

Evaluación de mezclas de arcillas de la región de Centeno, Moa, CUBA

Daris Fonseca Navarro
dfnavarro@ismm.edu.cu
Ever Góngora Leyva
egongora@ismm.edu.cu
Ariana Rodríguez Suárez
aroguez@ismm.edu.cu
Osvaldo Martínez Frómata
omfrometa@ismm.edu.cu

Depto. Ingeniería Mecánica, Facultad de Metalurgia y Electromecánica,
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
Las Coloradas s/n, Moa, Holguín, Cuba, CP. 83329
Tel: 53 24 6 4476 y 53 24 6 6678. Fax: 53 24 6 2290



RESUMEN

El presente trabajo muestra el estudio de las características físico químicas y mecánicas de mezclas de arcillas de la región de Centeno, Moa, en Cuba, para la producción de objetos cerámicos.

Mediante un diseño de experimentos, se obtuvieron diferentes composiciones de arcilla roja y gris, a las cuales se les añadió feldespato, determinándose los parámetros característicos de las mezclas de arcilla (contracción total, absorción de agua y resistencia a la compresión), así como la mejor de las mismas y se estudió su comportamiento respecto a la temperatura de cocción y al tamaño de las partículas.

PALABRAS CLAVES

Arcillas, mezclas de arcillas, cerámicas, productos cerámicos.

ABSTRACT

The present work reports the study of the physical, chemical and mechanical characteristics of mixtures of clays from the region of Moa, Cuba, for the manufacturing of ceramic products.

Using design of experiments, different formulations of red and gray clay with feldspar were obtained. The characteristic parameters such as % of contraction, % of absorption and mechanical resistance were determined. This analysis allowed to establish the best formulation in terms of the firing temperature and particle size distribution.

KEYWORDS

Clays, mixtures of clays, ceramics, ceramic products.

INTRODUCCIÓN

El municipio de Moa, de la provincia Holguín, en Cuba, posee grandes riquezas minerales que conforman extensiones diseminadas por todo el lugar, entre los cuales se encuentran las arcillas, que han sido estudiadas desde el punto de vista de su origen geológico, presentando propiedades físico químicas y mecánicas que permiten su utilización con fines industriales.

Actualmente, los productos cerámicos se emplean en una amplia gama de nuevos materiales que pudieran sustituir incluso a metales y polímeros en la fabricación de componentes de motores térmicos, herramientas de corte y otros accesorios para mejorar la resistencia al desgaste y la abrasión, ambientes corrosivos y altas temperaturas, debido a las excelentes propiedades mecánicas, ópticas, eléctricas, refractariedad y elevada resistencia a los agentes corrosivos.

De acuerdo con estudios precedentes (Pons y Leyva, 1996 y Orozco, 1995), las arcillas de Moa poseen un carácter semirrefractario y han sido utilizadas como morteros en los procesos de fundición de la industria del níquel y están siendo empleadas, en pequeños volúmenes, para la fabricación de materiales de la construcción. En las industrias locales del municipio se intentó utilizarlas como materia pri-



Vista general del yacimiento de arcilla roja, en la región de Centeno, Cuba, de donde fueron extraídas las muestras para realizar los diferentes ensayos.

ma para la fabricación de maceteros, figuras decorativas y otros, pero no se obtuvieron buenos resultados ya que las piezas se agrietaban durante el secado y se rompían durante la cocción.

Por la gran disponibilidad de esta materia prima en nuestro territorio y las grandes posibilidades de empleo, se hace necesaria una investigación más exhaustiva de estos minerales.

Con este trabajo se persigue realizar la evaluación de mezclas cerámicas obtenidas a partir de las arcillas de la región de Centeno Moa, a partir de sus propiedades físico- químico y mecánicas, con vistas a su utilización en la producción de objetos cerámicos decorativos y utilitarios.

FACTORES A TENER EN CUENTA PARA LA FORMULACIÓN DE UNA MEZCLA CERÁMICA

Para llevar a efecto el estudio de los diferentes factores que intervienen en el tratamiento correcto de las materias primas, que constituyen las mezclas de arcilla roja y gris, se analizará cómo influyen algunos de ellos en la obtención de resultados satisfactorios en el producto final.

