

UF1721: Organización y gestión de las operaciones
de esmaltado-decoración de productos cerámicos

Elaborado por: Laura Benítez Pecino

Edición: 5.0

EDITORIAL ELEARNING S.L.

ISBN: 978-84-16492-49-7

No está permitida la reproducción total o parcial de esta obra bajo cualquiera de sus formas gráficas o audiovisuales sin la autorización previa y por escrito de los titulares del depósito legal.

Impreso en España - Printed in Spain

Presentación

Identificación de la Unidad Formativa:

Bienvenido a la Unidad Formativa **UF1721: Organización y gestión de las operaciones de esmaltado-decoración de productos cerámicos**. Esta Unidad Formativa pertenece al Módulo Formativo **MF0667_3: Organización y gestión de la fabricación de productos cerámicos conformados**, que forma parte del Certificado de Profesionalidad **VICF0211: Organización de la Fabricación de Productos Cerámicos**, de la familia de **Vidrio y Cerámica**.

Presentación de los contenidos:

La finalidad de esta Unidad Formativa es enseñar al alumno a participar en la organización de los trabajos de preparación y puesta a punto de las líneas de fabricación de productos cerámicos conformados, realizar la puesta en marcha de la fabricación de productos y generar y gestionar la información del proceso y de la fabricación de productos cerámicos conformados.

Para ello, en primer lugar se analizarán las características y propiedades de engobes, esmaltes y tintas, la gestión de las operaciones de esmaltado y la gestión de las operaciones de decoración de productos cerámicos. Por último, se estudiará la identificación de defectos y no conformidades en las operaciones de esmaltado y decoración.

Objetivos de la Unidad Formativa:

Al finalizar esta Unidad Formativa aprenderás a:

- Analizar las operaciones de esmaltado y decoración de productos cerámicos, relacionando los materiales de entrada y de salida, las variables de proceso, los medios de fabricación y los procedimientos de operación, con las características y propiedades de los productos obtenidos.
- Determinar la información de proceso necesaria para llevar a cabo las operaciones de esmaltado y decoración de productos cerámicos a partir del análisis de la información técnica del producto y de las instrucciones generales de fabricación.
- Analizar los medios necesarios para el esmaltado y decoración de productos cerámicos, relacionándolos con los materiales empleados y con los productos obtenidos.
- Organizar y supervisar trabajos de esmaltado y decoración de productos cerámicos.
- Analizar los procedimientos de tratamiento, eliminación o reciclaje de residuos, efluentes y emisiones industriales, empleados en la sección de esmaltado-decoración de las empresas de fabricación de productos cerámicos.
- Analizar las condiciones de seguridad necesarias para el desarrollo de las operaciones de esmaltado y decoración de productos cerámicos.

Índice

UD1. Características y propiedades de engobes, esmaltes y tintas	9
1.1. Propiedades en suspensión	11
1.1.1. Densidad	24
1.1.2. Comportamiento reológico	27
1.1.3. Estabilidad de suspensiones	34
1.2. Acondicionamiento de suspensiones	39
1.2.1. Ajuste de la densidad	41
1.2.2. Ajuste de los parámetros reológicos	43
1.2.3. Aditivos empleados	47
UD2. Gestión de las operaciones de esmaltado de productos cerámicos	63
2.1. Operaciones de proceso: Técnicas de esmaltado de productos cerámicos	67
2.2. Aplicaciones de esmaltes en vía húmeda	72
2.2.1. Esmaltado por inmersión	73
2.2.2. Esmaltado por cortina	75
2.2.3. Esmaltado por pulverización	76
2.2.4. Esmaltado a rodillo	79
2.3. Aplicaciones de esmaltes en vía seca	80
2.4. Variables de proceso de la operación de esmaltado	85

