# MF0668_3:Fiabilidad y sistemas de control en la fabricación de pastas y de productos cerámicos conformados

Elaborado por: Tamara Teijeira Pernas

Edición: 5.0

EDITORIAL ELEARNING S.L.

ISBN: 978-84-16492-43-5

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

# Índice

UD1. Control de las operaciones y procesos de fabricación de pastas cerámicas ..... 11

1.1. Caracterización y control de materiales ..... 13

1.1.1. Técnicas de muestreo ..... 16

1.1.2. Preparación y puesta a punto de equipos de control ... 21

1.1.3. Establecimiento de condiciones de aceptación y rechazo ..... 25

1.1.4. Técnicas de ensayo ..... 28

1.2. Principales parámetros que deben ser controlados en las etapas de recepción y almacenamiento de materias primas .. 32

1.2.1. Humedad ..... 33

1.2.2. Distribución granulométrica..... 35

1.2.3. Pérdidas por calcinación ..... 39

1.2.4. Contenido en carbonatos de las arcillas ..... 41

1.3. Principales parámetros que deben ser controlados en las etapas de dosificación, molienda y desleído..... 43

1.3.1. Comprobación del caudal de los dosificadores ..... 45

1.3.2. Distribución granulométrica del producto molido..... 48

1.3.3. Parámetros reológicos de barbotinas: viscosidad y comportamiento tixotrópico ..... 51

1.3.4. Densidad y contenido en sólidos de las barbotinas ..... 60

1.3.5. Control de parámetros en los equipos de molienda ..... 62

1.3.6. Control en línea ..... 65

UD2. Control de las operaciones y procesos de fabricación de productos cerámicos conformados ..... 75

2.1. Caracterización y control de materiales ..... 77

2.1.1. Técnicas de muestreo ..... 80

2.1.2. Preparación y puesta a punto de equipos de control ... 83

2.1.3. Establecimiento de condiciones de aceptación y rechazo ..... 86

2.1.4. Técnicas de ensayo ..... 88

2.2. Control de parámetros en los equipos de conformado ..... 105

2.3. Control de parámetros en los equipos de secado ..... 119

2.4. Control de parámetros en los equipos automáticos de esmaltado ..... 124

2.5. Control de parámetros en los equipos automáticos de decoración ..... 130

2.6. Control de parámetros en los equipos de cocción..... 133

2.7. Control de parámetros en los equipos automáticos de tratamientos mecánicos..... 140

2.8. Controles en línea de parámetros de proceso ..... 144

UD3. Control de las operaciones y procesos de fabricación de productos cerámicos conformados ..... 155

