

PROCESO DE FABRICACIÓN DE BALDOSAS CERÁMICAS

El proceso de fabricación de baldosas cerámicas se desarrolla en una serie de etapas sucesivas, que pueden resumirse del modo siguiente:

Preparación de las materias primas.

Conformación y secado en crudo de la pieza

Cocción o cocciones, con o sin esmaltado

Tratamientos adicionales

Clasificación y embalaje

Dependiendo de que el producto a fabricar sea esmaltado o no, de que éste se fabrique por un procedimiento de monococción, bicocción o tercer fuego, en un determinado proceso se realizará o no el esmaltado, o se modificará la secuencia de las etapas de esmaltado y de cocción en la forma adecuada. (Figura 1.)

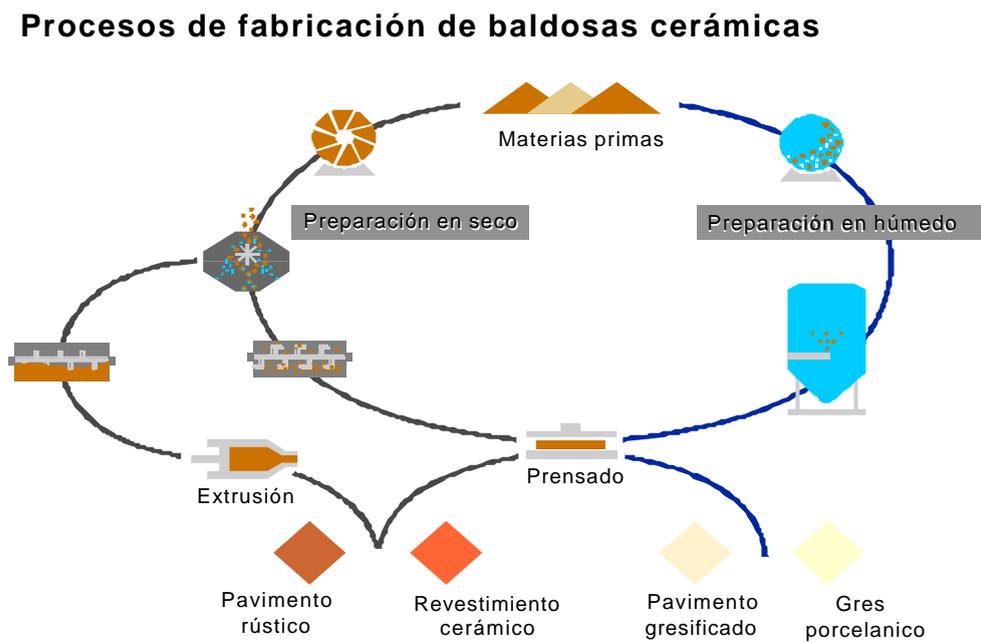


Figura 1. Diagrama de los procesos de fabricación considerados

Preparación de materias primas - Molienda en húmedo - Atomización - Prensado - Secado - (Cocción) - Esmaltado - Cocción (Variante sin esmaltado y con/sin pulido) (Variante con cogeneración)

Preparación de materias primas - Molienda en seco - Prensado - (Cocción) - Esmaltado - Cocción.

Preparación de materias primas - Amasado - Extrusión - (Esmaltado) - Cocción.

Preparación de las materias primas.

El proceso cerámico comienza con la selección de las materias primas que deben formar parte de la composición de la pasta, que son fundamentalmente arcillas, feldespatos, arenas, carbonatos y caolines.

En la industria cerámica tradicional las materias primas se suelen utilizar, por lo general, tal y como se extraen de la mina o cantera, o después de someterlas a un mínimo tratamiento. Su procedencia natural exige, en la mayoría de los casos, una homogeneización previa que asegure la continuidad de sus características.

Molturación por vía seca o por vía húmeda.