2.4.1. Variables de la suspensión	86
2.4.2. Variables del equipo de aplicación	88
2.4.3. Variables del producto de salida	89
2.5. La línea de esmaltado automático.....	91
2.5.1. Principales componentes de una línea de esmaltado...	93
2.5.2. Máquinas y equipos de aplicación automática de esmaltes	97
2.5.3. Instalaciones auxiliares	99
2.6. Sistemas de gestión y control de instalaciones y operacio- nes de esmaltado	102
2.7. Puesta a punto de los equipos de esmaltado.....	104
2.8. Operaciones de automantenimiento en los equipos de esmaltado de productos cerámicos.....	106
2.9. Puesta en marcha de la producción. Secuencia de opera- ciones	107
2.10. Identificación de riesgos y condiciones de seguridad de las operaciones de esmaltado	109
2.11. Información y documentación de organización de la opera- ción de esmaltado	115
2.11.1. La estructura documental del proceso.....	117
2.11.2. Organización de flujos de información en los proce- sos de esmaltado.....	119
2.11.3. Documentación. Sistemas de procesado, tratamien- to y archivo informático de la información.....	122
2.12. Balances de masa	126
2.13. Optimización de la producción	127
UD3. Gestión de residuos, efluentes y emisiones en el esmal- tado de productos cerámicos.	130
2.14.1. Normativa medioambiental aplicable.....	131
2.14.2. Descripción y caracterización de residuos, efluentes y emisiones generados en las operaciones de esmaltado .	147
2.14.3. Equipos e instalaciones para el tratamiento de resi- duos, efluentes, humos y otras emisiones emplea- dos en las operaciones de esmaltado	158
UD4. Gestión de las operaciones de decoración de produc- tos cerámicos	191
3.1. Operaciones de proceso: Técnicas de decoración de pro- ductos cerámicos	195

3.1.1. Decoración a pincel	207
3.1.2. Decoración con calcomanía	211
3.1.3. Decoración a aerógrafo	213
3.1.4. Decoración serigráfica	215
3.1.5. Decoración mediante huecograbado	219
3.1.6. Decoración mediante flexografía	221
3.1.7. Decoración por inyección de tintas	223
3.2. Variables de proceso de la operación de decoración	225
3.2.1. Variables de la tinta	226
3.2.2. Variables del equipo de aplicación	229
3.2.3. Variables del producto de salida	231
3.3. Las instalaciones de decoración automática	233
3.3.1. Máquinas y equipos de decoración	234
3.3.2. Instalaciones auxiliares	237
3.4. Sistemas de gestión y control de instalaciones y operaciones de decoración	239
3.5. Puesta a punto de los equipos de decoración	240
3.6. Operaciones de automantenimiento en los equipos de decoración de productos cerámicos	242
3.7. Puesta en marcha de la producción. Secuencia de operaciones	243
3.8. Identificación de riesgos y condiciones de seguridad de las operaciones de decoración	245
3.9. Información y documentación de organización de la operación de esmaltado	248
3.9.1. La estructura documental del proceso	250
3.9.2. Organización de flujos de información en los procesos de esmaltado	251
3.9.3. Documentación. Sistemas de procesado, tratamiento y archivo informático de la información	253
3.10. Balances de masa	255
3.11. Optimización de la producción	257
3.12. Gestión de residuos, efluentes y emisiones en la decoración de productos cerámicos	259
3.13. Normativa Medioambiental Aplicable	261

3.14. Descripción y caracterización de residuos, efluentes y emisiones generados en las operaciones de decoración de productos cerámicos	262
3.15. Equipos e instalaciones para el tratamiento de residuos, efluentes, humos y otras emisiones empleados en las operaciones de decoración de productos cerámicos	265
UD5. Identificación de defectos y no conformidades en las operaciones de esmaltado y decoración	279
4.1. No conformidades en los procesos de esmaltado y decoración.....	281
4.1.1. Identificación y valoración de defectos de esmaltado y decoración	285
4.2. Defectos y no conformidades en atribuibles a las características, acondicionamiento y preparación de los engobes, esmaltes y tintas	289
4.2.1. Identificación y valoración de defectos y no conformidad	292
4.2.2. Identificación de las causas de los defectos y no conformidades y propuesta de medidas para su corrección y prevención.....	299
4.3. Defectos y no conformidades atribuibles a las operaciones de aplicación de los engobes, esmaltes y tintas	301
4.3.1. Identificación y valoración de defectos y no conformidades.....	303
4.3.2. Identificación de las causas de los defectos y no conformidades y propuesta de medidas para su corrección y prevención.....	314
Glosario	323
Soluciones	329
Anexo	331

UD1

Características
y propiedades
de engobes,
esmaltes y tintas

- 1.1. Propiedades en suspensión
 - 1.1.1. Densidad
 - 1.1.2. Comportamiento reológico
 - 1.1.3. Estabilidad de suspensiones
- 1.2. Acondicionamiento de suspensiones
 - 1.2.1. Ajuste de la densidad
 - 1.2.2. Ajuste de los parámetros reológicos
 - 1.2.3. Aditivos empleados

1.1. Propiedades en suspensión



Por materiales cerámicos se entiende –en una amplia definición–, aquellos materiales sólidos inorgánicos no metálicos producidos mediante tratamiento térmico.