3.1. Principales parámetros que deben de ser controlados en la etapa de conformado..... 157

3.1.1. Porosidad, compacidad y densidad aparente..... 160

3.1.2. Resistencia mecánica en verde ..... 167

3.1.3. Velocidad de formación de pared para los procesos de colado ..... 170

3.1.4. Expansión post prensado ..... 174

3.2. Principales parámetros que deben de ser controlados en la etapa de secado ..... 177

3.2.1. Porosidad, compacidad y densidad aparente..... 181

3.2.2. Resistencia mecánica en seco ..... 185

3.2.3. Humedad residual ..... 187

3.3. Principales parámetros que deben de ser controlados en la etapa de esmaltado y decoración..... 190

3.3.1. Comportamiento reológico de las suspensiones de engobes, esmaltes y tintas ..... 197

3.3.2. Peso de esmalte aplicado ..... 200

3.3.3. Comparación con muestras estándar ..... 202

3.4. Principales parámetros que deben de ser controlados en la etapa de cocción..... 205

3.4.1. Absorción de agua y contracción lineal ..... 210

3.4.2. Resistencia mecánica en cocido..... 213

3.4.3. Índice de deformación piroclástica ..... 217

UD4. Determinación de la fiabilidad de pastas cerámicas..... 227

4.1. Concepto de fiabilidad ..... 229

4.2. Medida y ensayos de fiabilidad en pastas ..... 242

4.2.1. Comportamiento reológico de las pastas ..... 246

4.2.2. Compacidad de las pastas..... 251

4.2.3. Comportamiento en el secado..... 254

4.2.4. Comportamiento en la cocción..... 258

4.3. Registro y organización del archivo de datos de control de materias primas y pastas..... 269

4.3.1. Procedimientos de codificación y archivo de documentación técnica de ensayos con pastas..... 273

4.3.2. Trazabilidad..... 278

4.3.3. Conservación de las muestras..... 283

UD5. Determinación de fiabilidad de productos cerámicos conformados..... 293

5.1. Normativa de calidad de productos cerámicos conformados 295

5.1.1. Normativa general ..... 302

5.1.2. Normativa del producto ..... 307

5.1.3. Normativa de ensayo ..... 322

5.1.4. Medida y pruebas de fiabilidad ..... 332

5.2. Registro y organización del archivo de datos de control de productos cerámicos conformados ..... 340

5.2.1. Procedimientos de codificación y archivo de documentación técnica de ensayos de productos acabados ..... 350

5.2.2. Trazabilidad..... 356

5.2.3. Conservación de las muestras..... 360

UD6. Aplicación de las normas de seguridad en el laboratorio cerámico..... 371

6.1. Reactivos y materiales utilizados: toxicidad y peligrosidad .... 373

6.2. Precauciones que se deben adoptar para la manipulación y almacenamiento de reactivos y materiales..... 399

6.3. Identificación y prevención de los riesgos derivados de las operaciones de control de materiales y productos cerámicos ..... 420

# Índice

Glosario ..... 451

Soluciones ..... 455

Anexo ..... 457

Área: vidrio y cerámica

# Presentación

## Identificación del Módulo Formativo

Bienvenido a la Módulo Formativo **MF0668_3: Fiabilidad y sistemas de control en la fabricación de pastas y de productos cerámicos conformados**. Este Módulo Formativo pertenece al Certificado de Profesionalidad V**ICF0211: Organización de la fabricación de productos cerámicos**, que forma parte de la familia de **Vidrio y Cerámica.**

## Presentación de los contenidos

La finalidad de esta Unidad Formativa es enseñar al alumno a controlar los procesos de fabricación de pastas y de productos cerámicos conformados.

Para ello, en primer lugar se analizará el control de las operaciones y procesos de fabricación de pastas cerámicas y productos cerámicos conformados. También se estudiará la determinación de la fiabilidad de pastas cerámicas y los productos cerámicos conformados. Por último, se profundizará en la aplicación de las normas de seguridad en el laboratorio cerámico.

## Objetivos del Módulo Formativo

Al finalizar este módulo formativo aprenderás a:

– Analizar métodos para el control de la producción y de los medios de fabricación en industrias de fabricación de pastas cerámicas.

- Analizar métodos para el control de la producción y de los medios de fabricación en industrias de fabricación de productos cerámicos conformados

- Aplicar técnicas y procedimientos de control de materias primas, semielaborados, pastas y productos cerámicos conformados.

- Determinar la fiabilidad de pastas y productos cerámicos conformados, de acuerdo con la normativa de producto relacionad, aplicando los correspondientes procedimientos de ensayo.

- Analizar las condiciones de seguridad necesarias para el desarrollo de las operaciones de control de materias primas, pastas y productos cerámicos conformados.

# UD1

## Control de las operaciones y procesos de fabricación de pastas cerámicas

1.1. Caracterización y control de materiales

1.1.1. Técnicas de muestreo

1.1.2. Preparación y puesta a punto de equipos de control

1.1.3. Establecimiento de condiciones de aceptación y rechazo

1.1.4. Técnicas de ensayo

1.2. Principales parámetros que deben ser controlados en las etapas de recepción y almacenamiento de materias primas

1.2.1. Humedad

1.2.2. Distribución granulométrica

1.2.3. Pérdidas por calcinación

1.2.4. Contenido en carbonatos de las arcillas

1.3. Principales parámetros que deben ser controlados en las etapas de dosificación, molienda y desleído

1.3.1. Comprobación del caudal de los dosificadores

1.3.2. Distribución granulométrica del producto molido

1.3.3. Parámetros reológicos de barbotinas: viscosidad y comportamiento tixotrópico

1.3.4. Densidad y contenido en sólidos de las barbotinas

1.3.5. Control de parámetros en los equipos de molienda

1.3.6. Control en línea

## 1.1. Caracterización y control de materiales

Definición

La pasta cerámica es un material derivado de la mezcla de arcilla, desgrasante y fundente, en donde el desgrasante es el aditivo corrector que se añade a la arcilla para corregir su plasticidad, y el fundente es el encargado de disminuir la porosidad (manteniendo la misma porosidad para una menor temperatura de cocción), y mejorar la vitrificación.