Una vez realizada la primera mezcla de los distintos componentes de la pasta cerámica, ésta se somete por lo general a un proceso de molturación, que puede ser vía seca (molinos de martillos o pendulares) o vía húmeda (molinos de bolas continuos o discontinuos).

El material resultante de la molturación presenta unas características distintas si aquella se efectúa por vía seca o por vía húmeda. En el primer caso se produce una fragmentación, manteniéndose tanto los agregados como los aglomerados de partículas, siendo el tamaño de partículas resultante (existen partículas mayores de 300 micras) superior al obtenido por vía húmeda (todas las partículas son menores de 200 micras). Al elegir el tipo de molturación a emplear, un factor decisivo lo constituye el coste de la inversión a realizar en cada caso.

Molturación por vía húmeda y secado de la composición por atomización

El procedimiento que se ha impuesto totalmente en la fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos por monococción, como consecuencia de las importantes mejoras técnicas que supone, es el de vía húmeda y posterior secado de la suspensión resultante por atomización. (Figura 2.)

Proceso de fabricación de baldosas cerámicas

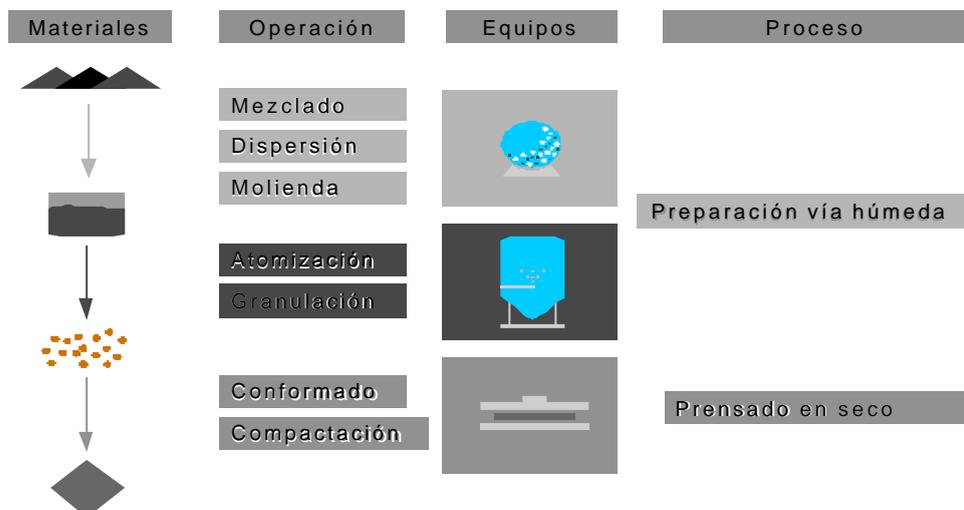


Figura 2.

En el procedimiento de vía húmeda, las materias primas pueden introducirse total o parcialmente en el molino de bolas, que es lo habitual, o desleírse directamente.

A la suspensión resultante (barbotina) se le elimina una parte del agua que contiene hasta alcanzar el contenido en humedad necesario para cada proceso. El método más utilizado en la fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos es el secado por atomización.

El proceso de atomización es un proceso de secado, por el cual una suspensión pulverizada en finas gotas, entra en contacto con aire caliente para producir un producto sólido de bajo contenido en agua.

El contenido en humedad presente en la suspensión (barbotina), suele oscilar entorno a 0,30-0,45 kg. de agua / kg. de sólido seco, este contenido en agua tras el proceso de atomización se reduce a 0,05-0,07 kg. de agua / kg. de sólido seco.

El proceso de secado por atomización se desarrolla según el esquema de la Figura 3:

Bombeo y pulverización de la suspensión.

Generación y alimentación de los gases calientes.

Secado por contacto gas caliente-gota suspensión.

Separación del polvo atomizado de los gases.

