

Plásticos:

El desarrollo de estas sustancias se inició en 1860, cuando el fabricante estadounidense de bolas de billar Pelan and Collander ofreció una recompensa de 10.000 dólares a quien consiguiera un sustituto aceptable del marfil natural. Una de las personas que optaron al premio fue el inventor estadounidense Wesley Hyatt, quien desarrolló un método de procesamiento a presión de la piroxilina, un nitrato de celulosa de baja nitración tratado previamente con alcanfor y una cantidad mínima de disolvente de alcohol. Si bien Hyatt no ganó el premio, su producto, patentado con el nombre de celuloide, se utilizó para fabricar diferentes objetos, desde placas dentales a cuellos de camisa. El celuloide tuvo un notable éxito comercial a pesar de ser inflamable y de su deterioro al exponerlo a la luz.

Durante las décadas siguientes aparecieron de forma gradual más tipos de plásticos. Se inventaron los primeros plásticos totalmente sintéticos: un grupo de resinas desarrollado hacia 1906 por el químico estadounidense de origen belga Leo Hendrik Baekeland, y comercializado con el nombre de baquelita. Entre los productos desarrollados durante este periodo están los polímeros naturales alterados, como el rayón, fabricado a partir de productos de celulosa.

En 1920 se produjo un acontecimiento que marcaría la pauta en el desarrollo de materiales plásticos. El químico alemán Hermann Staudinger aventuró que éstos se componían en realidad de moléculas gigantes. Los esfuerzos dedicados a probar esta afirmación iniciaron numerosas investigaciones científicas que produjeron enormes avances en esta parte de la química. En las décadas de 1920 y 1930 apareció un buen número de nuevos productos, como el etanoato de celulosa (llamado originalmente acetato de celulosa), utilizado en el moldeo de resinas y fibras; el cloruro de polivinilo (PVC), empleado en tuberías y recubrimientos de vinilo, y la resina acrílica, desarrollada como un pegamento para vidrio laminado.

Uno de los plásticos más populares desarrollados durante este periodo es el metacrilato de metilo polimerizado, que se comercializó en Gran Bretaña con el nombre de Perspex y como Lucite en Estados Unidos, y que se conoce en español como plexiglás. Este material tiene unas propiedades ópticas excelentes; puede utilizarse para gafas y lentes, o en el alumbrado público o publicitario. Las resinas de poliestireno, comercializadas alrededor de 1937, se caracterizan por su alta resistencia a la alteración química y mecánica a bajas temperaturas y por su muy limitada absorción de agua. Estas propiedades hacen del poliestireno un material adecuado para aislamientos y accesorios utilizados a bajas temperaturas, como en instalaciones de refrigeración y en aeronaves destinadas a los vuelos a gran altura. El PTFE (politetrafluoretileno), sintetizado por primera vez en 1938, se comercializó con el nombre de teflón en 1950. Otro descubrimiento fundamental en la década de 1930 fue la síntesis del nailon, el primer plástico de ingeniería de alto rendimiento.

Durante la II Guerra Mundial, tanto los aliados como las fuerzas del Eje sufrieron reducciones en sus suministros de materias primas. La industria de los plásticos demostró ser una fuente inagotable de sustitutos aceptables. Alemania, por ejemplo, que perdió sus fuentes naturales de látex, inició un gran programa que llevó al desarrollo de un caucho sintético utilizable. La entrada de Japón en el conflicto mundial cortó los suministros de caucho natural, seda y muchos metales asiáticos a Estados Unidos. La respuesta estadounidense fue la intensificación del desarrollo y la producción de plásticos. El nailon se convirtió en una de las fuentes principales de fibras textiles, los poliésteres se utilizaron en la fabricación de blindajes y otros materiales bélicos, y se produjeron en grandes cantidades varios tipos de caucho sintético.

Durante los años de la posguerra se mantuvo el elevado ritmo de los descubrimientos y desarrollos de la industria de los plásticos. Tuvieron especial interés los avances en plásticos técnicos, como los policarbonatos, los acetatos y las poliamidas. Se utilizaron otros materiales sintéticos en lugar de los metales en componentes para maquinaria, cascos de seguridad, aparatos sometidos a altas temperaturas y muchos

otros productos empleados en lugares con condiciones ambientales extremas. En 1953, el químico alemán Karl Ziegler desarrolló el polietileno, y en 1954 el italiano Giulio Natta desarrolló el polipropileno, que son los dos plásticos más utilizados en la actualidad. En 1963, estos dos científicos compartieron el Premio Nobel de Química por sus estudios acerca de los polímeros.

Materiles plásticos:

Plásticos, materiales poliméricos orgánicos (los compuestos por moléculas orgánicas gigantes) que son plásticos, es decir, que pueden deformarse hasta conseguir una forma deseada por medio de extrusión, moldeo o hilado. Las moléculas pueden ser de origen natural, por ejemplo la celulosa, la cera y el caucho (hule) natural, o sintéticas, como el polietileno y el nailon. Los materiales empleados en su fabricación son resinas en forma de bolitas o polvo o en disolución. Con estos materiales se fabrican los plásticos terminados.

Los plásticos se caracterizan por una relación resistencia/densidad alta, unas propiedades excelentes para el aislamiento térmico y eléctrico y una buena resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes. Las enormes moléculas de las que están compuestos pueden ser lineales, ramificadas o entrecruzadas, dependiendo del tipo de plástico. Las moléculas lineales y ramificadas son termoplásticas (se ablandan con el calor), mientras que las entrecruzadas son termoendurecibles (se endurecen con el calor).

Tipos de plásticos

Puede establecerse la siguiente clasificación de los plásticos: por el proceso de polimerización, por la forma en que pueden procesarse y por su naturaleza química.

Polimerización

Dos procesos básicos de la producción de resinas son la condensación y las reacciones de adición. La condensación produce varias longitudes de polímeros, mientras que las reacciones de adición producen longitudes específicas. Por otro lado, las polimerizaciones por condensación generan subproductos en pequeñas cantidades, como agua, amoníaco y etilenglicol, mientras las reacciones de adición no producen ningún subproducto. Algunos polímeros típicos de condensación son el nailon, los poliuretanos y los poliésteres. Entre los polímeros de adición se encuentran el polietileno, el polipropileno, el cloruro de polivinilo y el poliestireno. Las masas moleculares medias de los polímeros de adición son generalmente mayores que las de los polímeros de condensación.

Posibilidades de procesado

El plástico se procesa de formas distintas, según sea termoplástico o termoendurecible. Los termoplásticos, compuestos de polímeros lineales o ramificados, pueden fundirse. Se ablandan cuando se calientan y se endurecen al enfriarse. Lo mismo ocurre con los plásticos termoendurecibles que están poco entrecruzados. No obstante, la mayoría de los termoendurecibles ganan en dureza cuando se calientan. El entrecruzado final que vuelve rígidos a los termoendurecibles se produce cuando se ha dado forma al plástico

.