El tamaño del grano, la composición de la pasta, las condiciones de secado y la temperatura de cocción, son los factores que mayor influencia presentan de acuerdo con la experiencia y la literatura consultada, por lo que se tendrán en cuenta en el presente trabajo.

Tamaño del grano

Cuando se comenzó a estudiar la arcilla se pensó que poseía una estructura física coloidal, pero estudios posteriores indican que el tamaño extremadamente pequeño de los granos implican la mayoría de sus propiedades físicas. Muchas arcillas presentan un porcentaje sustancial de partículas por debajo de 1mm de diámetro, las cuales pueden ser consideradas como cristales simples de arcilla. Debido a la forma y tamaño extremadamente pequeño de sus partículas, tiene un área superficial muy grande por unidad de volumen. La plasticidad de la arcilla, así como su contracción y absorción de agua, se le atribuye a la forma y el tamaño del grano (Rhodes, 1975).



Como se puede apreciar el yacimiento tiene una gran extensión y ha sido explotado durante muchos años para la producción de ladrillos y otros materiales de la construcción en un tejear próximo al lugar.

Condiciones de secado

El proceso de secado consiste en eliminar el agua que se añadió, que oscila entre el 15 y 25%, para poder conformar los objetos.

El proceso de secado va siempre acompañado de contracción. A medida que el agua se evapora, las partículas de arcilla se acercan más entre sí cerrando el espacio que había sido ocupado por el agua. Esta humedad está localizada tanto en el interior como en la superficie de la pieza. Si el proceso de secado se lleva a cabo muy bruscamente la pieza se puede agrietar debido a que la parte exterior se seca casi completamente y se contrae, mientras que el interior queda húmedo. Se ha observado que las contracciones no avanzan linealmente con el tiempo, casi el 25 % de la contracción ocurre durante un tiempo muy corto en el comienzo del secado, continuando después muy lentamente (Rhodes, 1975). Si se quiere eliminar el alabeo, la deformación o el agrietamiento los objetos cerámicos deben secarse lenta y uniformemente, es decir hay que tener sumo cuidado durante el secado y sobre todo en la fase primaria (Segueira, 1976).

Temperatura de cocción

Durante la cocción se producen profundos cambios en la arcilla. El primer cambio es la terminación de su secado, el cual debe efectuarse lentamente de lo contrario la formación de vapor en la pasta puede provocar su estallido. El siguiente cambio ocurre

aproximadamente a 350°C, cuando el agua combinada químicamente comienza a eliminarse.

Alrededor de los 500°C estará completamente deshidratada y la pieza no se ablanda ni se desintegra en el agua y ha perdido su plasticidad (Montoya y Romero, 1991).

Composición de la pasta

Raramente las arcillas pueden ser utilizadas tal y como están en la naturaleza, por lo que hay que añadir otros materiales tales como fundentes, desgrasantes u otros tipos de arcillas para mejorar sus propiedades. De hecho existen diferentes formas de preparar las arcillas de acuerdo con el fin que se persiga (De Pablo, 1964).

Ha quedado demostrado que las mezclas tal y como son elaboradas en el Tejar de Centeno, no pueden ser utilizadas para cerámica decorativa y utilitaria, por las exigencias de calidad del acabado de las mismas y los problemas de roturas que presentan, por lo cual se proponen cambios en su composición.

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Para realizar la investigación se tomó una muestra representativa de arcillas de la región de Centeno, Moa.

Mediante el diseño de mezclas o McLean Anderson (citado en Cruz, 2001), se obtuvieron las composiciones de las mezclas a estudiar.

La elección de las variables de entrada fue realizada a partir de la experiencia del tejear de Centeno, incorporándosele el feldespatos y tamizando la mezcla.

Elección de las variables de entrada y salida

Variables de entrada (X):

- Composición de la mezcla:
 - X_1 - arcilla roja.
 - X_2 - arcilla gris.
 - X_3 - desgrasante (feldespatos).
- Temperatura de cocción.
- Tamaño de partículas.
- Condiciones de secado y cocción.