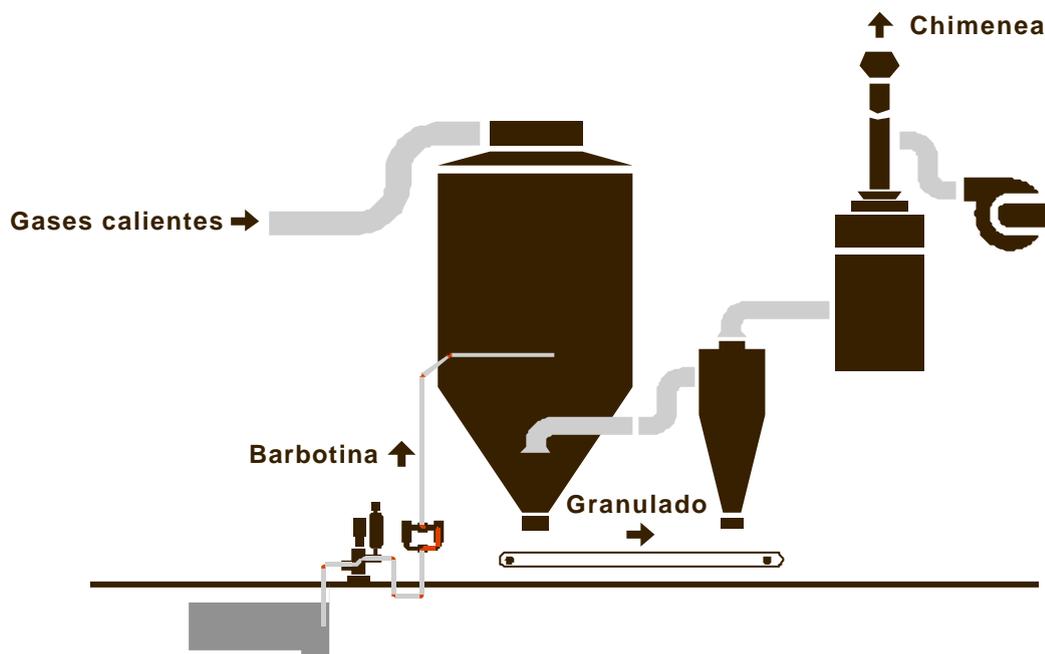


Figura 3.- Esquema del proceso de secado por atomización

Los atomizadores operan siguiendo la siguiente secuencia: la barbotina procedente de las balsas de almacenamiento de las plantas de molienda, con un contenido en sólidos entre el 60 y el 70 % y con una viscosidad adecuada (alrededor de 1000cp.), es bombeada por medio de bombas de pistón al sistema de pulverización de la barbotina.

La barbotina finamente nebulizada y dividida, se seca poniéndola en contacto con una corriente de gases calientes. Estos gases provienen de un quemador convencional aire-gas natural o son los gases de escape de una turbina de cogeneración.

El granulado, con una humedad entre el 5,5 y el 7%, es descargado en una cinta transportadora y llevado a los silos para su posterior prensado.

La corriente de gases utilizada para secar la barbotina y obtener el polvo atomizado es eliminada por la parte superior del atomizador conteniendo un elevado grado de humedad y partículas de polvo muy finas en suspensión.

La implantación del proceso de secado por atomización para la obtención de la materia prima del soporte (polvo atomizado), conlleva unas importantes ventajas que favorecen el desarrollo de las posteriores etapas del proceso de fabricación. Una de las ventajas más importantes es la obtención de gránulos más o menos esféricos, huecos en su interior y muy uniformes, lo que confiere al polvo atomizado una elevada fluidez, facilitando las operaciones de llenado de los moldes de las prensas y prensado de piezas de gran formato.

Otras ventajas a destacar son la consecución de dos operaciones, secado y granulación, a la vez y con el mismo equipo. Por otra parte el control de las variables del proceso presentan una gran simplicidad aunque, debe tenerse en cuenta, la elevada rigidez en las condiciones límites de operación, que vienen impuestas por las características geométricas y constructivas de la instalación. Además cabe destacar el carácter continuo del proceso, por lo que puede ser automatizado.

