

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO

ARTESANÍAS DE COLOMBIA S.A.



“MISIÓN CHINA”

ASISTENCIA TÉCNICA EN GUATAVITA

PROYECTO “CERÁMICA Y PORCELANA”

NOTAS TÉCNICAS SOBRE LAS ARCILLAS
MATERIAS PRIMAS Y PROCESOS
CERÁMICOS

Elaborado por: NOHORA CASTAÑEDA G.

Santafé de Bogotá, D.C.

Octubre de 1999

NOTAS TÉCNICAS SOBRE LAS ARCILLAS Y MATERIAS PRIMAS

ORIGEN DE LAS ARCILLAS

Las arcillas son rocas sedimentarias, que proceden de la descomposición de viejas rocas feldespáticas, (ricas en Al_2O_3 y SiO_2).

Debido a la acción del agua ácida sobre este mineral, a través de millones de años, va eliminando los alcalis del feldespato (sodio y potasio) y parte de la sílice que contiene, mientras que introduce dos moléculas de agua, quedando así formados los silicatos de alumina hidratados que constituyen las arcillas.

Cuando estas nuevas sustancias se hallan en su lugar de origen se denominan arcillas primarias o caolines una de las variedades más pura de arcilla (son de grano grueso y poco plásticas).

Las arcillas secundarias de grano fino y muy plásticas han sido arrastradas por las aguas hacia otros lugares donde se sedimentan.

CLASIFICACIÓN DE LOS MINERALES ARCILLOSOS.

Aunque las arcillas se encuentran en casi todas partes de la superficie terrestre, sus propiedades varían ampliamente. Algunas son indicadas para la ejecución alfarera,

tal y como aparecen, mientras otras deben ser purificadas o mezcladas con otros minerales.

Su clasificación se hace de acuerdo a su distribución cristallna.

CAPAS	GRUPO	ESPECIE	COMPOSICIÓN
2	CAOLINITICO	CAOLINITA NACRITA DIKITA ANAUXITA ALOFANA	$AL_2O_3 2SiO_2 2H_2O$ $AL_2O_3 2SiO_2 2H_2O$ $AL_2O_3 2SiO_2 2H_2O$ $AL_2O_3 3SiO_2 2H_2O$ $AL_2O_3 2SiO_2 2H_2O$
2	ALOISITICO	ALOISITA METAHAOISITA	$AL_2O_3 2SiO_2 2H_2O + 2H_2O$ $AL_2O_3 2SiO_2 2H_2O + 2H_2O$
3	MOTHORI- LLONITICO	MOTMORILLONITA (BENTONITA) NOTRONITA BEIDELLITA	$AL_2O_3 4SiO_2 H_2O + H_2O$ $AL_2O_3 4SiO_2 H_2O + H_2O$ $AL_2O_3 3SiO_2 H_2O + H_2O$
3	ELLITICO SEPHIOLITICO	ILLITA ATAPULGITAS	$AL_2O_3 3SiO_2 H_2O + H_2O$ $AL_2O_3 3SiO_2 H_2O + H_2O$

Son todos de estructura laminar con dos o tres capas reticulares, poseen forma hexagonal. El primer grupo con capa doble y los grupos de la illita y motmorillomita con tres capas.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS ARCILLAS.

El químico informa acerca de la composición Química de las arcillas, según

estuvieron combinados los elementos con el oxígeno en su óxido normal. Los análisis químicos de una arcilla nos dicen algo de lo que de ella podemos esperar cuando la usemos en una pasta, particularmente de cómo se portará en la cocción.

Por ejemplo los caolines altamente puros son muy refractarios y no pueden ser quemados en hornos alfareros; por otra parte las arcillas compactas que contienen potasio y calcio se quemarán fácilmente. El análisis de la cantidad de óxido de hierro presente en la arcilla, nos dice cual será el color post-cocción.

La arcilla esta compuesta de pequeños cristales microscópicos. Esos cristales están principalmente compuestos de un mineral llamado caolinita $AL_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ constituye una de las variedades más puras de arcilla, y cuya composición aproximada es:

47% Sílice (SiO_2)

39% Alúmina (AL_2O_3)

14% Agua (H_2O)

Para la mayoría de arcillas ordinarias el porcentaje de alúmina disminuye bastante, hasta en un 10%.