Variables de salida (Y):

- Y_1 - Contracción total.
- Y_2 - Absorción de agua.
- Y_3 - Resistencia a la compresión.

Elección de los niveles principal, superior e inferior

Para establecer los diferentes niveles de la variable de entrada, composición de las mezcla, mostrados en la tabla I, se tuvo en cuenta la experiencia de la pasta utilizada en el Tejar de Centeno, a la que se le añadió Feldespato como material desgrasante.

Tabla I. Valores de los niveles mínimo, principal y máximo de las variables de entrada.

| Materias primas (i) | X_i^- | X_i^0 | X_i^+ |
|---------------------|---------|---------|---------|
| Arcilla roja | 60% | 66% | 70% |
| Arcilla gris | 30% | 33% | 40% |
| Desgrasante | 1% | 1.5% | 2% |

Se confeccionó la matriz de experimentos y se calculó el número de experimentos a realizar por la ecuación 1:

$$N = q \times 2^{(q-1)} \quad (1)$$

$$N = 12$$

donde q es el número de variables de entrada.

De la matriz de experimentos se obtuvieron las cuatro mezclas que cumplen con la condición de normalidad y cuyas composiciones se encuentran dentro de los niveles inferior, máximo y mínimo, y que se enumeran en la tabla II.

Tabla II. Composición de las mezclas.

| Experim. | $X_1(\%)$ | $X_2(\%)$ | $X_3(\%)$ |
|----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 60 | 39 | 1 |
| 2 | 69 | 30 | 1 |
| 3 | 60 | 38 | 2 |
| 4 | 68 | 30 | 2 |

ELABORACION DE LAS MEZCLAS

Las pastas cerámicas cuyas composiciones fueron obtenidas de acuerdo con el diseño (tabla II), se confeccionaron tomando 4000 g de mezcla como base.

Después de secar las arcillas en la estufa se procedió a molerlas en el molino de bolas durante una hora. Luego, con la cantidad de agua suficiente para mojar todas las partículas, se confeccionaron las mezclas.

Las probetas experimentales fueron elaboradas de acuerdo con las exigencias técnicas de cada ensayo (Rhodes, 1975; Blanco, 1981), con un tamaño de partículas de +0.27mm y se cocieron una temperatura de 890 °C.

A continuación se muestran los principales resultados obtenidos.



Estas imágenes muestran la forma que se les dio a las probetas para la realización de los diferentes ensayos, según las normas utilizadas. A las de forma cilíndrica se les hizo el ensayo de resistencia a la compresión y a las rectangulares los ensayos de absorción de agua y contracción lineal.

RESULTADOS DEL ENSAYO DE PLASTICIDAD

La plasticidad de las diferentes mezclas estudiadas fue determinada por el sencillo método de doblar o roscar un cilindro fino, en el cual no deben aparecer grietas. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla III.

Tabla III. Plasticidad de las mezclas.

| Exper. | Plasticidad |
|--------|-------------|
| 1 | Buena |
| 2 | Buena |
| 3 | Buena |
| 4 | Buena |

RESULTADOS DEL ENSAYO DE CONTRACCION TOTAL

Los valores de contracción total, que se presentan en la tabla IV y fueron calculados según la metodología de ensayo, para las cuatro mezclas estudiadas, se encuentran dentro del rango para productos cerámicos.

Tabla IV. Contracción total (%).

| Exper. | Replica 1 | Replica 2 | Replica 3 | Promedio |
|--------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 1 | 10.2 | 14.8 | 10.2 | 11.7 |
| 2 | 13.8 | 13.8 | 12.9 | 13.5 |
| 3 | 14.8 | 12.9 | 10.2 | 12.6 |
| 4 | 12.0 | 10.2 | 11.2 | 11.1 |

El parámetro tecnológico “contracción total” da una medida de la unión de las partículas después de cocidas las piezas.