Naturaleza química

La naturaleza química de un plástico depende del monómero (la unidad repetitiva) que compone la cadena del polímero. Por ejemplo, las poliolefinas están compuestas de monómeros de olefinas, que son hidrocarburos de cadena abierta con al menos un doble enlace. El polietileno es una poliolefina. Su monómero es el etileno. Otros tipos de polímeros son los acrílicos (como el polimetacrilato), los estírenos

(como el poliestireno), los halogenuros de vinilo (como el cloruro de polivinilo), los poliésteres, los poliuretanos, las poliamidas (como el nailon), los poliéteres, los acetatos y las resinas fenólicas, celulósicas o de aminas.

Fabricación

La fabricación de los plásticos y sus manufacturados implica cuatro pasos básicos: obtención de las materias primas, síntesis del polímero básico, composición del polímero como un producto utilizable industrialmente y moldeo o deformación del plástico a su forma definitiva.

Materias primas

En un principio, la mayoría de los plásticos se fabricaban con resinas de origen vegetal, como la celulosa (del algodón), el furfural (de la cáscara de la avena), aceites (de semillas), derivados del almidón o el carbón. La caseína de la leche era uno de los materiales no vegetales utilizados. A pesar de que la producción del nailon se basaba originalmente en el carbón, el aire y el agua, y de que el nailon 11 se fabrique todavía con semillas de ricino, la mayoría de los plásticos se elaboran hoy con derivados del petróleo. Las materias primas derivadas del petróleo son tan baratas como abundantes. No obstante, dado que las existencias mundiales de petróleo tienen un límite, se están investigando otras fuentes de materias primas, como la gasificación del carbón.

Síntesis del polímero

El primer paso en la fabricación de un plástico es la polimerización. Como se comentaba anteriormente, los dos métodos básicos de polimerización son la condensación y las reacciones de adición. Estos métodos pueden llevarse a cabo de varias maneras. En la polimerización en masa se polimeriza sólo el monómero, por lo general en una fase gaseosa o líquida, si bien se realizan también algunas polimerizaciones en estado sólido. Mediante la polimerización en solución se forma una emulsión que se coagula seguidamente. En la polimerización por interfase los monómeros se disuelven en dos líquidos inmiscibles y la polimerización tiene lugar en la interfaz entre los dos líquidos.

Aditivos

Con frecuencia se utilizan aditivos químicos para conseguir una propiedad determinada. Por ejemplo, los antioxidantes protegen el polímero de degradaciones químicas causadas por el oxígeno o el ozono. De una forma parecida, los estabilizadores ultravioleta lo protegen de la intemperie. Los plastificantes producen un polímero más flexible, los lubricantes reducen la fricción y los pigmentos colorean los plásticos. Algunas sustancias ignífugas y antiestáticas se utilizan también como aditivos.

Muchos plásticos se fabrican en forma de material compuesto, lo que implica la adición de algún material de refuerzo (normalmente fibras de vidrio o de carbono) a la matriz de la resina plástica. Los materiales compuestos tienen la resistencia y la estabilidad de los metales, pero por lo general son más ligeros. Las espumas plásticas, un material compuesto de plástico y gas, proporcionan una masa de gran tamaño pero muy ligera.

Forma y acabado

Las técnicas empleadas para conseguir la forma final y el acabado de los plásticos dependen de tres factores: tiempo, temperatura y fluencia (conocido como deformación). La naturaleza de muchos de estos procesos es cíclica, si bien algunos pueden clasificarse como continuos o semicontinuos.

Una de las operaciones más comunes es la extrusión. Una máquina de extrusión consiste en un aparato que

bombea el plástico a través de un molde con la forma deseada. Los productos extrusionados, como por ejemplo los tubos, tienen una sección con forma regular. La máquina de extrusión también realiza otras operaciones, como moldeo por soplado o moldeo por inyección.

Otros procesos utilizados son el moldeo por compresión, en el que la presión fuerza al plástico a adoptar una forma concreta, y el moldeo por transferencia, en el que un pistón introduce el plástico fundido a presión en un molde. El calandrado es otra técnica mediante la que se forman láminas de plástico. Algunos plásticos, y en particular los que tienen una elevada resistencia a la temperatura, requieren procesos de fabricación especiales. Por ejemplo, el politetrafluoretileno tiene una viscosidad de fundición tan alta que debe ser prensado para conseguir la forma deseada, y sinterizado, es decir, expuesto a temperaturas extremadamente altas que convierten el plástico en una masa cohesionada sin necesidad de fundirlo.

Proceso para la fabricación del plástico

Hay muchos procesos de fabricación de plásticos, y una extensa sociedad de plástico que pueden ser procesados por cada uno de los procesos o técnicas. Los procesos pueden ser divididos en dos: Proceso de Presión y Proceso de poca Presión.

El proceso de poca presión como: vaciado, infusión, insulado,

El proceso de presión es usualmente como Termoplástico.

Moldeado de compresion:

El molde abierto que está ubicado entre el rodillo precalentado de la prensa, llenando con una gran cantidad de material para el moldeo, y cerrado bajo presión, causando que el material fluya dentro de la cavidad de moldeo. La presión requerida depende del material a moldear y la geometría del molde. El molde se mantiene cerrado hasta que el material se cure, después el molde es abierto, la parte es retirada y se repite el ciclo.

Moldeado de transferencia:

El material moldeado es primero puesto en una olla pre-calentado, separado de la cavidad de moldeo. El plástico caliente es transferido bajo presión desde la olla a través de unas ranuras dentro de la cavidad del moldeo.

La propiedad del molde consiste en que el material entra al mismo tiempo que el molde esta cerrado.

Moldeado por inyeccion:

Es el proceso más practico, la operación es fácil, pero el equipo no. Un material con propiedades Termoplástico que es viscoso a temperatura elevadas y es estable a temperaturas del ambiente, se mantiene caliente en un rerservorio. El material es forzado desde el reservorio hasta un molde que es mantenido a bajas temperaturas, el molde es abierto tan pronto como el material se enfría, la velocidad del ciclo es determinada por la rapidez con que el material usado se enfría, esto depende en la coductibilidad térmica del material.

Moldeado con termo inyeccion:

La naturaleza química de los plásticos, el moldeoado por inyección, el método de compresión y transferencia, han sido los métodos tradicionales, estos también han sido métodos primordiales. Porque son los mejores en la velocidad del ciclo y lo bajo de su costo, termoplásticos tiene un costo substancial.