En cuanto al coste energético de este proceso de secado es muy elevado pero se consigue aumentar la rentabilidad del mismo, por el aprovechamiento del calor de los gases y generación de electricidad mediante la implantación de turbinas de cogeneración.

Amasado.

El proceso de amasado consiste en el mezclado íntimo con agua de las materias primas de la composición de la pasta, con esto se consigue una masa plástica fácilmente moldeable por extrusión.

Conformación de las piezas.

Prensado en seco.

El procedimiento predominante de conformación de las piezas es el prensado en seco (5-7% de humedad), mediante el uso de prensas hidráulicas. Este procedimiento de formación de pieza opera por acción de una compresión mecánica de la pasta en el molde y representa uno de los procedimientos más económicos de la fabricación de productos cerámicos de geometría regular.

El sistema de prensado se basa en prensas oleodinámicas que realizan el movimiento del pistón contra la matriz por medio de la compresión de aceite y presentan una serie de características como son: elevada fuerza de compactación, alta productividad, facilidad de regulación y constancia en el tiempo del ciclo de prensado establecido.

Las prensas se han desarrollado mucho en los últimos años y son equipos con automatismos muy sofisticados fácilmente regulables y muy versátiles.

Extrusión.

Básicamente el procedimiento de con formación de pieza por extrusión consiste en hacer pasar una columna de pasta, en estado plástico, a través de una matriz que forma una pieza de sección constante.

Los equipos que se utilizan constan de tres partes principales: el sistema propulsor, la matriz y la cortadora. El sistema propulsor mas habitual es el sistema de hélice.

Secado de piezas conformadas.

La pieza cerámica una vez conformada se somete a una etapa de secado, con el fin de reducir el contenido en humedad de las piezas tras su conformado hasta niveles los suficientemente bajos (0,2-0,5 %), para que las fases de cocción y, en su caso, esmaltado se desarrollen adecuadamente

En los secaderos que normalmente se utilizan en la industria cerámica, el calor se transmite mayoritariamente por convección, desde gases calientes a la superficie de la pieza, participando ligeramente el mecanismo de radiación desde dichos gases y desde las paredes del secadero a dicha superficie.

Por lo tanto, durante el secado de piezas cerámicas, tiene lugar simultánea y consecutivamente un desplazamiento de agua a través del sólido húmedo y a través del gas. El aire que se utiliza debe ser lo suficientemente seco y caliente, pues se utiliza, no sólo para eliminar el agua procedente del sólido sino también para suministrar la energía en forma de calor, que necesita esa agua para evaporarse.

Actualmente el secado de las piezas se realiza en secaderos verticales u horizontales. Tras el conformado de las piezas éstas se introducen en el interior del secadero, en donde se ponen en contacto en contracorriente con gases calientes. Estos gases calientes son aportados por un quemador aire-gas natural o por gases calientes procedentes de la chimenea de enfriamiento del horno. El principal mecanismo de transmisión de calor entre el aire y las piezas es el de convección.

En los secaderos verticales las piezas se colocan en planos metálicos, formando entre varios planos diferentes unidades denominadas habitualmente "cestones". El conjunto de cestones se mueve por el interior del secadero verticalmente, entrando el conjunto cestón-pieza en contacto con los gases calientes. Normalmente la temperatura en este tipo de secaderos es inferior a 200°C y los ciclos de secado suelen estar entre los 35 y 50 minutos.

La concepción de los secaderos horizontales es del tipo horno monoestrato de rodillos. Las piezas se introducen en diversos planos en el interior del secadero y se mueven horizontalmente en su interior por encima de los rodillos. El aire caliente, que entra en contacto en contracorriente con las piezas, es aportado por quemadores situados en los laterales del horno. La temperatura máxima en este tipo de instalaciones suele ser mayor que en el caso de los secaderos verticales (alrededor de los 350°C) y los ciclos de secado son menores, entre 15 y 25 minutos.