Los materiales cerámicos, comparados con los metales y plásticos son duros, no combustibles y no oxidables. Pueden utilizarse en ambientes de altas temperaturas, corrosivos y tribológicos. En dichos ambientes muchas cerámicas exhiben buenas propiedades electromagnéticas, ópticas y mecánicas. Una característica fundamental del este material del que se trata, incluye que puedan fabricarse en formas con dimensiones determinadas.

Amasado.	Arcilla, caolín, cuarzo, etc... Se mezclan y se amasan con el agua.
Conformado	Dar forma a la masa. Tomo u otra técnica.
Secado.	Se deja secar y escurrir a temperatura ambiente.
1ª Cocción.	En función del material en un u otro tipo de horno. 900° - 1500° C.
Revestimiento.	Una vez cocido, se le da una capa con barniz o esmale. Transparente u opaco. No siempre necesario.
2ª Cocción	Para vitrificar el esmalte o barniz con el que se ha revestido el objeto.
Acabado.	Paso final. Decoración. A veces otra posterior cocción.

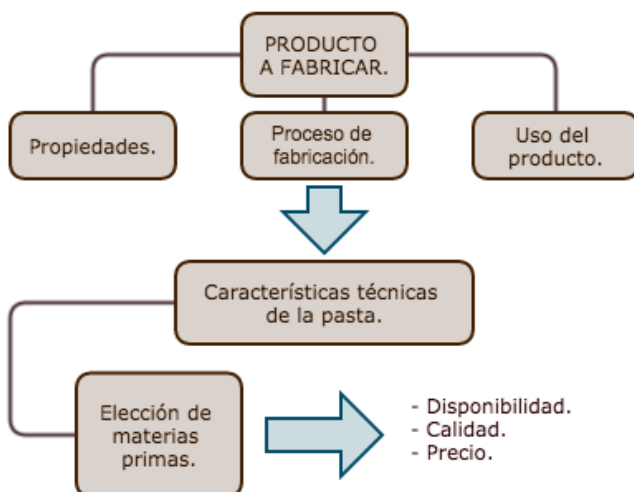
Pasos generales del proceso de fabricación de los materiales cerámicos.

Para la fabricación de los materiales cerámicos tradicionales se usan materias primas que vienen de minerales, en función de la Industria en la que se vaya a emplear el tipo de cerámico. Además de esta clasificación, existen otras que irán en función de las propiedades que presente cada material.

Industria.	Tipo de producto.	Materia prima utilizada.
Estructural.	Ladrillos de construcción y todo tipo de ladrillo hueco, tejas, tuberías sin esmaltar.	Arcilla.
	Hormigón.	Caliza, arcilla.
Refractarios.	Ladrillos de sílice.	Cuarcita.
	Ladrillos de magnetita.	Magnesita.
	Ladrillos de cromo.	Compuestos de cromo.
	Ladrillos de dolomita.	Dolomita (serpentina, talco).
	Ladrillos de carbón.	Grafito.
	Ladrillos de carburo de silicio.	Coque, arena.
	Aislantes.	Tierra de diatomeas, vermiculitas, asbestos, etc...
	Ladrillos de silimanita.	Silimanita, cianita o analucita.
	Ladrillos de alta alúmina.	Fireclay y bauxita o arcillas bauxíticas.
	Crisolos y recubrimientos interiores de plantas metalúrgicas, fábricas de gas y otras aplicaciones.	Arcillas, rocas silíceas, grafito, etc...
Productos cerámicos esmaltados.	Azulejos.	Arcilla y esmalte, pirofilita, talco, etc...
	Sanitarios.	Arcilla, caolín, feldespato, sílice, esmalte.
	Porcelana.	Arcilla, caolín, feldespato, sílice.
	Porcelana de huesos.	Cenizas de huesos, arcillas, feldespatos.
	Esmaltes y engobes.	Arcillas, sílice, feldespato y otros fundentes.