Como un resultado de esto, en equipos mas avanzados y en compuestos de moldeados.

Extension:

El proceso de extensión consiste en forzar plástico derretido continuamente, que tiene una punta aguda para finalizar en una sección en forma de cruz. La aplicación de este método es en la producción continua de largos filamentos, etc.

Termoformas:

Consiste en calentar una hoja de plástico; la forma de la pieza se da con la forma que tenga el molde, tanto como por diferentes presiones de aire o por métodos mecánicos. Esta técnica permite que las hojas pueden ser convertidas fácilmente y eficaz.

Aplicaciones

Los plásticos tienen cada vez más aplicaciones en los sectores industriales y de consumo.

Empaquetado

Una de las aplicaciones principales del plástico es el empaquetado. Se comercializa una buena cantidad de LDPE (polietileno de baja densidad) en forma de rollos de plástico transparente para envoltorios. El polietileno de alta densidad (HDPE) se usa para películas plásticas más gruesas, como la que se emplea en las bolsas de basura. Se utilizan también en el empaquetado: el polipropileno, el poliestireno, el cloruro de polivinilo (PVC) y el cloruro de polivinilideno. Este último se usa en aplicaciones que requieren estanqueidad, ya que no permite el paso de gases (por ejemplo, el oxígeno) hacia dentro o hacia fuera del paquete. De la misma forma, el polipropileno es una buena barrera contra el vapor de agua; tiene aplicaciones domésticas y se emplea en forma de fibra para fabricar alfombras y sogas.

Construcción

La construcción es otro de los sectores que más utilizan todo tipo de plásticos, incluidos los de empaquetado descritos anteriormente. El HDPE se usa en tuberías, del mismo modo que el PVC. Éste se emplea también en forma de lámina como material de construcción. Muchos plásticos se utilizan para aislar cables e hilos, y el poliestireno aplicado en forma de espuma sirve para aislar paredes y techos. También se hacen con plástico marcos para puertas, ventanas y techos, molduras y otros artículos.

Otras aplicaciones

Otros sectores industriales, en especial la fabricación de motores, dependen también de estas sustancias. Algunos plásticos muy resistentes se utilizan para fabricar piezas de motores, como colectores de toma de aire, tubos de combustible, botes de emisión, bombas de combustible y aparatos electrónicos. Muchas carrocerías de automóviles están hechas con plástico reforzado con fibra de vidrio.

Los plásticos se emplean también para fabricar carcasas para equipos de oficina, dispositivos electrónicos, accesorios pequeños y herramientas. Entre las aplicaciones del plástico en productos de consumo se encuentran los juguetes, las maletas y artículos deportivos.

Polímeros:

Polímero, sustancia que consiste en grandes moléculas formadas por muchas unidades pequeñas que se repiten, llamadas monómeros. El número de unidades que se repiten en una molécula grande se llama grado

de polimerización. Los materiales con un grado elevado de polimerización se denominan altos polímeros. Los homopolímeros son polímeros con un solo tipo de unidad que se repite. En los copolímeros se repiten varias unidades distintas.

La mayoría de las sustancias orgánicas presentes en la materia viva, como las proteínas, la madera, la quitina, el caucho y las resinas, son polímeros; también lo son muchos materiales sintéticos como los plásticos, las fibras (véase Nailon; Rayón), los adhesivos, el vidrio y la porcelana.

Estructura de los polímeros

Los polímeros pueden subdividirse en tres o cuatro grupos estructurales. Las moléculas de los polímeros lineales consisten en largas cadenas de monómeros unidos por enlaces como las cuentas de un collar. Ejemplos típicos son el polietileno, el alcohol polivinílico y el policloruro de vinilo (PVC).

Los polímeros ramificados tienen cadenas secundarias que están unidas a la cadena principal. La ramificación puede ser producida por impurezas o por la presencia de monómeros que tienen varios grupos reactivos. Los polímeros compuestos por monómeros con grupos secundarios que forman parte del monómero, como el poliestireno o el polipropileno, no se consideran polímeros ramificados.

En los polímeros entrecruzados dos o más cadenas están unidas por cadenas secundarias. Con un grado pequeño de entrecruzamiento se obtiene una red poco compacta esencialmente bidimensional. Los grados elevados de entrecruzamiento dan lugar a una estructura compacta tridimensional. El entrecruzamiento es producido normalmente por reacciones químicas. Un ejemplo de estructura entrecruzada bidimensional es el caucho vulcanizado, en el cual los eslabones están formados por átomos de azufre. Los duroplásticos son polímeros entrecruzados con una estructura tan rígida que al calentarse se descomponen o arden en lugar de fundirse.

Síntesis

Existen dos métodos generales para formar moléculas grandes a partir de monómeros pequeños: la polimerización por adición y la polimerización por condensación. En el proceso químico llamado polimerización por adición, los monómeros se unen sin que las moléculas pierdan átomos. Algunos ejemplos de polímeros de adición son el polietileno, el polipropileno, el poliestireno, el etanoato de polivinilo y el politetrafluoroetileno (teflón).

En la polimerización por condensación, los monómeros se unen con la eliminación simultánea de átomos o grupos de átomos. Algunos polímeros de condensación típicos son las poliamidas, los poliésteres y ciertos poliuretanos.

En 1983 se anunció un nuevo método de polimerización por adición llamado polimerización por transferencia de grupo. Un grupo activador dentro de la molécula que inicia el proceso se transfiere al final de la cadena polímera creciente mientras que los monómeros individuales se insertan en el grupo. El método, que se ha utilizado para los plásticos acrílicos, también debería poder ser aplicable a otros plásticos.

Elastómeros

Se define como "Un material capaz de recobrase después de largas deformaciones rápidamente y pueden ser insoluble", una goma en este estado modificado, libre de diluentes, contrae en un minuto menos de 1.5 veces su longitud original. Después de ser estirado a temperatura ambiente este puede multiplicar su largo 2 veces y puede mantenerse por un minuto, después de ser soltada regresa a su posición original

Cerámica

Cerámica (ingeniería) (en griego *keramos*, 'arcilla'), en la antigüedad arte de hacer objetos de cerámica con arcilla. Ahora es un término general que se aplica a la ciencia que se ocupa de la fabricación de objetos con materiales terrosos, blandos, endurecidos mediante tratamientos a altas temperaturas. Los materiales cerámicos son compuestos inorgánicos no metálicos, en su mayoría óxidos, aunque también se emplean carburos, nitruros, boruros y siliciuros. La cerámica incluye los trabajos de alfarería, porcelana, ladrillos, baldosas y azulejos de gres. Estos productos no sólo se utilizan con fines decorativos o para servicio de mesa, también se utilizan en los materiales de construcción, e incluso para fabricar soportes magnéticos. Las partículas de óxido de hierro constituyen el componente activo de muchos medios de grabación magnética, como las cintas de casete y los disquetes o discos de ordenador (computadora). Los aislantes cerámicos tienen una amplia variedad de propiedades eléctricas y han reemplazado a los materiales convencionales. Se han descubierto en fechas recientes propiedades eléctricas de superconductividad, en la familia de compuestos cerámicos basados en óxido de cobre, a temperaturas mucho más altas que a las que ciertos metales experimentaban este fenómeno. En la tecnología espacial se utilizan unos materiales cerámicos llamados *cermets* para fabricar la parte delantera de los cohetes, las placas resistentes al calor de los transbordadores espaciales y otros muchos componentes. Los *cermets* son aleaciones de alta resistencia al calor que se obtienen mediante mezcla, prensado y cocción de óxidos y carburos con metales en polvo.