En general los secaderos horizontales tienen un consumo menor que los verticales, debido a la mejor disposición de las piezas dentro del secadero y a la menor masa térmica.

La emisión resultante de la operación de secado es una corriente de gases a temperatura del orden de los 110°C y con muy baja concentración de partículas en suspensión arrastradas de la superficie de las piezas por esta corriente.

Cocción o cocciones, con o sin esmaltado.

En los productos no esmaltados, tras la etapa de secado se realiza la cocción. Asimismo, en el caso de productos esmaltados fabricados por bicocción, tras el secado de las piezas en crudo se realiza la primera cocción.

Esmaltado.

El esmaltado consiste en la aplicación por distintos métodos de una o varias capas de vidriado con un espesor comprendido entre 75-500 micras en total, que cubre la superficie de la pieza. Este tratamiento se realiza para conferir al producto cocido una serie de propiedades técnicas y estéticas, tales como: impermeabilidad, facilidad de limpieza, brillo, color, textura superficial y resistencia química y mecánica.

La naturaleza de la capa resultante es esencialmente vítrea, aunque incluye en muchas ocasiones elementos cristalinos en su estructura.

Esmaltes y fritas

El vidriado, al igual que la pasta cerámica, está compuesto por una serie de materias primas inorgánicas. Contiene sílice como componente fundamental (formador de vidrio), así como otros elementos que actúan como fundentes (alcalinos, alcalinoterreos, boro, cinc, etc.), como opacificantes (circonio, titanio, etc.), como colorantes (hierro, cromo, cobalto, manganeso, etc.).

Dependiendo del tipo de producto, de su temperatura de cocción, y de los efectos y propiedades a conseguir en el producto acabado, se formula una amplia variedad de esmaltes.

En otros procesos cerámicos (porcelana artística, sanitarios) se utilizan en la formulación de vidriados única y exclusivamente materias primas cristalinas, naturales o de síntesis, que aportan los óxidos necesarios. En cambio, en el proceso de pavimentos y revestimientos cerámicos se vienen usando materias primas de naturaleza vítrea (fritas), preparadas a partir de los mismos materiales cristalinos sometidos previamente a un tratamiento térmico de alta temperatura.

Fritas: Naturaleza, ventajas, composición y fabricación.

Las fritas son compuestos vítreos, insolubles en agua, que se obtienen por fusión a temperatura elevada (1500°C) y posterior enfriamiento rápido de mezclas predeterminadas de materias primas. La gran mayoría de los esmaltes que se utilizan en la fabricación industrial de pavimentos y revestimientos cerámicos tienen una parte fritada en mayor o menor proporción en su composición, pudiéndose tratar en algunos casos de una sola frita o de mezclas de diferentes tipos de fritas.

La utilización de fritas presenta las siguientes ciertas ventajas frente al empleo de materias primas sin fritar, para una composición química dada:

Insolubilización de algunos elementos químicos,

Disminución de la toxicidad, el material vítreo obtenido, por su tamaño y estructura, tiene menor tendencia a la formación de polvo ambiental que las materias primas de las que proviene, disminuyendo de esta forma el peligro asociado a su toxicidad.

Ampliación del intervalo de temperaturas de trabajo del esmalte, debido a que no poseen puntos definidos de fusión.

El proceso de fabricación de fritas, comúnmente llamado fritado, tiene como objetivo la obtención de un material vítreo insoluble en agua, mediante fusión y posterior enfriamiento de mezclas diferentes materiales.