Cuanto mayor sea el contenido de alúmina y sílice en una arcilla, tanto mayor será su temperatura de cocción.

Las arcillas comunes no se encuentran puras, generalmente están acompañadas por diversas sustancias que las impurifican y modifican sus propiedades.

Se presentan en sus yacimientos acompañadas por impurezas tales como granos de arenas o cuarzo, feldespato, mica, carbonato de calcio, compuesto de azufre y hierro, humus, carbón, restos orgánicos, etc.

Estas impurezas pueden actuar como fundentes, es decir que rebajan su temperatura de cocción.

La coloración de las arcillas se debe también a sus impurezas: un tono rojizo puede venir del peróxido de hierro, un color verdoso puede provenir de pirita o sal de estroncio, el color gris negrusco puede proceder de material carbonoso como el lignito o bien por el bióxido de manganeso.

CLASES DE ARCILLA

Existen muchos tipos de arcillas de las que se puede disponer en el trabajo cerámico.

La influencia del tamaño de partícula no se limita solo a su plasticidad sino que se extiende a su contracción por secado, deformabilidad y resistencia Física.

Cuanto más fino es el grano, más lento es el secado, mayor es la contracción, la deformación y el agrietamiento.

Las arcillas más plásticas requieren más agua para hacerlas trabajables.

De todas maneras en las pastas cerámicas entran materiales áridos en más o menos proporción.

Veamos algunos tipos de arcillas:

- Caolines o materiales arcillosos primarios.
- Arcillas o materiales arcillosos secundarios

CAOLINES. Están constituidos principalmente de caolinita.

Estas son las más blancas entre todas las arcillas, debido al bajo contenido de hierro que poseen; en consecuencia son los principales ingredientes de la loza blanca y de las pastas de porcelana. Debido a que los caolines no son muy plásticos, a que tienen poca dureza de secado y a que son extremadamente refractarios, no resultan convenientes para la ejecución alfarera, salvo cuando se mezclan con otros componentes.

Para la plasticidad se les añade arcilla blanca muy plástica.

Un cristal puro de caolinita tiene la siguiente composición $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$

En realidad la composición de los caolines puede diferir de esta por varias razones entre otras por los minerales accesorios, la que provoca las diferencias más importantes, algunos conservados como la roca original y otros que son producto de disgregación.

Los caollnes tienen un porcentaje de reducción bajo y soportan tratamientos térmicos superiores a 1500°C. Vitrifica alrededor de los 1750°C.

ARCILLAS CUARZOSAS

Contienen cantidades variables de cuarzo, más o menos grueso y son escasamente plásticas.

Tienen una refractariedad variable según la cantidad de óxidos fundentes.

Generalmente se usan como correctivos de otras arcillas.

ARCILLAS FERRUGINOSAS

Son arcillas comunes y de fácil fusibilidad.

Generalmente muy plásticas, si no contienen excesos de piedritas arenosas.

Caracterizados por la presencia de compuestos de hierro; imparten una coloración roja de intensidad variable de acuerdo con el porcentaje de óxido de hierro (Fe_2O_3) y con la temperatura de cocción.

Se encuentran naturalmente, mezcladas con grandes adiciones de fundentes especialmente carbonato de calcio, en porcentajes de hasta el 30 o 40%; y óxido de hierro en porcentajes variables.

Estas arcillas sirven para preparar pastas que maduran entre los 900 y los 1050°C.

Por lo general se funden o vitrifican a los 1200°C aproximadamente.

La absorción post-cocción oscila entre el 10 y el 20%.

ARCILLAS BLANCAS PARA LOZA

Se trata de arcillas muy puras con buen contenido de alúmina (del 25% en adelante). Con pequeñísimos porcentajes de hierro y calcio. Dan colores blanco grisáceo o a veces levemente rosado.

Sirven para pastas de loza que se hornearán entre 1000 y 1150°C si se trata de loza blanda; o entre los 1150 - 1250°C para loza dura.