La evaluación de este parámetro es de vital importancia debido a que, mediante su control, se pueden lograr productos cerámicos más o menos densos para cada una de las mezclas.

La contracción es una consecuencia del secado y el horneado de las piezas, por lo que se requiere

que estos procesos sean bien controlados y se realicen con el mayor cuidado.

El secado desigual de las partes de una pieza puede provocar diferencias en el modo de contraerse cada una de ellas, provocando rajaduras, alabeos y roturas de las mismas.

Debido al alto contenido de Hierro que presentan, las arcillas estudiadas se contraen más durante el secado y la cocción.

De acuerdo con el análisis de varianza, estadísticamente, no existen diferencias significativas para la contracción entre las cuatro mezclas estudiadas. El valor del estadígrafo F (Fisher) observado, igual a 3,78; resultó ser menor que el valor crítico ($F= 5.29$), para un nivel de confianza del 95%, lo que quiere decir que cualquier mezcla de composición similar a las estudiadas, debe proporcionar valores de contracción total muy semejantes a los obtenidos en los ensayos.

RESULTADOS DEL ENSAYO DE ABSORCION DE AGUA

Los resultados obtenidos de los ensayos de absorción de agua para cada una de las mezclas se muestran en la tabla V:

La absorción de agua para cada una de las mezclas, calculado a partir de los resultados experimentales, al igual que la contracción total, se encuentra dentro del rango para productos cerámicos (Ochoa, 2002).

El grado de absorción de agua es una medida de la maduración de la pasta de arcilla cocida. A medida que la pasta se acerca a la vitrificación su absorción se acerca a cero.

Tabla V. Absorción de agua (%).

| Exper. | Replica 1 | Replica 2 | Replica 3 | Promedio |
|--------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 1 | 21.7 | 19.2 | 22.9 | 20.8 |
| 2 | 21.0 | 21.6 | 17.9 | 20.1 |
| 3 | 17.1 | 18.4 | 18.1 | 17.7 |
| 4 | 114.08 | 110.46 | 111.37 | 111.97 |

Utilizando el análisis de varianza, el estadígrafo F (Fisher) observado, igual a 2,26; resultó ser menor que el valor crítico $F = 3,24$, para un nivel de confianza del 95%, lo que demuestra que no hay diferencias significativas entre los experimentos.

Esto significa que cualquier mezcla de composición similar a las estudiadas, debe proporcionar valores de absorción de agua muy semejantes a los obtenidos en los experimentos realizados.

RESULTADOS DEL ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Los resultados correspondientes a la resistencia a la compresión para cada una de las mezclas se muestran en la tabla VI.

Tabla VI. Resistencia a la compresión (MPa).

| Rc | | | | |
|-----|-----------|-----------|-----------|----------|
| Exp | Replica 1 | Replica 2 | Replica 3 | Promedio |
| 1 | 130.23 | 74.42 | 112.97 | 105.87 |
| 2 | 113.81 | 118.50 | 111.63 | 114.65 |
| 3 | 96.74 | 162.16 | 210.92 | 156.61 |
| 4 | 114.08 | 110.46 | 111.37 | 111.97 |

La resistencia mecánica a la compresión caracteriza la capacidad de los objetos cerámicos de resistir golpes y cargas sin sufrir roturas durante su uso y manipulación. Es un parámetro respecto al cual no se hace mucha referencia en la literatura consultada, para el caso de productos cerámicos avanzados, no siendo así cuando se trata de materiales para la construcción, los cuales se encuentran muy bien normados.

No obstante, en el presente trabajo se realizó un estudio de la resistencia a la compresión para las cuatro mezclas. A pesar de que no fue encontrada información al respecto para su comparación, estos resultados ofrecen un rango de valores entre los cuales debe encontrarse el parámetro, y puede ser utilizado como referencia para futuros estudios.

En el caso de la resistencia a la compresión, calculada a partir de los datos obtenidos de los ensayos, los resultados estadísticos corroboran la hipótesis nula. El estadígrafo Fisher observado, igual a



En esta imagen se pueden apreciar las roturas sufridas por las probetas cilíndricas, confeccionadas con la mezcla de tamaño de partículas más fino, durante el proceso de cocción y que son analizadas en el acápite correspondiente.