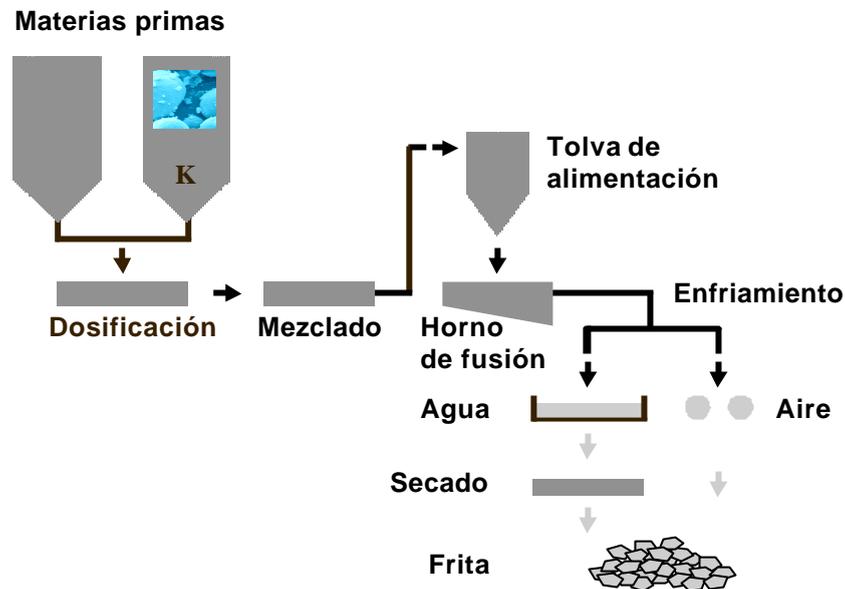


Figura 4. Proceso de fritado

El proceso comienza con una dosificación de las materias primas, previamente seleccionadas y controladas, en la proporción establecida. Mediante transporte neumático se trasladan las diferentes materias primas a una mezcladora (Figura 4).

Existen gran variedad de fritas cerámicas, que difieren en su composición química y en las características físicas relacionadas con ésta. Como se ha explicado previamente, los componentes que por sí son solubles o tóxicos se aportan siempre en forma fritada para reducir considerablemente su solubilidad; así sucede con el plomo, el boro, los alcalinos y algunos otros elementos minoritarios. El resto de componentes pueden ser utilizados en forma fritada o como materia prima cristalina, dependiendo del efecto que se busca.

Las fritas pueden clasificarse atendiendo a muy diversos criterios: en función de su composición química (plúmbicas, borácicas, etc.), de sus características físicas (opacas, transparentes, etc.), de su intervalo de fusión (fundentes, duras), etc. En la actualidad se han desarrollado una serie de fritas, destinadas a determinados procesos de producción, que engloban varias de las características buscadas, y que hacen todavía más difícil la clasificación de las fritas cerámicas.

La mezcla de materias primas pasa a una tolva de alimentación, desde la que entra al horno, donde tiene lugar el fritado propiamente dicho. La alimentación del horno se lleva a cabo mediante un tornillo sin fin, cuya velocidad controla el flujo másico de material alimentado al horno. El tiempo de permanencia del material en el interior del horno viene definido por la velocidad de fusión de las materias primas y por la fluidez del material fundido.

El horno está dotado de quemadores alimentados con gas natural, utilizándose como comburente aire u oxígeno. Estos sistemas permiten alcanzar temperaturas comprendidas entre 1400-1600°C, necesarias para llevar a cabo este tipo de procesos.

Los gases de combustión antes de ser expulsados al exterior a través de la chimenea se les hace pasar por un intercambiador de calor, con el fin de recuperar energía para precalentar el aire de combustión .

El proceso de fritado puede desarrollarse en continuo, empleándose hornos continuos con enfriamiento del fundido con agua o con aire y en discontinuo, con hornos rotatorios y enfriamiento por agua.

Los hornos continuos tienen su base está inclinada con el fin de facilitar el descenso de la masa fundida. En la salida se sitúa un rebosadero y un quemador que actúa directamente sobre el líquido viscoso en que se ha convertido la frita a la salida, evitando su brusco enfriamiento al contacto con el aire y facilitando el vaciado en continuo del horno.