Su absorción está entre el 3 y el 9%. Estas arcillas permiten alcanzar una mayor vitrificación en la cocción sin peligro de deformación de la pieza.

ARCILLAS VITRIFICABLES PARA GRES

Estas arcillas tienen la propiedad de densificarse o vitrificarse alrededor de 1250 a 1350°C, con lo que la pieza se vuelve impermeable. Se funden o se deforman 100 – 200 grados más tarde, con lo que se evita la deformación de la pieza.

Se obtienen pastas de color amarillento o rojizo muy compactas, ya que la porosidad oscila alrededor del 1%. Dado que estas pastas tienen gran resistencia, se les usa para recipientes que han de contener ácidos muy fuertes, para pisos de gran desgaste, cañerías, etc.

ARCILLAS REFRACTARIAS

Se funden a temperaturas muy elevadas de 1500°C o más. Se las usa para productos refractarios, como placas y ladrillos de hornos, crisoles, etc., que han de resistir el impacto térmico repetidas veces. Presentan elevados porcentajes de alúmina. Por lo general son muy plásticas, por lo que se les debe añadir elevados porcentajes de antiplásticos al preparar pastas con ellos.

Debido a su gran refractariedad (alta alúmina) resisten temperaturas tan elevadas que los ladrillos de horno hechos con ellos no encogen a través de sus sucesivas cocciones.

MINERALES DE INTERÉS CERÁMICO

Generalmente la arcilla se mezcla con porcentajes de otros materiales cerámicos que actúan unos como antiplásticos, otros como plastificantes y otros como fundentes.

ANTIPLÁSTICOS

El antiplástico o desgrosante reduce el excesivo encogimiento de las arcillas durante su secado, con lo que evitan las grietas y deformaciones.

La mayoría de las arcillas locales, poseen ya cierto porcentaje de antiplásticos mezclados naturalmente, en forma de granos de cuarcita, feldespato, humus, calcita,

dolomita, etc.

Se trata pues de antiplásticos incluidos en las arcillas. Pero si una arcilla no contiene suficiente cantidad de antiplástico se añadirán porcentajes de hasta el 30% según resulte necesario.

En general se puede decir que dentro de los antiplásticos comunes, están:

La sílice en forma de cuarzo (SiO_2)

El chamote (barro cocido a alta temperatura y triturado).

El fildespato, para pastas de baja temperatura actúa como antiplástico.

El aserrín (viruta de madera).

PLASTIFICANTES

Por el contrario muchas veces sucede que las arcillas resultan magras, es decir poco plásticas, para poderse modelar. A estas se le añadirán materiales que eleven su plasticidad.

Los más usuales son la bentonita, en pequeños porcentajes de alrededor del 3%. Sin embargo la forma más segura de elevar la plasticidad de las arcillas demasiado magras es mezclarlas con otras arcillas más plásticas.

El añejamiento de las arcillas es otra forma de mejorar su plasticidad.

BENTONITA

Es una variedad de arcilla volcánica, con mayor contenido de sílice y menor de alúmina que las arcillas típicas. El tamaño de sus partículas es pequeñísimo, por lo que constituye una de las sustancias más plásticas que se conocen. Tiene la propiedad de absorber agua y de hincharse hasta 15 veces su volumen.

FUNDENTES

Los fundentes tienen la tarea de rebajar la temperatura de vitificación de las pastas. Para altas temperaturas se utilizan los feldespatos.

Por el contrario para pastas de medias y altas temperaturas se utiliza generalmente el carbonato de calcio y la dolomita.

FELDESPATO

Es un mineral formado por sílice, alúmina y óxidos alcalinos y alcalino-terreos.

Existen los siguientes tipos, cuya fórmula teórica en óxido es:

$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ Feldespato potásico

$Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ Feldespato sódico

$CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ Feldespato cálcico

Hacen parte de las pastas naturales donde sirven para la formación de la estructura

de la pasta (para bajas temperaturas) también intervienen como fundentes (en pastas para altas temperaturas).