Material compuesto, sustancia obtenida por la combinación de dos o más materiales diferentes. Un material compuesto puede presentar propiedades mecánicas y físicas especiales, ya que combina las mejores propiedades de sus componentes y suprime sus defectos. Por ejemplo, el plástico reforzado con fibra de vidrio combina la alta resistencia de las delgadas fibras de vidrio con la ductilidad y la resistencia química del plástico; sin embargo, la fragilidad que presentan las fibras de vidrio aisladas no se manifiesta en el material compuesto. La oportunidad para desarrollar productos para la industria del motor y la ingeniería aeroespacial, así como otros usos recreativos, han mantenido el interés en este tipo de materiales. Pero los materiales compuestos también se utilizan en muchas otras aplicaciones, como en las obras públicas para construir puentes o reforzar pilares, y en productos biomédicos, como las de prótesis.

Los materiales compuestos suelen elaborarse con fibras sintéticas integradas en una matriz, material que las rodea y las fija. El tipo de material compuesto más utilizado es el compuesto de matriz polímera que consiste en fibras de un material cerámico, como el carbono o el vidrio, insertadas en una matriz plástica. Por lo general, las fibras ocupan alrededor del 60% del volumen en los compuestos de este tipo. También se utilizan matrices metálicas y cerámicas para sustituir a la matriz plástica; así se obtienen materiales más específicos, llamados compuestos de matriz metálica y compuestos de matriz cerámica respectivamente.

El componente fibroso de refuerzo de estos materiales puede consistir en fibras continuas o en segmentos cortos. Si se utilizan fibras cortas, éstas deben ser de mayor diámetro. Se suelen utilizar fibras largas continuas para elaborar materiales destinados a estructuras de alto rendimiento. La resistencia específica (relación entre resistencia y densidad) y la rigidez específica (relación entre elasticidad y densidad) de los compuestos de matriz polímera de fibras de carbono continuas, por ejemplo, pueden ser muy superiores a las de muchas aleaciones metálicas convencionales. Los compuestos también pueden tener otras propiedades, como alta conductividad térmica o eléctrica o un bajo coeficiente de dilatación. Además, de acuerdo a la orientación de las fibras o la forma en que estén entretejidas en la matriz, pueden fabricarse con propiedades estructurales específicas para usos concretos.

A pesar de presentar ventajas considerables sobre los materiales convencionales, estos materiales tienen algunos inconvenientes. Por ejemplo, los materiales compuestos de matriz polímera y otros tienden a ser muy anisotrópicos, es decir, su resistencia, rigidez y otras propiedades físicas son diferentes de acuerdo a la orientación del material. Por ejemplo, si se fabrica un material compuesto de matriz polímera de manera que queden paralelas todas las fibras, el material será muy rígido en paralelo a las fibras, pero muy poco en perpendicular a ellas. Estas propiedades anisotrópicas constituyen un reto importante para el diseñador que utilice estos materiales en estructuras que apliquen fuerzas multidireccionales a sus componentes. También es complicada la elaboración de uniones resistentes entre piezas de material compuesto.

La utilización generalizada de materiales compuestos no es posible aún debido a su elevado coste de fabricación. En la actualidad el proceso de producción de estos materiales es un proceso muy laborioso. Sin embargo, a medida que se desarrollen y mejoren estas técnicas, será posible producir grandes volúmenes de materiales compuestos con menor coste, lo que ampliará la utilización de estos materiales en muchos otros campos.

La preparación mecánica de las pastas y los vidriados cerámicos

Los procesos que se realizan en las fabricas de cerámicas son muy variados. Las materias primas no plásticas requieren trituración o desintegración seguida por molienda en seco o en húmedo hasta llegar a diversos grados de finura. Los materiales individuales precisan de diferentes maquinas para esto, conforme a su tamaño de grano, dureza y tipo de fractura.

Las materias primas plásticas se tratan en cualquiera de los estados seco, plástico o húmedo. La preparación seca puede llevar consigo secado, trituración, molienda y separación con aire semejante a la empleada en el caso de algunas materias primas. La preparación plástica puede incluir también trituración o desintegración seguidas por amasado y mezclado. La preparación húmeda se emplea únicamente para pastas de alta calidad. La arcilla se pone en suspensión en agua, con lo cual pueden eliminarse con eficiencia máxima las impurezas por medio de sedimentación, tamizado e imantación. Finalmente esta se seca, pudiendo también transformarse en una masa plástica, o convertirse en una barbotina de colada, conforme al método de moldeado que vaya a seguirse.

Trituración y molienda

Muchas materias primas requieren la reducción del tamaño de sus trozos, agregados, granos, partículas, etc., antes de que estos puedan utilizarse en la fabricación cerámica. Los diferentes procesos de trituración y molienda persiguen esta finalidad por medios mecánicos y no químicos.

En relación con esto se utilizan varios términos, siendo la diferencia entre ellos de aplicación y finalidad mas bien que de principio. En general, trituración se refiere a la reducción de trozos grandes a un tamaño conveniente para una reducción secundaria. Se emplea generalmente el termino pulverización si el producto es un polvo fino. Molienda se utiliza con frecuencia en sentido general, pero en otros casos implica la producción de un polvo fino.

Los principios básicos de los procesos mecánicos de reducción con los tres siguientes:

- 1-. Un golpe de martillo.*
- 2-. La trituración por compresión.*
- 3-. Acción de desgarramiento o de cizallamiento.*

Estos principios pueden ir combinados, o no.

El golpe se obtiene por el choque del material contra un martillo móvil o bola de caída, o bien lanzándolo contra una plancha de aplastamiento. La trituración se efectúa en trituradoras de mandíbulas o con tambores giratorios que fuerzan el material a través de un espacio limitado. La acción cizallante se produce cuando un diente o garra se hace pasar a través del material estacionario.