El enfriamiento puede realizarse:

Con agua. El material fundido cae directamente sobre agua, lo cual provoca su inmediato enfriamiento. Al mismo tiempo, y debido al choque térmico, se produce la rotura del vidrio en pequeños fragmentos de forma irregular. Estos se suelen extraer del agua mediante un tornillo sin fin, posteriormente transportándolos a un secadero para eliminarles la humedad del tratamiento anterior.

Con aire. En este caso la masa fundida se hace pasar a través de dos cilindros, enfriados en su interior por aire, obteniendo un sólido laminado muy frágil, que se rompe con facilidad en pequeñas escamas.

El proceso intermitente se lleva a cabo en el caso que se desee fabricar fritas de menor demanda. En este caso el proceso de fusión se realiza en un horno rotatorio y normalmente el enfriamiento de la frita se realiza por agua, siendo éstas las únicas diferencias con respecto al proceso continuo

El horno rotatorio consiste en un cilindro de acero revestido interiormente con refractario y dotado de un sistema de movimentación que permite la homogeneización de la masa fundida. En un extremo del horno se sitúa un quemador que dirige la llama hacia el interior del horno.

Tanto en el proceso continuo como en el intermitente, los humos procedentes de la fusión, contienen compuestos gaseosos procedentes de la combustión, gases procedentes de las volatilizaciones de las materias primas alimentadas y partículas arrastradas por los gases de combustión en su salida del horno. Es importante destacar que la composición de éstas partículas es parecida a la de la frita que se está produciendo en cada momento.

Esmaltes: Preparación y aplicación. Decoración.

El proceso de preparación de los esmaltes consiste normalmente en someter a la frita y aditivos a una fase de molienda, en molino de bolas de alúmina, hasta obtener un rechazo prefijado. A continuación se ajustan las condiciones de la suspensión acuosa cuyas características dependen del método de aplicación que se vaya a utilizar.

El esmaltado de las piezas cerámicas se realiza en continuo y los métodos de aplicación más usuales en la fabricación de estos productos cerámicos son: En cortina, por pulverización, en seco o las decoraciones.

La serigrafía es la técnica mayoritariamente utilizada para la decoración de baldosas cerámicas, debido a su facilidad de aplicación en las líneas de esmaltado. Esta técnica

se utiliza tanto en monococción como en bicocción y tercer fuego, y consiste en la consecución de un determinado diseño que se reproduce por aplicación de una o varias pantallas superpuestas (telas tensadas de una luz de malla determinada). Estas pantallas presentan la totalidad de su superficie cerrada por un producto endurecedor, dejando libre de paso únicamente el dibujo que se va a reproducir. Al pasar sobre la pantalla un elemento que ejerce presión (rasqueta), se obliga a la pasta serigráfica a atravesarla, quedando la impresión sobre la pieza.

Cocción de las piezas.

La cocción de los productos cerámicos es una de las etapas más importantes del proceso de fabricación, ya que de ella dependen gran parte de las características del producto cerámico: resistencia mecánica, estabilidad dimensional, resistencia a los agentes químicos, facilidad de limpieza, resistencia al fuego, etc.

Las variables fundamentales a considerar en la etapa de cocción son, el ciclo térmico (temperatura-tiempo, Figura 5), y la atmósfera del horno, que deben adaptarse a cada composición y tecnología de fabricación, dependiendo del producto cerámico que se desee obtener.

Ciclo de cocción

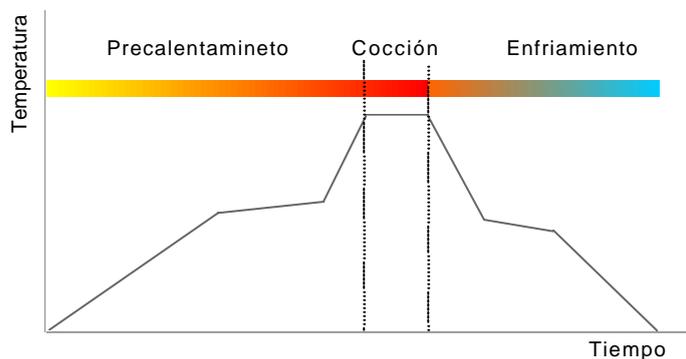


Figura 5.