Otros materiales cerámicos.	Sílice fundida.	Arena o cuarzo de alta pureza.
	Refractarios especiales.	Óxidos puros. Ej.: BeO, Al ₂ O ₃ , MgO, ZrO ₂ , ThO ₂ , espinelas, carburos, nitruros, fosfuros, etc...
	Porcelana eléctrica.	Arcilla, caolín, sílice, feldespatos.
		Rutilo.
		Esteatita (talco).
		Titanatos de magnesio y bario.
		Zircón.
	Materiales magnéticos.	Ferritos.
	Cermets.	Óxidos metálicos y cerámicos.
	Esmaltes, vidrios.	Arena, carbonato sódico, caliza, feldespato, sulfato y nitrato sódico, bórax y ácido bórico, agentes colorantes y ácido opacificantes.
	Abrasivos.	Carburos de silicio, alúmina.

La dosificación de estas materias primas depende del tipo de producto a conseguir, clasificados de acuerdo a su permeabilidad y grado de vitrificación, o vidriado parcial en sus caras en los productos cerámicos porosos, semipermeables e impermeables.



Esquema Criterios de elección de las materias primas. (Galán & Aparicio, 2010)

Para una correcta caracterización de los engobes, esmaltes y tintas, en primer lugar habrá que definir para contextualizar dentro del tema a tratar, como es la cerámica.

Engobe.

Se denomina engobe, a una suspensión de materiales tanto plásticos como no plásticos más agua. En definitiva, sería la pasta cerámica obtenida al mezclar diferentes arcillas y otros materiales con agua.

Frecuentemente, se añade un defloculante, como pueden ser “silicatos sódicos” (Na_2SiO_3), que le permite reducir al mínimo el contenido acuoso, disminuyendo así la posible contracción o encogimiento que sufre el material.



Se denomina **floculación** al proceso químico por el cual, mediante la adición de sustancias que se hacen llamar “floculantes”, se aglutinan las sustancias -denominadas coloidales- que están presentes en el agua para poder posteriormente facilitar su decantación y posterior filtrado. La floculación tiene muchas utilidades, entre ellas el filtrado de las aguas para su potabilización, así como el tratamiento de las mismas en distintos tipos de industrias.

La mezcla de diferentes arcillas, se puede hacer de diversas maneras siendo más común el uso de un agitador diluidor. Las arcillas que conformen el engobe además, pueden estar o no coloreadas, y una vez mezcladas se usan como soporte a modo de esmalte para modificar el aspecto externo del cerámico, así proporcionará una textura terrosa no vítrea.

Esta aplicación como soporte se añade a la pieza en el denominado estado cuero, o bizcochada.

Cuero en contexto cerámico, definiría al estado cuando las piezas cerámicas crudas han perdido la mayor proporción de agua física, y este momento se reconoce porque los dedos ya no pueden dejar deformaciones en la pasta, por tanto, tiene una consistencia rígida. Se considera éste, el mejor momento para engobar.

Por su parte bizcocho, se entiende a la pieza cerámica ya cocida pero sin esmalte y que está a baja temperatura. Normalmente se deja en este estado, cuando se va a aplicar el esmalte.

Cuando los engobes ya llevan por sí color, se puede acentuar con la aplicación de un vidriado sobre su superficie.

De forma general, la composición de un engobe es la siguiente (DEF Mediterráneo, 2010):

- Material arcilloso.
- Cristal cerámico o esmalte transparente que consigue la adherencia (~ 10%). Se puede hablar del caso de engobes para alta temperatura, en la que añadiendo un poco de feldespatos se le otorga fusibilidad –la capacidad de fundirse- constituyendo un engobe semivítreo.
- Colorante.



Pintura roja.

En ocasiones el engobe se cuartea, debido a que se aplicó a la pieza casi seca una capa demasiado gruesa, dándose la misma situación con arcillas muy plástica, para ello, habrá que ajustar el encogimiento de la arcilla y el de la pasta agregando sustancias como antiplásticos (cuarzo o feldespatos en una proporción que va del 10 al 30%), o también añadiendo un porcentaje de la denominada frita o fundente (aproximadamente del 10 al 15%), así el engobe se adhiere mejor y se acentúan los colores que proporcionan los óxidos.