1.57 resultó ser menor que el valor crítico (4.07). Esto significa que la resistencia mecánica de cualquier mezcla cuya composición se encuentre entre los rangos estudiados, tendrá valores similares a los obtenidos en este estudio.

Como resultado del análisis de varianza se obtuvo que cualquiera de las mezclas pueda ser utilizada con muy buenos resultados, ya que no existen diferencias significativas entre las mismas, para los diferentes parámetros.

Por tanto se concluyó que la mezcla a partir de la cual se obtuvieron los mejores resultados fue la mezcla No 3, que tiene la siguiente composición:

- 60 % de arcilla roja.
- 38 % de arcilla gris.
- 2% de Feldespato.

Con esta mezcla se lograron los mayores valores de resistencia a la compresión. Los demás parámetros se comportaron de forma similar para los cuatro experimentos.

COMPORTAMIENTO DE LA MEJOR MEZCLA REPECTO A LA TEMPERATURA Y AL TAMAÑO DE PARTICULAS

En la cocción de productos cerámicos preparados con materias primas arcillosas es necesario conocer el margen de temperaturas en el que la con-

tracción y la porosidad de la pieza no varían excesivamente. Este intervalo depende de las características de la mezcla y debe ser lo más amplio posible, de lo contrario pueden producirse deformaciones en la pieza o la cocción insuficiente de las mismas, lo que influye en que la porosidad y la resistencia mecánica del producto acabado no sean los deseados (Rhodes, 1975).

Debido a esto, los diagramas de contracción total -absorción de agua- temperatura son de gran ayuda para la formulación y ajuste de las mezclas destinadas a la producción de objetos cerámicos. El presente trabajo muestra además, el estudio del comportamiento de la resistencia a la compresión, que es otro de los parámetros que se debe controlar.

Después de establecido el uso del Feldespato como material desgrasante y seleccionada la composición de la mezcla, fueron determinados los parámetros tecnológicos de la misma respecto a la temperatura y al tamaño de partículas.

Fueron seleccionados tres valores para el tamaño de partículas comprendidos entre -0.125 y $+0.27$ mm y, teniendo en cuenta la experiencia de las fabricas de cerámica roja de Moa y Holguin, en Cuba, se estableció el perfil de temperaturas entre los conos pirométricos 010 y 02, como se muestra en la tabla VII.

Tabla VII. Temperaturas y tamaños de partículas seleccionados.

| Conos | Temperaturas (°C) | Tamaños de partículas (mm) |
|-------|-------------------|----------------------------|
| 010 | 890 | |
| 08 | 945 | |
| 06 | 1005 | -0.125 |
| 04 | 1050 | $+0.125-0.27$ |
| 02 | 1095 | $+0.27$ |

El procedimiento para la determinación de los parámetros tecnológicos que están siendo evaluados, fue similar al anterior.

PARÁMETROS TECNOLÓGICOS PARA LAS MEZCLAS CON GRANULOMETRÍAS -0.125 mm

De los resultados de los ensayos, mostrados en la Tabla VIII, se obtuvieron los valores de cada uno de los parámetros para las pastas preparadas con granulometría de -0.125 mm.

Tabla VIII. Parámetros tecnológicos para la mezcla con granulometría -0.125 mm.

| Param. | cono 010 | cono 08 | cono 06 | cono 04 | cono 02 |
|----------|----------|---------|---------|---------|---------|
| C (%) | 11.72 | 13.73 | 14.66 | 15.74 | 16.01 |
| A (%) | 16.16 | 15.83 | 14.90 | 13.79 | 12.04 |
| Rc (MPa) | - | - | - | - | - |

Con el propósito de observar el comportamiento de todos los parámetros, para cada uno de los tamaños de partículas de la mejor de las mezclas, los resultados fueron procesados mediante el Microsoft Excel, obteniéndose los resultados mostrados en el gráfico 1.