En la elección del tipo y tamaño del equipo de trituración y molienda deben tenerse en cuenta los puntos siguientes:

- 1-. Dureza y tenacidad de la materia prima.
- 2-. Tamaño de los trozos tal como se reciben.
- 3-. Contenido de humedad del material.
- 4-. Tamaño deseado del producto final.
- 5-. Cantidad de producto que se requiere.
- 6-. Impurezas que pueden existir y si estas deben rechazarse o triturarse.

Otro punto a considerar en relación con el equipo de trituración y molienda es el que se refiere a si este se destina a operación discontinua o continua. En el ultimo caso la molienda puede realizarse en circuito abierto o en circuito cerrado. El método antiguo del circuito abierto implica el empleo de un caudal de alimentación lo bastante lento para que todas las partículas se reduzcan por debajo del tamaño máximo permitido. En muchas maquinas los finos productos al principio tiene un efecto amortiguador, por lo que prolongan el tiempo y la potencia consumidos en la reducción de las ultimas partícula. Si tales maquinas de molienda se conectan con un clasificador que separa las partículas suficientemente finas, y devuelve al molino las que no lo son, puede economizarse mucha energía y emplearse mayores velocidades de alimentación. La molienda en circuito cerrado puede hacerse en húmedo y en seco, aportándose aire caliente para humedecer el material. Pueden conectarse en circuitos cerrados molinos de bolas, de guijarros, de tubo, de barras y de martillos.

Trituradoras primarios

- 1-. Los trituradoras de mandíbulas de articulación doble y simple pueden reducir cualesquiera rocas duras pero de fractura neta, etc. , Con tal que estas no se aglomeren o peguen. Las maquinas de articulación simple pueden utilizarse para obtener un producto granular más fino.
- 2-. Los trituradores giratorios de tipos de ejes largos y cortos y el triturador de cono se emplea para materiales duros tales como sílice, pedernales y arcilla refractaria dura. Los trituradores giratorios están compuestos principalmente de cuatro partes: casco inferior, casco superior, cabeza trituradora en estrella y tolva.
- 3-. Los rodillo trituradores movidos por engranajes o cintas, lisos, estriados, acanalados o dentados, apareados o simples, desempeñan numerosas funciones en la reducción de materiales,

Los rodillos accionados por engranajes realizan el trabajo mas duro, pudiendo moverse a la misma o a diferentes velocidades.

- 4-. Los molinos de martillos o pulverizadores de martillos han alcanzado una gran popularidad. Pueden tratar materiales duros o blandos, secos o húmedos, y reducen eficazmente trozos bastante grandes a polvo en una sola operación. Los elementos de choque pueden ser mazos fijos, o bien martillos libres o pivotado de diversas formas.

Molienda en plataforma o plato

Los métodos mas extendidos para la trituración secundaria y molienda fina en la industria cerámica son los que hacen uso de una o varias muelas móviles en una plataforma o plato. En sus diferentes tipos y tamaños se utilizan para arcillas mojadas, ligeramente humeada o secas, pedernal calcinado, feldespatos, fritas, colores etc. Algunas maquinas se utilizan también para amasado y mezclado.

La aplicación de diferentes tipos de trituración y molienda

Tipo de material	Duro	Medio		Blando
Especificaciones	Se rompe con	Se rompe en cubos	Se pulveriza con	Se disgrega fácil-
	Pocos finos		Muchos finos	Mente en finos
Ejemplos	Cuarsita, roca de	Arcillas de pedernal	Ciertas arcilla de	Pizarras blandas
	Ganister o arcilla	Algunas pizarras	Pedernal, muchas	Arcilla refractarias
	De pedernal		pizarras	Plásticas
	Duras			
Triturador de	Trituración	Rara vez	Rara vez	Nunca
Mandíbulas	Primaria			
Triturador gira-	Trituración prima	Rara vez	Rara vez	Nunca
Torio	Maria y secunda.			
Triturador de rodillo	Nunca	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
Simple				
Triturador dentado	Nunca	Satisfactorio si no es	Satisfactorio si no es	Excelente, en parti-
De doble rodillo		Demasiado duro	Demasiado duro	Cular para arcilla
				Helada y húmeda
Cono de cabeza plana	Satisfactorio,pro-	Nunca	Nunca	Nunca
O triturador de esfera	Duce un mínimo			
Giratoria	De finos			
Rodillos lisos	No satisfactorios	Produce un mínimo	Produce un mínimo	Se utiliza algunas
Dobles	Para materiales	De finos	De finos	Veces
	Abrasivos			
Plataforma seca	Satisfactorio,pro	Satisfactorio, produce	Produce muchos	Muchos finos, no
Con plancha	Duce algunos	Algunos finos	finos	Satisfactorio sí la
De tamiz	Finos			Arcilla esta dema-
				Ciado húmeda
Molino o plataforma	No satisfactorio	Produce menos finos	Usualmente produce	Satisfactorio, en
Seca con reborde	Para materiales	Que la plataforma seca	Suficientes finos	Especial si el ma-
Elevado	Abrasivos			Terial esta húmedo
				O helado
Molino de martillo	Nunca	Satisfactorio, pero	Generalmente	No satisfactorio
Con parrilla		Puede sufrir un rápido	Satisfactorio	Para materiales
		desgaste		Húmedos
Molino de impacto	Algunas veces,	Satisfactorio, general-	Satisfactoria	Puede utilizarse
Sin parrillas	Pero no satisfac-	Mente produce menos		Con materiales
	Torio para mate-	Finos que la platafor-		Húmedos si no son
	Riales abrasivos	Ma seca		Demasiado pega-
				Josos
Molino de rodillo	Nunca	Rara vez. No debe	Satisfactorio sí esta	Satisfactorio si
Y anillo		Utilizarse nunca	Seco	Esta seco

		Con abrasivo		
Molino de barras	No produce mu-	Produce menos finos	No se necesita	No se necesita
(el material debe estar	Chos finos	Que la plataforma seca		
Seco, o hacer fluido				
Con agua)				

Clasificación por tamaños

El tamaño de la partícula de los productos de las operaciones de trituración y molienda deben comprobarse enviando una muestra al laboratorio o bien clasificarse de algún modo a fin de separar el material de tamaño excesivo. Los tres métodos principales son el tamizado, la clasificación húmeda por densidad, y la separación con aire. Para materiales húmedos los tamices vibrantes son generalmente mas rápidos que los clasificadores y dan un producto de tamaño uniforme.

Tamices y cribas

Los tamices y las cribas desempeñan diversas funciones diferentes en la industria cerámica. Se utilizan para determinar el tamaño de la partícula de muestras de ensayo, para clasificar materiales y para separar impurezas. Las partes esenciales de un tamiz o criba son la malla y el bastidor, conectados a dispositivos de carga y descarga.