El proceso de fabricación de pastas cerámicas empieza con la selección de las materias primas que la componen.

Estas materias primas son principalmente:

– **Arcillas**: estas, dependiendo del proceso geológico en el que se formaron, pueden ser primarias (se caracterizan por ser encontradas en el mismo yacimiento en el que se originaron, como por ejemplo el caolín) o secundarias (son las que se encuentran en distinto lugar del que se formaron, como por ejemplo el barro de superficie y el gres). Presenta diferentes coloraciones en función de las impurezas que contienen (desde rojo anaranjado a blanco).

  · Caolín (o caolinita): es un tipo de arcilla de color blanco después de la cocción, y de composición muy pura. Se puede encontrar en dife-

rentes puntos de España (como por ejemplo en Zamora y Cuenca), y en otros lugares del mundo como en Inglaterra, Malasia y Argentina.

– **Feldespatos**: se pueden clasificar en tres grupos, que son los feldespatos potásicos (como la ortosa y el hialofano), las plagioclasas (como por ejemplo la albita, la andesina y la labradorita) y otros tipos de feldespatos (como el feldespato de bario y el de amonio). Se pueden presentar en diferentes colores, y su dureza en la escala de Mohs presenta valores de entre 4-5.

– **Arenas**: se forman a partir de roca disgregada. La propiedad más destacable a la hora de evaluar este tipo de materiales es su granulometría, ya que varía en un amplio rango de dimensiones, y está comprendida entre los 0, 0,06 mm y los 2 mm. Si sus granos son de mayor tamaño se denominan gravas (entre 2 – 64 mm), y si sus granos son menores (0,004 – 0,06 mm) se denominan limos.

– **Carbonatos**: son sales que se derivan del ácido carbónico ($H_2CO_3$) y, en su mayor parte, son poco solubles en agua, lo que da lugar a que formen parte de muchos minerales y rocas. El carbonato más común es el carbonato cálcico ($CaCO_3$).

Sabías que

Para la elaboración de pastas cerámicas, es imprescindible la utilización de agua en un porcentaje variable en función del producto a obtener.

Para este tipo de procesos, las materias primas se utilizan habitualmente tal y como son extraídas de la mina o cantera de origen, o después de ser sometidas a un tratamiento mínimo.

*Minero saliendo de mina con cesta de arena*

En la mayoría de los casos, la procedencia natural de las mismas, hace que sea necesaria una homogenización previa de este tipo de materiales, con la finalidad de asegurar la continuidad de sus características propias.

Cabe destacar que la calidad de un producto terminado, sobre todo en el ámbito de la industria cerámica, depende de la calidad de todas las operaciones y etapas de su elaboración. Esto quiere decir que se deben de controlar todos y cada uno de los procesos de elaboración por separado, comenzando por el control de las materias primas, teniendo presente que sus características condicionan el resultado del proceso y con ello la nobleza del producto final.

Por tanto el control es imprescindible, ya que una pequeña irregularidad (poco perceptible) de uno de los componentes que integran la pasta cerámica, por ejemplo, puede desencadenar una serie de defectos que se podrán percibir

en fases posteriores, como en la fase de preparación, en la fase de secado o al cabo de la primera o de la segunda cocción. La consecuencia de este tipo de trastornos, es el incremento de los desechos o de los productos acabados sin salida comercial o de rechazo.

Importante

Hay que tener en cuenta que el control de calidad de las materias primas es una operación, además de imprescindible, rentable para una empresa. La inversión en el control de calidad de materias primas para la fabricación de pasta cerámica es pequeña en comparación con los riesgos que cubre.

Hoy en día, muchas fábricas utilizan las materias primas después de su recepción, saltándose el paso de su almacenamiento, reduciendo el estocaje de los productos y minimizando la preparación de las mismas.