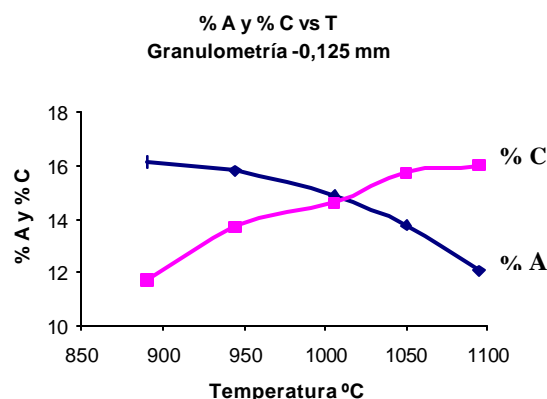


Gráfico 1. Contracción total y Absorción de agua vs. Temperatura para -0.125 mm

El comportamiento de la pasta alfarera para el tamaño de grano más fino que se estudió (-0.125 mm), y para el perfil de temperaturas escogido, demuestra que a medida que aumenta la temperatura, aumenta la contracción total, es decir que las partículas se encuentran más unidas entre sí. Sin embargo la absorción de agua disminuye, lo que se explica ya que al estar más cohesionadas las partículas, y poseer

tamaño tan fino, el espacio entre ellas es menor por lo tanto absorben una menor cantidad de agua, ofreciendo una idea del grado de maduración de la mezcla.

De igual forma se manifestaron estos dos parámetros para los demás tamaños de grano estudiados.

Como se observa, en el gráfico 1 no aparecen representados los resultados de resistencia a la compresión para la granulometría más fina, lo cual se debe a que las probetas para la determinación de la resistencia a la compresión, confeccionadas para el tamaño de partículas más fino, presentaron algunas dificultades, debido a que durante el proceso de cocción, a una temperatura del horno de aproximadamente 600°C, todas se rompieron a pesar de que, tratando de evitar esta situación, fueron confeccionadas con gran cuidado, evitando la formación de huecos en el interior de la masa, se secaron poniéndolas incluso a la luz y el calor del sol, y se realizó el proceso de cocción en un horno automático.

Esta situación pudiera ser la consecuencia de que no estuvieran bien secas, presentarían bolsas de aire en su interior, o que el aumento de la temperatura en el horno no estuviera bien controlado. También pudo deberse a que en ese tamaño de partículas se concentre algún compuesto químico o fase mineralógica que provocara la fragilización de las probetas. Se presume que se trate de alguna fase mineral de hierro, lo cual es recomendable continuar estudiando.

PARÁMETROS TECNOLÓGICOS PARA LAS MEZCLAS CON GRANULOMETRÍAS -0.27 +0.125 mm

Para la mezcla con granulometría media, los parámetros estudiados se comportaron como se muestra en la tabla IX.

A través del Microsoft Excel se graficaron los resultados obtenidos, con el objetivo de analizar el comportamiento de los tres parámetros en conjunto, obteniéndose el gráfico 2:

Para una granulometría de +0.125-0.27mm, se observa que, al igual que para las demás, la contracción aumenta y la absorción disminuye, a medida que aumenta la temperatura.

Tabla IX. Parámetros tecnológicos para las mezclas con granulometrías +0.125 -0.27mm.

| Param | cono 010 | cono 08 | cono 06 | cono 04 | cono 02 |
|----------|----------|---------|---------|---------|---------|
| C (%) | 12.61 | 14.03 | 16.52 | 17.27 | 18.41 |
| A (%) | 17.33 | 16.80 | 15.33 | 14.84 | 12.65 |
| Rc (MPa) | - | 223.38 | 292.68 | 262.93 | 248.26 |

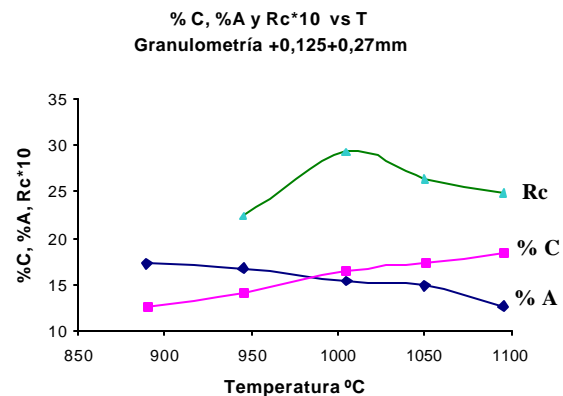


Gráfico 2. Contracción total, Absorción de agua y Resistencia a la compresión vs. Temperatura para +0.125-0.27mm

Respecto al tamaño de partícula fino ambos parámetros presentan un ligero aumento (gráfico 1).