El feldespato, así como la arcilla y el caolín, disminuyen la dilatación térmica de las pastas durante la cocción, cuando reemplazan al cuarzo.

CARBONATO DE CALCIO

Es un material muy usado que se introduce en las pastas de media y baja temperatura ejerciendo una acción fundente rebajando la temperatura de vitrificación.

Disminuye de porosidad en las pastas y les comunica blancura.

SECADO DE PRODUCTOS CERÁMICOS

Entendemos por secado a la eliminación de líquido de un sólido por evaporación, lo que se realiza por procedimientos térmicos en este caso.

El contenido de agua a eliminar oscila generalmente entre el 15 y el 30% que se encuentra más o menos uniforme en toda la pieza. No pueden cocerse en estas condiciones pues se romperán las piezas o agrietarán al secarse desigual y rápidamente.

El secado lleva consigo una contracción, que en el caso de arcillas plásticas oscila entre el 8 y el 14% y en el caso de porcelana o loza un 4% aproximadamente.

Las pastas granulosas como los refractarios ricos en chamota, poseen contracciones menores encerrando menos peligro en el secado.

Se distinguen dos etapas de secado.

En la primera fase se produce la disminución de volumen proporcional al agua eliminada que corresponde al agua de plasticidad. En la segunda fase comienzan a formarse vacíos y en la tercera ya no hay contracción.

SECADEROS

El arte del ceramista estriba en regular de tal manera la velocidad de desecación, que no se superpongan las distintas etapas del proceso ni resulten innecesarias.

Los secaderos nos reportan las siguientes ventajas:

1. Evitan roturas y deformaciones sobre todo en piezas con diferentes espesores.
2. Mayor rapidez en la operación.
3. Certeza en el tiempo máximo de secado.
4. Economía por ahorro de trasiegos y movilidad de las piezas.

Para conseguir rapidez en el secado se recurre al procedimiento del aire húmedo. Consiste este, en comenzar por calentamiento suave con gan humedad relativa, para que el calentamiento llegue al interior sin que se produzca evaporación (y enfriamiento) en la superficie de la pieza.

PESO ESPECIFICO

Se denomina densidad real o peso específico relativo de un cuerpo homogéneo a la relación existente entre la masa de dicho cuerpo y su volumen.

Para calcular el peso específico o densidad de la barbotina se pesa una probeta graduada vacía. Luego se llena con 100 cm³ de barbotina y se vuelve a pesar. La diferencia de ambos pesos dividida por 100 dará el peso específico de la pasta semilíquida

Si el peso específico de nuestra barbotina, por ejemplo, es inferior al deseado, se le agregará más pasta seca. En cambio, si su peso específico es superior al recomendado se le deberá agregar agua, hasta alcanzar la densidad correcta.

El peso específico recomendado de la barbotina oscila entre el 1.7 y el 1.8.

$$D = \frac{P2 - P1}{V}$$

D= Densidad

P1= Peso de la probeta

P2= Peso de la probeta más barbotina

V= Volumen en cm³.

TEMPERATURA DE MADUREZ

Las pastas de baja temperatura deben estar sometidas a suficiente temperatura

dentro del horno, como para madurar, pero no se debe alcanzar la temperatura del comienzo de su vitrificación, pues se corre el riesgo de que las piezas ya entonces se deformen o se desplomen.

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN O POROSIDAD

La capacidad de absorción de agua, es la relación existente entre el agua absorbida hasta la saturación, por un material y su peso en seco expresado en porcentajes de este.

El porcentaje de absorción de una pasta ya horneada se determina del siguiente modo: Se pesa con exactitud una muestra de pasta ya horneada a la temperatura con que se deberá trabajar. Luego se sumerge en agua, al día siguiente se seca bien con un trapo y se pesa nuevamente. El porcentaje de absorción se calcula del siguiente modo:

$$\frac{\text{PESO EN HUMEDO} - \text{PESO EN SECO}}{\text{PESO EN SECO}} \times 100 = \text{PORCENTAJE DE ABSORCIÓN}$$

Una porosidad superior al 15% presentará dificultades para el posterior esmaltado de la pasta, es decir que resultará más difícil, aunque no imposible, lograr esmaltes de buena calidad y sin defectos (cuarteaduras sobre todo).