La malla esta construida en acero inoxidable, bronce fosforoso, latón, acero dulce, metal monel, aluminio, cobre, níquel, diversas aleaciones, nylon o seda. El diámetro del hilo, el método de tejido, el tamaño y la tolerancia de las aberturas, en el caso de tamices normalizados se establece en la British Estándar Specification 410.

Es practica normal designar un tamiz por el numero de mallas; en la serie inglesa dicho numero significa el numero de aberturas por pulgada lineal. Pero a no ser que se establezca la norma a que se refiere, o el diámetro del alambre, el numero de mallas aisladamente considerado no-basta para indicar el tamaño de la abertura.

El tipo de tejido mas adecuado para el tamizado en la fabricas es variable. Los materiales en suspensión o secos pueden pasar a través de un tejido simple satisfactoriamente pero las arcilla ligeramente húmedas lo obstruyen con gran rapidez. En cambio, frecuentemente pueden pasar a través de un tamiz vibratorio del tipo de cuerdas de piano. Como su nombre lo indica, estos tamices están contruidos exclusivamente por alambres paralelos.

La malla se monta sobre bastidores circulares, rectangulares o cilíndricos, y debe tensarse correctamente para su empleo. Las cribas cilíndricas se hacen girar durante se empleo, y pueden dotarse de tacos o golpeadores para mantener la malla libre.

Los tamices y cribas planos son muy utilizados para suspensiones y deben vibrar para que el material pase a su través, siendo ventajoso en algunos casos el calentamiento de la malla por medio de una corriente eléctrica. Las cribas se disponen en baterías de dos a cuatros y se inclina de tal forma que las partículas de tamaño excesivo caigan hacia fuera. El mecanismo vibrante debe disponerse para que solamente vibren los tamices, de forma que no se transmita vibraciones alguna a las fundaciones y de estas a otras maquinas, ya que de lo contrario podrían producirse averías imprevisibles.

Mezcla y alimentación

En el caso ideal deben ensayarse todas y cada una de las cargas que llegan a una fabrica, y calcularse la

composición de la carga de la pasta de acuerdo con los resultados obtenidos. Pero puede evitarse este engorroso procedimiento en la mayoría de los casos mediante el empleo de varias arcillas y de cierto número de compartimentos de almacenamiento. Si es posible se obtienen arcillas semejantes procedentes de diferentes yacimientos y se almacenan por separado.

Materiales secos

Pueden alimentarse continuamente materiales diferentes en volúmenes conocidos sobre una cinta transportadora por medio de alimentadores de caja, rotatorios, de tambor, de disco, etc.

Los alimentadores de caja consisten en un compartimento que contiene los diversos materiales, provistos de aberturas que se controlan mediante compuertas o correas que pueden elevarse o hacerse caer por medio de engranajes de cremallera y piñón. Estos engranajes pueden regularse a fin de dejar pasar la cantidad requerida de material. Bajo las aberturas hay un canal que o bien está provisto de un sin fin mezclador, o de una cinta transportadora al final de la cual una cuchilla arranca rebanadas verticales regulares. Si el material es grumoso o pegajoso puede montarse una cuchilla en el interior del compartimento de la caja. Pueden dosificarse las cargas con un error no superior al 5% en más o en menos.

Otros mecanismos comportan cuchillas o discos giratorios que proporcionan un volumen definido de material por vuelta. Están provistos de controles de velocidad ajustables para variar el régimen de carga. Los materiales granulados pueden pasarse por alimentadores en forma de embudo de salida ajustada sobre un disco giratorio provisto de una rejilla de descarga, siendo su exactitud de $\pm 3\%$

No obstante, con frecuencia sería mucho más exacto dosificar por pesada los materiales de composición y humedad conocidas. Esto se aplica en particular a los materiales grumosos que no fluyen libre y regularmente. Actualmente existen máquinas más modernas para alimentación continua por pesada a un régimen predeterminado. Los materiales que fluyen libres pueden también cargarse por pesada sobre un transportador registrador antes de pasar al transportador principal.

En el caso de los molinos de muelas verticales es muy ventajosa la alimentación continua en lugar de por cargas. La descarga de una sola vez de grandes cantidades de material en la plataforma desplaza la primera muela hacia arriba, con el consiguiente desgaste innecesario de los cojinetes, etc. Una patente reciente avanza más aun en el tratamiento de este problema introduciendo un mecanismo interruptor que detiene la alimentación cuando la altura de material en la plataforma excede de un cierto nivel.

Amasado

Con independencia del método de producción, sea por deshidratación de una suspensión fluida o por mojado de una arcilla más seca, la masa plástica carece de una total uniformidad y contiene aire oculto. Es necesario algún tipo de elaboración, mezclado, amasado a mano, etc. Tradicionalmente las pastas de alfarería se amasan a mano. Se golpea o lanza una masa sobre una superficie lisa por cada una de sus caras, se corta transversalmente, se reúne de un modo diferente, vuelve a golpearse una vez reunida, y así sucesivamente hasta que al cortarla no presente defecto alguno. Gran parte del trabajo de amasado o mezclado a mano ha sido absorbido por máquinas, pero el amasado final se hace todavía con frecuencia a mano por los operarios.

Amasadores normales y amasadores desaireadores

La función de los amasadores (pugmills) es mejorar la uniformidad de una pasta de arcilla plástica dándole mayor manejabilidad gracias al más perfecto revestimiento de las partículas de arcilla con agua. Las máquinas desaireadoras hacen esto más perfectamente al eliminar también las burbujas de aire que puedan existir.

El amasador se compone esencialmente de cuchillas dispuestas como un tornillo en uno o dos ejes giratorios que se mueven en el interior de un recipiente. La maquina es continua y esta provista de una tolva de alimentación adecuada, y por lo general el extremo de descarga tiene una barrena y una boquilla para la extrusion de una columna maciza de material amasado. Las hojas de las cuchillas y la hélice de la barrena pueden montarse sobre un mismo eje.

Parece ser discutible la cantidad de material que debe haber en el amasador mientras esta trabajando. Es ventajoso para las arcillas llenar el amasador lo bastante para cubrir el eje, de tal forma que cada partícula individual permanezca mas tiempo en el, aun cuando entonces sea mayor el consumo de energía. Un amasador no puede trabajar eficientemente si el eje esta cubierto y que deben hacerse ajustes de los ángulos de las cuchillas o de la velocidad del eje a fin de conseguir que el material pase a través de el con rapidez suficiente.