En el caso de la resistencia a la compresión, se puede concluir que no existe una tendencia marcada, pues comienza en un determinado valor, para la primera temperatura estudiada, sube hasta un valor máximo para la siguiente y disminuye luego para el último valor de temperatura analizado.

Para este tamaño de partículas, la resistencia mecánica en todo el rango de temperaturas, es menor que para el tamaño más grueso.

Se observa además que, alrededor del punto donde coinciden los valores de contracción total y absorción de agua se logran los mayores valores de resistencia a la compresión. Como no existen referencias respecto a este hecho en la literatura consultada, no se puede aseverar que este comportamiento obedezca a una ley. Pudiera tratarse de un fenómeno casuístico, por lo que se recomienda realizar un mayor número de pruebas.

PARÁMETROS TECNOLÓGICOS PARA LAS MEZCLAS CON GRANULOMETRÍAS +0.27mm

Para la mezcla con granulometría gruesa (+0.27mm) los parámetros estudiados se comportaron como se muestra en la tabla X.

Tabla X. Parámetros tecnológicos para las mezclas con granulometría +0.27mm.

| Param | cono 010 | cono 08 | cono 06 | cono 04 | cono 02 |
|----------|----------|---------|---------|---------|---------|
| C (%) | 13.35 | 15.28 | 17.81 | 18.41 | 19.74 |
| A (%) | 20.14 | 18.09 | 17.49 | 16.06 | 13.98 |
| Rc (MPa) | - | 272.62 | 332.37 | 288.51 | 262.89 |

Con el objetivo de comparar el comportamiento de todos los parámetros estudiados, para este tamaño de grano, se graficaron los resultados, observándose el comportamiento mostrado en el gráfico 3.

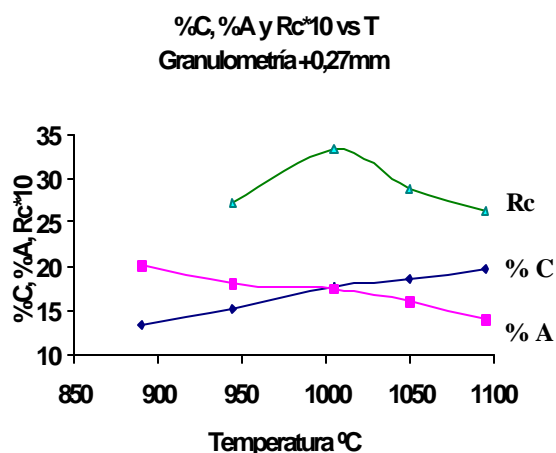


Gráfico 3. Contracción total, absorción de agua y resistencia a la compresión vs temperatura para +0.27mm.

Como se observa en el gráfico anterior, al igual que para las mezclas analizadas, con el aumento de la temperatura aumenta la contracción de las probetas y disminuye la absorción de agua.

Haciendo una comparación con los tamaños de grano anteriores, para el grueso, se obtuvieron los

mayores valores de contracción total, absorción de agua y resistencia a la compresión.

La resistencia a la compresión para este tamaño de partículas (+0.27mm), tuvo un comportamiento similar al anterior ya que no existe una tendencia marcada respecto a la temperatura, pues comienza en un valor, sube hasta un valor máximo y vuelve a disminuir luego, siendo mayor que para el tamaño medio.

