una mejor consistencia para ser moldeada con respecto a la formulación número uno (1), además las propiedades mecánicas encontradas entre ambas fórmulas fueron similares (ver tabla 3). Con respecto a la formulación tres (3) se optó por no considerarla, ya que no cumplía con la condición de ser pasta cerámica blanca porosa como se observa en la Figura 1.



Figura 1. Moldes de madera y formulaciones

Como propiedad mecánica, se determinó el módulo de rotura, como se muestra en la Figura 2, la cual no se pudo determinar en la formulación 3 ya que en la etapa de secado donde se da la maduración de la mezcla, no resistió los efectos de contracción, en la tabla 3 se reportan los resultados obtenidos para la formulación 1 y 2. De esta manera se escoge la formulación número dos (2) para aplicar esmaltes con bicoccción libres de plomo.



Figura 2. Medición módulo de rotura

Tabla 1. Resultado medición módulo de rotura para formulación 1 y 2

| Módulo rotura | Velocidad avance | Formulación 1 | Formulación 2 |
|---------------|------------------|---------------|---------------|
| Flexión | 40 N/s | 22 MPa | 14 MPa |
| Compresión | 1350 N/s | 69 Mpa | 74 Mpa |

Las muestras de pasta cerámica realizadas a partir de la formulación dos (2), se moldearon con una geometría circular. El aspecto de pasta cerámica blanca porosa se mantuvo con respecto a las primeras muestras realizadas con esta formulación, lo cual indica que el ensayo es reproducible.

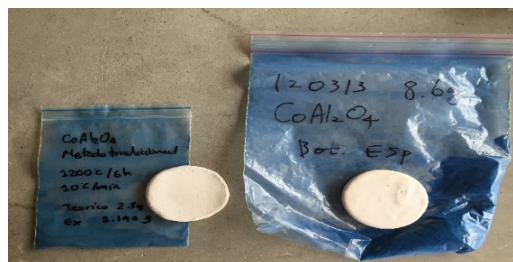
Se llevaron las pastas al horno a una velocidad de calentamiento de 3,6 °C/min hasta una temperatura de 500 °C, desde 500 °C hasta 600 °C de 6 °C/min con el fin de retardar el efecto fundencia del feldespato y luego hasta 1000 °C a 3,6 °C/min; con un tiempo de cocción de tres (3) horas.

3.2 Esmalte Cerámico

El resultado obtenido para el esmalte cerámico luego del procedimiento experimental es adecuado, ya que la solución resultante de la molienda presentó la densidad adecuada para llevar a cabo el proceso de aplicación; esta densidad se comprobó experimentalmente ya que al depositar un poco de esmalte en la mano no se transparenta en la piel, lo cual significa que hay exceso de agua y tampoco se seca formando una capa gruesa lo que representa que falta agua, por esta razón la densidad es de mucha importancia para que el esmalte tenga una aplicación uniforme. En la Figura 3 se observa que se obtuvo un esmalte de color blanco, debido a que en el momento de secado no presenta diferencias de color entre la pasta a la cual fue aplicada y el esmalte.

**Figura 3.** Esmalte aplicado en la pasta

Después, se tomaron dos muestras del esmalte y a cada una se le suministró un pigmento cerámico, obtenidos mediante el método de estado sólido y el otro por pirolisis de aerosol en llama con alimentación líquida como se muestra en la Figura 4.

**Figura 4.** Pigmentos aplicados

Luego de la aplicación se llevaron las pastas al horno a una velocidad de calentamiento de 10 °C/ min hasta una temperatura de 1200°C durante 2 horas, el resultado obtenido se reporta en la Figura 5.



Figura 5. Aplicación de la solución esmalte con el pigmento

La mezcla del pigmento obtenido por estado sólido presentaba mayor facilidad de aplicación que la mezcla donde el pigmento se obtuvo por pirolisis. Después de pasar por el horno las piezas decoradas obtuvieron un color opaco, en cuanto al tono de color aunque ambas piezas son de color azul la pieza del lado izquierdo es de un azul más claro con relación a la pieza del lado derecho y en cuestiones de acabado superficial, la pieza donde se implementó el estado sólido presenta un aspecto mejor en cuanto a la uniformidad del color y no se presenta ningún tipo de textura, la pieza donde se implementó pirolisis presentó una apariencia de rayado y en algunas zonas el color no es uniforme.