Según se aumenta la temperatura de cocción mengua la absorción.

Para productos terminados este porcentaje se halla en el campo de 4 a 10% para artículos de pasta común, de 1 a 6% para arcillas compactas, y de 0 a 8% para la porcelana.

ESMALTES CERÁMICOS

Una definición para el esmalte cerámico podría ser una cubierta fina y brillante o mate aplicada sobre una base cerámica “verde” (crudo) - en monococción-, o sobre bizcocho – bicocción, con el propósito de hacerlo impermeable a los líquidos, aumentar su resistencia físico-Química y de mejorar su aspecto final.

Desafortunadamente no se puede garantizar que un esmalte pueda ser utilizado para cualquier temperatura o sobre cualquier tipo de biscocho, ya que hay un número de variables que intervienen en la hechura de productos cerámicos que hace esto imposible.

Por ejemplo un esmalte con muy buenos resultados en un taller, puede ser inadecuado para otro taller.

PREPARACIÓN DEL ESMALTE PARA SU APLICACIÓN

La gran mayoría de los esmaltes industriales utilizados en cerámica llegan al usuario molidos, generalmente secos o en polvo.

Para su utilización solo basta ponerlos en suspensión en agua, pasarlos por un tamis (malla No. 100 de acero inoxidable o bronce) y adaptar luego, el peso específico a las características de absorción del biscocho sobre el cual se va a aplicar.

La puesta en suspensión puede realizarse de varias formas, la más aconsejable es vertir el esmalte y agua necesarios en un molino de bolas y mortero por media hora como máximo, de esta forma el esmalte se puede utilizar de inmediato, aunque siempre es aconsejable un reposo de varias horas para eliminar las burbujas de aire que queden atrapadas.

También puede prepararse el esmalte con una batidora de baja resolución, en este caso se recomienda, luego, un reposo por lo menos de 24 horas para lograr un perfecto mojado de todas las partículas de esmalte y eliminación total de burbujas de aire atrapadas durante el batido.

Algunos ceramistas utilizan el esmalte inmediatamente después de procesado, esto puede producir casi con toda seguridad superficies con pequeñas burbujas y poros como principal defecto.

La importancia que tiene el agua utilizada en la preparación de los esmaltes es mucho mayor de la que generalmente se le concede.

Las aguas excesivamente duras (graduación superior a 40 grados franceses) dan

mala suspensión y provocan defectos de pinchado y textura con pérdida de brillo.

Las aguas dulces muy ricas en sales de sodio y potasio, también originan problemas de suspensión y viscosidad y pinchado en la superficie, obligando al empleo de defloculantes para dar movilidad al esmalte.

APLICACIÓN DEL ESMALTE

Son varios los métodos de aplicación del esmalte. Entre otros están:

La inmersión- que consiste en sumergir la pieza en el esmalte líquido de tal forma que al retirarlo se pueda eliminar el exceso por escurrido y quede adherida la capa deseada.

Para esto la consistencia del esmalte debe ser regulada según la calidad de la pieza a aplicar: Biscochada, verde (cruda) porosa o vitrificada, según diseño, tamaño y duración de la inmersión. El esmalte debe ser removido frecuentemente para evitar posibles sedimentaciones, preferentemente por medio de una batidora de bajas resoluciones. Además debe controlarse su densidad.

APLICACIÓN POR CHORREO

Se diferencia de la inmersión en que se hace chorrear al esmalte sobre la pieza a esmaltar, este método es de uso restringido a ciertos efectos o artículos.

POR PINCEL

Cuando se esmalta por este método se utilizan varios esmaltes de distintos colores y efectos; una condición principal es que todos ellos deberán tener la misma temperatura de cocción.

APLICACIÓN POR ASPERSIÓN (PISTOLA)

Esta técnica consiste en pulverizar el esmalte en partículas o gotitas pequeñísimas, las que son proyectadas sobre el objeto a esmaltar formando sobre él una capa uniforme de esmalte, fuertemente adherida.