Engobe.	No más del 10% de fundente. Sólo barro con agua.
Engobes vitrificados o esmaltines.	Material intermedio entre engobe y esmalte. Se consigue añadiendo al engobe del 30 al 50% de esmalte transparente.
Esmalte de arcilla.	Un porcentaje mayor de esmalte que las esmaltinas. Ejemplo 50% de cenizas y arcilla.

Algunos ejemplos de engobes.

Esmalte.

Los esmaltes cerámicos están compuestos principalmente por las denominadas fritas, estando en muchas composiciones cuando se necesita una fase vítrea, aunque sólo sea usado como aglutinante.



Se denomina **frita**, a un esmalte parcial o completamente fundido en un horno hasta ser caracterizado con estructura vítrea, además de enfriado y posteriormente molido. Se usa para esmaltar piezas o en la preparación de otros esmaltes. Así se consigue eliminar la toxicidad de sustancias como plomo y la solubilidad de los fundentes alcalinos.

Por tanto, se puede decir que un esmalte correspondería a una o muchas fritas, con la adición cuando sea necesario de materias primas, pigmentos, sales, etc...Lo que daría lugar a unos efectos que dependiendo de la adición de cada uno de los aditivos, se puede obtener unos resultados casi infinitos.

De forma general, también se puede decir, que el esmalte –en ocasiones también denominado barniz- constituye una suspensión líquida de minerales muy finamente molidos, y que son aplicados a las piezas cerámicas por monococción o bicocción, una vez que éstas han sido previamente decoradas por diferentes técnicas (pincel, baño por inmersión, aspersion por pistola, spray o soplete, etc...).

Una vez barnizadas las piezas se queman nuevamente en el horno, alcanzando la temperatura en donde tenga lugar la fusión de la mezcla de los ingredientes y tenga lugar una estructura vítrea en el fundido, que se adherirá al cuerpo de arcilla proporcionándole un recubrimiento.

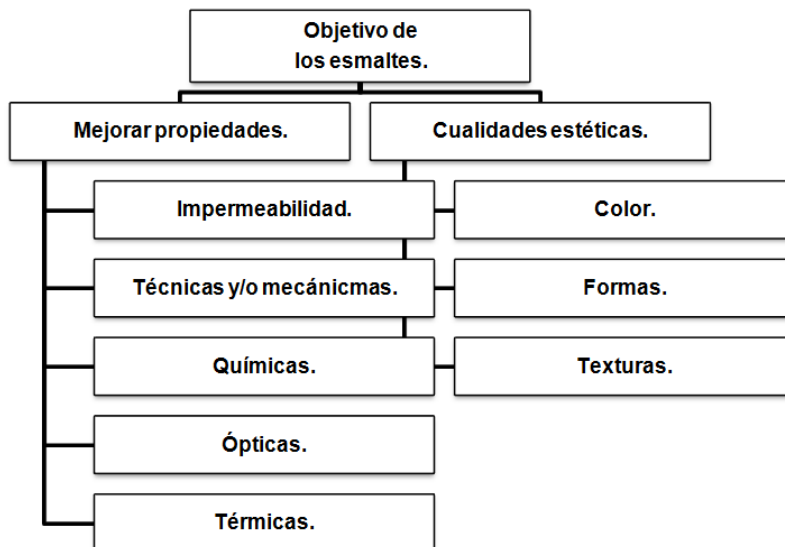


Cuando tiene lugar la monococión, la capa de esmalte reacciona a la vez que lo hace el soporte cerámico.

Se podría resumir diciendo, que el objetivo de los esmaltes cerámicos tiene un doble propósito, por un lado mejorar las propiedades superficiales del producto y por otro, el de otorgarle a la pieza unas características estéticas determinadas.



Taza en esmalte blanco.



Existen gran variedad de esmaltes cerámicos, dadas sus funciones, el aspecto que se le quiere dar al producto final, así como su proceso de fabricación, a partir de esto, existirá diversos criterios para clasificarlos, como por ejemplo:

- Esmaltes de alta o baja temperatura, que será una clasificación basada en la temperatura que pueden llegar a alcanzar en su denominado punto de madurez.
- Esmaltes plúmbicos (de plomo) y alcalinos.



Hilos de plomo, y soldador.

Curiosidad.