La operación de cocción consiste en someter a las piezas a un ciclo térmico, durante el cual tienen lugar una serie de reacciones en la pieza que provocan cambios en su microestructura y les confieren las propiedades finales deseadas.

Cocción única, monococción y bicocción.

Los materiales cerámicos pueden someterse a una, dos o más cocciones. Las baldosas no esmaltadas reciben una única cocción; en el caso de baldosas esmaltadas, pueden someterse a una cocción tras la aplicación del esmalte sobre las piezas crudas (proceso de monococción), o someterse a una primera cocción para obtener el soporte, al que se aplica el esmalte para someterlo luego a una segunda cocción (proceso de bicocción). En algunos materiales decorados se aplica una tercera cocción a menor temperatura.

En ocasiones puede haber un secado adicional tras la etapa de esmaltado. Esta se lleva a cabo inmediatamente antes de introducir el material en el horno, con el fin de reducir el contenido en humedad de las piezas hasta niveles suficientemente bajos para que la etapa de cocción se desarrolle adecuadamente.

Cocción rápida.

La cocción rápida de las baldosas cerámicas, actualmente predominante, se realiza actualmente en hornos monoestrato de rodillos, que han permitido reducir extraordinariamente la duración de los ciclos de cocción hasta tiempos inferiores a los 40 minutos, debido a la mejora de los coeficientes de transmisión de calor de las piezas, y a la uniformidad y flexibilidad de los mismos.

En los hornos monoestrato, las piezas se mueven por encima de los rodillos y el calor necesario para su cocción es aportado por quemadores gas natural-aire, situados en las paredes del horno. Los mecanismos principales de transmisión de calor presentes durante este proceso son la convección y la radiación. (Figura 6).

Esquema de horno monoestrato

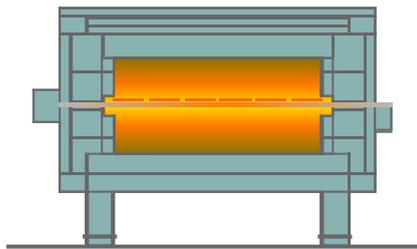


Figura 6.

Al tratarse de hornos no muflados el contacto de los gases con el producto es directo, lo cual mejora los coeficientes de transporte de calor, disminuyendo la duración del ciclo de cocción, reduciendo el consumo energético y aumentando la flexibilidad de éstos hornos respecto a los anteriormente empleados para este proceso.

Los gases calientes resultantes de la operación de cocción se emiten a la atmósfera por dos focos emisores. Por una parte los humos procedentes de la zona de precalentamiento y cocción, se emiten al exterior por una chimenea que se encuentra a la entrada del horno y los humos de la zona de enfriamiento se emiten por una chimenea que se encuentra a la salida del horno.

Los humos procedentes del proceso de precalentamiento y cocción se componen principalmente de sustancias procedentes de la combustión y compuestos gaseosos de carácter contaminante procedentes de la descomposición de las materias primas y partículas de polvo en suspensión. En cuanto a los humos de la etapa de enfriamiento se trata de aire caliente, pudiendo contener partículas de polvo.

Tratamientos adicionales.

En algunos casos, en particular en baldosas de gres porcelánico, se realiza una

operación de pulido superficial de las piezas cocidas con lo que se obtienen baldosas homogéneas brillantes no esmaltadas.

Clasificación y embalado.

Por último con la etapa de clasificación y embalado finaliza el proceso de fabricación del producto cerámico.

La clasificación se realiza mediante sistemas automáticas con equipos mecánicos y visión superficial de las piezas. El resultado es un producto controlado en cuanto a su regularidad dimensional, aspecto superficial y características mecánicas y químicas.