### 1.1.1. Técnicas de muestreo

Definición

Una muestra es una parte o trozo de una cosa que se considera representativa del total, y que se toma o se separa con la finalidad de evidenciar la calidad del conjunto a partir de ciertas técnicas de muestreo, para someterla a estudio, análisis o experimentación. Llamamos lote a la cantidad de producto que se va a muestrear.

Las muestras para la caracterización de las materias primas deben de tomarse de forma sistemática, ya que la calidad de la información de los parámetros a analizar irá en función de la frecuencia, de la densidad de las muestras y de la técnica de muestreo.

Importante

El principal objetivo de las técnicas de muestreo es el de obtener una muestra representativa y homogénea del material a estudiar. Uno de los principales errores que se comete a la hora de lleva a cabo este tipo de actividades, es la de enviar al laboratorio muestras que no representan el lote del que fueron extraídas, y esperar que esta muestra indique la composición del conjunto completo.

*Sacos de arena para muestras*

Hay diferentes técnicas o tipos de sistemas de muestreo, que se aplicarán a los diferentes casos que puedan presentarse. Todas estas técnicas son sencillas, pero requieren el cuidado necesario para que la muestra sea representativa.

Si el lote se presenta en forma homogénea, no importa la cantidad de la muestra, ya que ésta siempre presenta las mismas características del total. Pero cabe destacar que la homogeneidad rigurosa, cuando hablamos de arcillas, feldespatos o arenas, no se presenta en situaciones habituales, ya que este tipo de materiales están compuestos por partículas de diferentes característi-

cas (distintos tamaños de grano, densidad y composición química), lo que quiere decir que, junto a una partícula pueda haber otras de propiedades completamente diferentes, lo que otorga heterogeneidad a este tipo de lotes.

*Arena con diferentes tamaños de grano*

Importante

Una muestra puede llegar a conservar las características del lote (con ciertos límites de precisión previamente acordados), dependiendo de la forma de realizar el muestreo. Este tipo de muestras se denominan "muestras representativas".

Hay que saber que para llevar a cabo un muestreo de forma correcta, deben de tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

– Tamaño máximo de las partículas.

– Si buscamos un elemento concreto, hay que tener en cuenta la abundancia de las especies mineralógicas que lo portan.

– Tamaño medio de grano de especies útiles.

– Objetivos del muestreo

– Errores del método de análisis a llevar a cabo.

| | |
|---|---|
| Aspectos a considerar | Tamaño máximo de patículas |
| | Abundancia de especies de cada material |
| | Tamaño medio de grano |
| | Objetivos del muestreo |
| | Errores del método |

Sabías que

El tamaño de la muestra estará determinado en mayor medida por el tamaño máximo de las partículas, y, si buscamos un elemento concreto, por la abundancia de las especies mineralógicas que lo portan.

Es importante indicar que existen diferentes métodos de muestreo susceptibles a analizar las materias primas que darán como resultado pastas cerámicas. Los más conocidos en la evaluación de las características de este tipo de materiales son los siguientes:

- **Métodos de muestreo aleatorios:** permiten que todos los elementos de un lote tengan las mismas probabilidades de ser seleccionados para su análisis. Para llevar a cabo este tipo de operaciones conviene dividir el volumen del lote en unidades más pequeñas y luego enumerarlas para escoger aleatoriamente una de ellas.

- **Métodos de muestreo sistemáticos periódicos:** suelen ser más habituales que los aleatorios. Para llevar a cabo este tipo de técnicas se divide el volumen del lote en unidades más pequeñas, y a continuación se seleccionan muestras entre intervalos más o menos iguales en términos de espacio o número, siendo la primera de las muestras seleccionadas al azar. Cuando existen oscilaciones en la composición del lote, se recomienda escoger muestras lo menos espaciadas posible.

Sabías que

En múltiples ocasiones el muestreo para el análisis de las materias primas para la elaboración de pastas cerámicas resulta inapropiado, al no proceder bajo ningún tipo de método sistemático, y al no existir procedimientos documentados que sirvan de guía para el procedimiento de la metodología a seguir.

---

Por tanto, este tipo de técnicas deben de tener las siguientes características:

- Serán llevados a cabo de forma **periódica**.

- Se realizarán **frecuentemente**.

- Su ejecutarán de manera **sistemática**.