4. Conclusiones

- Se concluye que al incrementar la cantidad de arena y caolín blanco en la elaboración de pastas, disminuye la probabilidad de que se fracture la pieza en la etapa de maduración o secado, debido a la reducción de contracción. Para las pastas cerámicas, la dolomita y el feldespató sódico proporcionan blancura a la pieza, además de ser un complemento para aumentar el módulo de rotura de las piezas cerámicas.
- De acuerdo a la propiedad mecánica que se desee incrementar en la pieza cerámica es determinante aplicar dolomita para aumentar resistencia a flexo tracción y el talco para aumentar la resistencia a la compresión.
- La vitrificación de los esmaltes será mejor en la medida que la sílice no tenga contaminantes en su estructura.
- La molienda en húmedo permite alcanzar un tamaño de partícula apropiado para la mezcla implementada en los esmaltes.
- El reemplazo de plomo usado como fundente por feldespató disminuye el impacto.
- El esmalte obtenido durante la aplicación fue de color blanco.
- El pigmento obtenido por pirolisis necesitaba una mayor cantidad de agua con relación al obtenido por estado sólido para lograr una aplicación uniforme, al final

después de ir al horno se pudo notar que la aplicación no fue totalmente uniforme.

- La temperatura adecuada para la aplicación del esmalte sobre las pastas elaboradas fue de 1200°C durante 2 horas
- Con el proyecto elaborado se incrementó el interés por aprender, adquirir y difundir conocimientos nuevos.
- El desarrollo y los resultados obtenidos durante la elaboración nos permitió una formación integral y de calidad como ingenieros.

5. Referencias

- Bartolome, J. F. (1997). El Caolín: composición, estructura, génesis y aplicaciones. *Cerámica Y Vidrio*, 36, 20.
- Cantavella, M. (2007). Composiciones de esmaltes cerámicos. *El Caminas - Castelló*.
- Cerámicos, A. E. de T. (2004). *Tecnología cerámica aplicada*. (F. E. Ibérica, Ed.) Faenza Editrice Ibérica.
- E.SÁNCHEZ, J.GARCÍA-TEN, M. R. (2006). Materias para la industria cerámica española. Situación actual y perspectivas. *Boletín de La Sociedad Española de Cerámica Y Vidrio*, 45(1-12).
- Luis Mera, Pedro Vasquez, S. B. ´. nos y L. O. (2010). Reutilizacion del vidrio de desecho para preparar esmaltes ´ porcelanicos de primera capa. *Escuela Politecnico Nacional*.
- M.F. Serra, M. Picicco, E. Moyas, G. Suárez, E.F. Aglietti, N. M. R. (2012). Talc, Spodumene and Calcium Carbonate Effect as Secondary Fluxes in Triaxial Ceramic Properties. *Procedia Materials Science*, 1, 397-402.
- NARDI, J.V.; ACCHAR, W. and HOTZA, D. (2004). Enhancing the properties of ceramic products through mixture design and response surface analysis. *Journal of the European Ceramic Society*, 24(375-379).
- Serope Kalpakjian, S. R. S. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. (Pretince Hall, Ed.) (5ta ed., p. 1291).

Sobre los Autores

- **Ana María Muñoz Rojas:** Estudiante Ingeniería Química. anmmunozro@una.edu.co
- **David Villegas Castaño:** Estudiante Ingeniería Mecánica. dvillegasc@unal.edu.co
- **Melissa Silva Marín:** Estudiante Ingeniería Química. msilvam@unal.edu.co
- **Natalia Betancur Granados:** Ingeniera Química, Estudiante Maestría Ingeniería de Materiales y Procesos. nbetancurg@unal.edu.co
- **Óscar Jaime Restrepo Baena:** Profesor Titular, Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia. ojrestre@unal.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2015 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)