Los esmaltes plúmbicos generalmente están formados por silicatos de plomo, que le confieren un carácter más o menos ácido, además de ser altamente fusibles y de alto brillo. Se sabe que el plomo tiene alta toxicidad por tanto, para elementos de uso común se evita usar este tipo de esmaltes. La ventaja es que combina fácilmente con óxidos colorantes y que por contener plomo (cuyo símbolo químico es Pb), disminuyen el coeficiente de dilatación, incluso más que los alcalinos.

Por su parte, los esmaltes alcalinos como su nombre indica, tendrán en su composición óxidos de los mismos, es decir, litio, sodio, potasio, etc...en definitiva, todos los elementos del primer grupo de la tabla periódica, además de componente en cuarzo y un alto porcentaje de alúmina. Se caracterizan por su alta dureza además de su transparencia, aunque normalmente suelen cuartearse sino disponen de una base en su composición de óxidos de boro.

- Esmaltes fundentes, generalmente feldespáticos.
- Esmaltes según la estructura final que van a aportar, como pueden ser barnices mates o cristalinos, transparentes, opacos, satinados, iridiscentes, etc...

Como ya se sabe, la composición de un esmalte la constituirán todos aquellos materiales de diversa naturaleza en función de los resultados que se quieren obtener. Se denomina este proceso de elección de materiales, formulación de esmaltes, que por ejemplo, en el caso de la formulación de esmaltes para obtener propiedades relativas al vidriado habría que hacerlo de forma que se tuvieran en cuenta características técnicas y estéticas específicas, tales como:

- Comportamiento mecánico frente a la flexión, impacto o la abrasión.
- La resistencia frente a productos de limpieza.
- Comportamiento antideslizante.
- Características estéticas, como pueden ser entre otras, la opacidad, brillo o color.

Tintas.

Por la parte de las tintas, son empleadas tanto como en la decoración como en el marcado permanente de objetos cerámicos. Gracias al horneado a elevadísimas temperaturas, hace que la tinta se funda completamente la tinta en el objeto, de modo que la impresión es prácticamente inalterable y por tanto, permanente.

De forma general, las tintas cerámicas, son materiales vidriados o de las denominadas fritas en polvo, que están compuestos por sílice en mayor proporción y fundentes que se mezclan con colores que se obtienen de diversos óxidos metálicos, de ahí que en ocasiones se les llamen pigmentos cerámicos, que son tóxicos cuando se inhalan o se ingieren.



Pigmentos de diversos colores.

Cuando la decoración se hace mediante serigrafía, los polvos se mezclan con un aceite que es el responsable de la aglutinación del polvo, por lo que su empleo tiene lugar cuando el polvo junto al aceite forman un agregado viscoso y denso, que cuando impide su aplicabilidad en ocasiones en las que el sistema ha resultado ser demasiado viscoso y denso, se diluye en solventes orgánicos que además limpian la matriz.

El aceite se consideraría el vehículo para la aplicación del pigmento.

Las tintas de cerámicos, requieren un horneado muy elevado para poder fundirse y acabar adherido al objeto cerámico, que normalmente oscila entre los 690-1300°C. Tras el horneado, las impresiones presentan brillo y alta resistencia a la abrasión, roce y productos químicos.

Para más información, consulta "Clasificación de Pigmentos DCMA " en los anexos al final del libro.

En definitiva, las tintas o pigmentos cerámicos (CeraWiki, 2013), "son componentes químicos que cumpliendo requisito tales como el de soportar las altas temperaturas y estabilidad un vez fundidos, dan color a las distintas formas al esmalte". O también como, "la sustancia inorgánica presente en una proporción del 0,5-5% incluida en una matriz vítrea que genera una coloración uniforme siendo termoestable, e insoluble."

En definitiva, los pigmentos cerámicos son materiales monofásicos (una sola fase) y particulados (formado por partículas), con varias especies químicas cromóforas (responsables de la absorción de la radiación luminosa y reflejar color).

Son cuatro, las teorías con base física y química, que explicarían el color de las sustancias.

Para más información, consulta "Base física del color, y teorías " en los anexos al final del libro.

Los pigmentos, se pueden clasificar en función de diversos criterios, como pueden ser: el color, naturaleza, composición y proceso de fabricación, que refiriéndonos a este último criterio, se puede decir que de forma general los pigmentos cerámicos se obtienen de la misma manera al proceso de obtención general de un cerámico, con la particularidad de que al ser materiales particulados (y por tanto, no sinterizados), tras la cocción existirá una molienda.