De la misma forma que para la granulometría anterior, la resistencia a la compresión, presenta valores máximos para el rango de temperatura donde coinciden los valores de Contracción total y Absorción de agua. En este caso, el mayor valor de resistencia a la compresión se obtuvo a la temperatura en que son iguales estos dos parámetros.

En general el comportamiento de los parámetros estudiados, para las arcillas de la región de Centeno es similar al de cualquier arcilla, si se comparan los resultados del presente trabajo con los obtenidos por Ochoa, 2002; teniendo en cuenta que son arcillas de composición mineralógica diferentes.

CONCLUSIONES

1. La composición de las mezclas de arcilla de Centeno estudiadas presentan propiedades físicas, químicas y mecánicas requeridas para la producción de cerámicos, entre las que no existen diferencias significativas, destacándose la mezcla No 3, por ser la de mayor resistencia a la compresión.
2. Los mejores resultados se obtienen cuando la mezcla es cocida a temperaturas entre 1000 y 1050 °C, y son confeccionadas con una granulometría de 0.27mm, con un control de los procesos de secado y cocción.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar la composición de la mezcla No 3, con granulometrías de +0.27mm (gruesa), cociendo aproximadamente a una temperatura de 1000°C, teniendo en cuenta las mejores condiciones de secado, y controlando los cambios de temperatura dentro del horno.

2. Investigar el comportamiento de las mezclas utilizando otros desgrasantes como la chamota y la arena sílice, recomendadas también en la literatura.
3. Profundizar el estudio de otras propiedades de los productos obtenidos como resistencia a la abrasión, a agentes corrosivos, y a temperaturas superiores a las estudiadas.

BIBLIOGRAFIA

1. Orozco, Gerar caracterización de las arcillas de Cayo Guan. Informe técnico. ISMM, 1995.
2. Pons Herrera, José A. y Leyva, Carlos. Empleo de las arcillas ferrocaoliníticas – gibbsíticas de la región de Moa en los talleres de fundición. Revista minería y geología XIII (3), p. 93 1996.
3. Caracterización de las arcillas refractarias de la zona de Cayo Guan y su empleo en la fundición. Revista minería y geología XIV (3), p. 19 1996.
4. Rhodes, Daniel. Arcilla y vidriado para el ceramista: Ediciones CEAC. España, 1975.
5. Ariosa Iznaga, José. Curso de yacimientos minerales no metálicos. capítulo 21: arcillas y caolín, 1998.
6. Doval Montoya, M y García Romero, E. (1991). “Arcillas industriales: yacimientos y aplicaciones”. En: yacimientos minerales. Editorial centro de estudios Ramón Areces, S. A. Madrid. pgs 582-60, 1991.
7. De Pablo, G. L. “Las arcillas. Clasificación, identificación, usos y especificaciones industriales”. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, tomo XXVII, 2, 49-92, México, 1964.
8. Cruz Crespo, Amado. Obtención, mediante fusión, de un fundente fundido del sistema MnO-SiO₂ para la soldadura por arco sumergido. Santa Clara, 2001.
9. Blanco Torrens, Roberto. Mecánica de rocas. Santiago de Cuba: Editorial oriente, 1981.
10. Práctica de laboratorio de mecánica de rocas. Santiago de Cuba: Editorial Oriente, 1981.
11. Cárdenas Garnier, Miguel A. evaluación y pruebas de los automóviles. La Habana: Editorial ISPJAE, 1986. 229p.
12. Colectivo de autores. Probabilidad y estadística para ingenieros. Tomo II. Cuarta edición. 624p, 1992.
13. Fonseca Navarro, Daris. Determinación de los índices de plasticidad de las arcillas de centeno. Informe técnico. Industrias locales, 1999.
14. Ochoa Mayo, Ignacio R. Geología de los yacimientos de arcillas para la cerámica. Quinta conferencia científico técnica de la construcción, Jornada Iberoamericana, La Habana 2002: Editorial Softcal, 2002. IR 824-831.
15. Ortíz Ramírez, Teresa. Recopilación bibliográfica y estudio preliminar de las materias primas de la región de Moa con posibilidades en la cerámica refractaria. Informe técnico. ISMM, 1992.