En general las piezas más porosas necesitan esmaltes con menos densidad, si se aplica con exceso de presión de aire puede aparecer el defecto conocido como "piel de naranja". Con baja presión el esmalte llegará a la pieza prácticamente en forma de gotas, lo que producirá también superficies defectuosas.

Esta técnica requiere de un compresor y de una cabina de esmaltado.

Para recuperar el exceso de esmalte sopleteado, deben utilizarse cabinas especiales, pues este material puede representar hasta el 50% del total utilizado.

COCCIÓN

Los hornos pueden ser considerados simplemente como cámaras, alimentadas con

las llamas de las cuales una chimenea extrae calor y humo.

Tanto su temperatura como su atmósfera (clara o con humo) deben de estar distribuidas por igual, en toda la cámara, de las cuales dependerá el color y en cierta medida la calidad de la arcilla, el pigmento y el barniz.

La construcción del horno, así como el método de alimentarlo ayuda a determinar la composición de los gases quemados.

Como fuente térmica se utiliza la electricidad (para hornos eléctricos), la leña (horno de leña) el carbón mineral (de piedra, hulla o coque) y el A.C.P.M. o FUEL OIL.

CALCULO DEL BALANCE TÉRMICO

El cálculo teórico de un horno es difícil y de resultados aproximados. Los proyectos y construcción se basan primordialmente en la experiencia.

El estudio de un horno lo podemos subdividir en: A- Cálculo teórico; B-B- Cálculo de refractario y aislamiento; C- Cálculo estático de la construcción.

El cálculo térmico parte de la cantidad de calor necesaria para la cocción, distribuido en el tiempo correspondiente al ciclo de cocción que será distinto según el volumen, calidad y cantidad del producto a cocer.

Para un horno Intermitente se podrá tener el siguiente balance:

19%	Calor utilizado en cocer las piezas
4%	Secado
44%	Chimenea y combustible
7%	Escorias en hogar
9%	Pérdidas por radiación
17%	Pérdida por los muros.

Para hornos eléctricos se emplean principalmente hilos o cintas de khantall para temperaturas bajas y medias (1000 - 1300°C); barras de carburo, de silicio o elementos especiales con molibdeno o cadmio, para temperaturas altas.

El khantall está formado por una aleación de hierro, cromo, aluminio y cobalto.

La resistencia que un cuerpo ofrece, a la corriente eléctrica se transforma en calor, según la Ley de Joule: $Q = K.R. I^2$.

Siendo $Q =$ Calorías por unidad de tiempo

$R =$ Resistencias en ohmios

$I =$ Intensidad en amperios

$K =$ Coeficiente, que para tener Q en calorías grandes, será de 24.20^{-7} .

ENGOBES

Es el método cerámico cromático más antiguo que utilizó el hombre primitivo antes de la invención del esmalte.

En general el engobe consiste en una arcilla coloreada o no que se aplica con la densidad de una crema espesa (barbotina).

TIPOS DE ENGOBES.

- Los engobes propiamente dichos presentan el aspecto natural de una pasta cerámica desnuda, tiene una textura más o menos lisa según que se les haya bruñido o no.
- Los engobes vitrificados son igual que los anteriores con la diferencia de que el porcentaje de agente vitrificador a un 30-50%, con lo que el engobe ofrece un aspecto de esmalte mate.
- Engobe bajo-esmalte es el primer tipo de engobe, ya mencionado, sobre el que se aplica después de su primera cocción un esmalte transparente.

COLOR DE LOS ENGOBES.

Los engobes pueden ser blancos o rojos naturales.

También pueden ser coloreados con óxidos metálicos o con pigmentos para bajo cubierta. Además, sobre ellos se puede decorar ya sea grabando con una punta estando todavía húmedos; o dibujando con pigmentos cuando se hallan bien secos antes de su cocción.

NOTA: Las definiciones de este numeral fueron tomadas básicamente de Chiti, Jorge. CURSO PRÁCTICO DE CERÁMICA. Ed. Taller Condorhuasi. Buenos Aires Argentina. 3ª. Edición 1974. Tomos 1 al 3.