La objeción con respecto al amasador abierto normal es que tiende a incorporar en la arcilla burbujas de aire que ejercen un efecto adverso sobre su plasticidad y otras propiedades.

Desaireado

El amasado de una arcilla o pasta de arcilla bajo presión reducida aumenta considerablemente su plasticidad. El proceso se denomina desaireado pero en realidad lleva a cabo algo mas que una mera eliminación de burbujas de aire.

Para llegar a ser plástica una arcilla necesita ser homogénea y contener la menos proporción posible de partículas no plásticas de tamaño grande. Las burbujas de aire son no plásticas y por consiguiente su eliminación por vacío aumenta la plasticidad. No obstante, actualmente ya no se considera que este desaireado sea la causa principal de los beneficios deducidos de la acción del vacío sobre la arcilla.

La reducción de la presión de aire hace descender el punto de ebullición del agua. De este modo, se acelera su reactivada, ya que por el mero paso de la arcilla a través de un amasador desaireador puede producirse el mismo efecto que se consigue por un envejecimiento prolongado.

Moldeo

El moldeo de las pastas cerámicas tradicionales de arcilla depende de las propiedades plásticas y de flujo de esta. La facilidad con que cambia de forma una mezcla arcilla-agua depende del contenido de agua. Así, cuando el contenido de agua es aproximadamente del 50% se forma una gacha que puede fluir como un liquido para rellenar todos los espacios en recipientes y moldes a solamente 0,1 atm de presión. Cuando el contenido de agua se reduce al 40% se requiere una presión de 0,4 atm para producir el mismo flujo; con el 35% se precisa 1 atm, y con el 30% 2,5 atm. A las presiones citadas dos porciones separadas de la misma pasta se unirán para formar un todo homogéneo. Las pastas mas secas pueden también hacerlo así, pero a presiones mucho mayores.

Los métodos de moldeo se dividen por consiguiente con arreglo a las condiciones de la pasta, como sigue: a) liquida; b) gacha viscosa; c) plástica; d) semiseca; e) seca.

Tanto a) como b) fluyen por gravedad o a baja presión. En las condiciones plástica y semiseca se logran solamente el flujo con presiones considerables, pero se conserva la nueva forma cuando se retira la presión. En la condición seca generalmente no puede inducirse el flujo.

Los métodos de moldeo más antiguos (modelado a mano y torneado en una rueda) requieren que las pasta de arcilla se encuentren en una condición plástica. Se emplean también pastas plásticas para moldeado en tornos de moldes cóncavos y convexos, extrusion, y prensado en moldes de escayola y otros bien sea a mano

o con prensas mecánicas o hidráulicas moldeado plástico blando se utiliza también para ladrillos y perfiles refractarios de arcilla refractaria y otros materiales. Estas piezas son con frecuencia mucho mayores que los ladrillos de construcción por lo que debe prepararse una torta de gran tamaño y echarse luego en los moldes.

Las tejas lisas y canalones se moldean también con frecuencia a mano. Como la teja es mas fina, debe emplearse una arcilla más rígida.

Lodo semiconsistente

El proceso del lodo blando tiene la desventaja de que las briquetas se separan con dificultad de los moldes y no pueden manipularse hasta tanto que haya tenido lugar un secado considerable. Disponiendo de mayor potencia en el moldeado mecánico puede utilizarse una consistencia ligeramente mas espesa.

Colada

El método de moldeado de articulo cerámico por vertido de una barbotina liquida en un molde poroso fue inventado hace unos ciento cincuenta años. Por entonces no se conocía la acción desfloculante de las sales de sodio, por lo que habían de utilizarse barbotinas que contenían de 40 a 60% de agua, y el secado hubo de ser un proceso laborioso que implicaría grandes contradicciones y riesgos de agrietamiento. No obstante, el proceso era mejor y más rápido en horas-hombre que el moldeado a partir de arcilla plástica.

Cochura y hornos

Los materiales cerámicos deben, por definición, sufrir al menos una cochura, que convierte el material moldeado irreversiblemente en un producto duro, resistente al agua y a los productos químicos. Los materiales no vidriados solamente sufren dicha cochura.

Los materiales vidriados se cuecen tradicionalmente dos veces. En primer lugar sufren la cochura de bizcocho, en la cual todas las pastas, excepto la porcelana dura, se maduran por completo. A continuación se vidria el material de bizcocho y se somete a la cochura de vidriado a una temperatura inferior, para la maduración del vidriado. En el caso de la porcelana dura la cochura de bizcocho no madura la pasta, obteniéndose un articulo poroso. En este caso se efectúa la cochura de vidriado a una temperatura elevada, madurando así simultáneamente pasta y vidriado.

La tendencia moderna persigue la eliminación de la segunda cochura y el vidriado del material crudo, de tal forma que pueda acabarse este en una sola cochura; tales materiales se denominan de cochura en un solo paso. Tanto la composición de la pasta como la del vidriado deben ajustarse convenientemente para que este método de resultados satisfactorios.

Los materiales decorados pueden tener que sufrir aun más procesos de calentamiento. Frecuentemente se aplica una decoración bajo el vidriado con aceites o barnices que deben quemarse en la cochura de endurecimiento a unos 700–800 °C antes de aplicar el vidriado. La decoración sobre el vidriado se fija a los materiales por cochura a 600–900 °C, generalmente a 750–850 °C, en un horno de decoración (horno de esmaltar) que debe ser un horno de mufla o un horno eléctrico. Diferentes colores que requieren temperaturas de decoración distintas pueden obligar a realizar varias de estas cochuras.

Cochura de la pasta

Las transformaciones físicas y químicas producidas por el calor en las diversas materias primas y algunas de sus mezclas se han estudiado anteriormente. La cochura de las pastas cerámicas es generalmente más compleja por tratarse de mezclas de dichas materias primas e implicar reacciones completas e incompletas, rápidas y lentas, etc. La geometría del material es también un factor importante.

En particular la cochura de materiales cerámicos no implica simplemente llevarlos a una temperatura elevada deseada, sino que siempre son importantes las velocidades de calentamiento y enfriamiento.

El programa de cochura optimo para una pasta esta regido por varios tipos diferentes de reacción que se producen en transformaciones sucesivas. Estas, a su vez, son afectadas por otros factores:

Factores debido a la composición de la pasta

Factores debido a la preparación de la pasta

Factores debidos a los métodos de cochura

Hornos para cochuras de piezas cerámicas

Se ha visto que el secado de las piezas cerámicas pueden hacerse al aire libre por circulación natural del aire, a la temperatura ambiente. El empleo de estructuras cerradas y la aplicación de calor aceleran el proceso. En cambio, la cochura de los material debe hacerse siempre en estructuras cerradas con aplicaciones de calor, habiéndose construido hornos de algún tipo desde los comienzos de la alfarería, los cuales se reconocen a veces en excavaciones de lugares prehistóricos.

El método más sencillo de cochura es el horno de hormiguero, el cual, a pesar de ser tan antiguo, se emplea todavía en ocasiones para la fabricación de ladrillos hechos a mano. Los ladrillos se aplican alternados con el combustible formando un montón, o con frecuencia aprovechado un talud y se cubren después con tierra, etc. A continuación se enciende por el fondo y se deja que el fuego avance a través del hormiguero, aspirando tras sí el aire encargado de enfriarlo. Una vez frío, se derriba el conjunto.

El paso siguiente es el horno periódico o intermitente con estructura permanente (a veces el techo es temporal). Estos hornos son corrientemente redondos, pero pueden también ser rectangular. Poseen un revestimiento interior de un refractario adecuado y otro exterior de ladrillo de construcción protector. Los hornos periódicos pueden hacerse trabajar según los principios de tiro ascendentes, tiro horizontal o tiro descendente, siendo mucho más satisfactorios los últimos. Se colocan las piezas en el horno y a continuación se calienta este gradualmente, se mantiene a la temperatura máxima durante un cierto periodo y se deja enfriar. Seguidamente puede extraerse la carga e introducirse una carga nueva.

Puede verse fácilmente que aparte de su ineficiencia por perdidas de calor a través de las paredes y hacia la chimenea, etc., un horno periódico debe consumir una gran cantidad de combustible para calentar la estructura con cada carga de material, cantidad de calor que se pierde totalmente durante el enfriamiento. Por otra parte el calentamiento y enfriamiento continuado de la estructura la debilita mucho mas rápidamente que lo haría una temperatura elevada constante.

Los hornos continuos, por ejemplo, los hornos de Hoffmann, aprovechan el calor residual desprendido durante el enfriamiento. Consisten en esencia en una serie de hornos intermitentes conectados en circuito. Se regula la circulación de aire de forma que pase primero a través de las piezas que se han cocido ya y se están enfriando, y a continuación, una vez caliente, pasa al horno que se encuentra en fase de cochura. Los gases residuales calientes pasan sobre las piezas que se encuentran próximas a la cochura, precalentandolas, de tal forma que estas precisan una menor cantidad de combustible en la cochura propiamente dicha. El principio fundamental es que el fuego sé mantiene siempre encendido y en movimiento alrededor del circuito de hornos. Se aprovecha el calor residual, pero todavía ha de calentarse la estructura del horno y dejarse enfriar para cada carga.

En el horno de túnel ocurre el proceso inverso. Una estructura en túnel tiene zonas a temperaturas constantes diferentes que se corresponden con un programa de cochura, y las piezas avanzan a su través sobre

carretillas o planchas refractarias. En teoría éste método ideal de cochura, con el que puede conseguirse la máxima eficiencia en combustible. En la práctica el horno de túnel está siendo rápidamente reconocido por dicha razón como el método óptimo de cochura para la producción en serie, Aunque probablemente continuarán siendo utilizados hornos intermitentes mejorados en el caso de cargas pequeñas o individuales.

Hornos intermitentes intermedios

Aparte de la modernización de los grandes hornos de tiro descendente, que los convierte en hornos con alimentación automática, o con alimentación por gas o fuel-oil, la tendencia principal en los hornos intermitentes modernos está orientada hacia la construcción de hornos pequeños para materiales cerámicos finos. Por lo general éstos se calientan eléctricamente o por gas. Aunque consumen un combustible mucho más caro que los hornos de botella alimentado por hulla, se han demostrado que su costo de operación es ligeramente inferior al de éstos debido a un cierto número de factores: a) eliminación de cajas; b) ahorro de la mano de obra empleada en la manipulación de las mismas; c) una cochura más uniforme, con mayor proporción de piezas de primera calidad en la producción; d) cochura automática programada; e) la ausencia frecuentemente de necesidad de trabajos a turnos; f) condiciones de trabajo más agradables en general.

Los hornos periódicos autónomos poseen una puerta articulada que puede estar también provista de calentadores, y estanterías portátiles o bien accesorios de hornos del tipo de estante abierto normal. Los hornos más pequeños se calientan por lo general eléctricamente y pueden quedar apagados en reposo, por lo que pueden ser móviles. Los hornos de mayor tamaño, en especial los calentados a gas, son de estructura de mampostería, es decir, fijos. Tales hornos no sólo se utilizan en la industria, sino también en laboratorios, talleres de arte, universidades y escuelas.

Algunas de las economías de calor y tiempo propias del horno de túnel se consiguen en dos nuevos tipos de hornos intermitentes, el horno de vagoneta y el horno de campana. En éstos, la base de la carga es independiente de la temperatura de las paredes del horno.

Hornos de túnel

En el estudio de los hornos periódicos se llegó a la conclusión de que para la producción en gran escala resultaría más económico un sistema más continuo de cochura que reutilizase el calor desprendido por los materiales durante su enfriamiento. El primer paso de perfeccionamiento satisfactorio fue el horno continuo de Hoffmann, en el cual el frente de fuego se desplaza a través de los materiales estacionarios. Puede observarse, no obstante, que si bien este horno reutiliza el calor contenido en los materiales, todavía debe consumirse combustible en el calentamiento de porciones sucesivas de la mampostería del horno conforme se desplaza el fuego a lo largo del circuito.

En el horno de túnel se aplica el método opuesto de la cochura continua, es decir, que se desplazan los materiales a lo largo de un túnel calentado. La temperatura encontrada por los materiales conforme avanzan a lo largo del túnel aumenta al principio y disminuye después gradualmente como en un horno intermitente, pero la estructura del horno en un punto dado se mantiene siempre la misma temperatura. Así se consigue la mayor aproximación al método de cochura ideal, en el cual la energía calorífica se consume solamente en las transformaciones químicas irreversibles. El calor invertido exclusivamente en modificar la temperatura de los materiales se recupera lo más completamente posible durante el enfriamiento.

Varias características del horno de túnel lo diferencian de los otros métodos de cochura. Consiste esencialmente en un largo túnel recto o circular, de superficie interior relativamente pequeña. A lo largo de este túnel se desplaza un sistema de transporte de los materiales. Dicho sistema es usualmente de rieles, con vagonetas o carros. La parte superior de la vagoneta se protege del calor mediante una losa refractaria, y un muro de arena a cada lado impide que el calor llegue a las ruedas y rieles. Los materiales avanzan contra

una corriente de aire que roba calor de los que se hallan en fase de calentamiento. En el centro del horno se aplica calefacción directa, ya sea quemando combustible o utilizando electricidad. Los materiales se colocan en las vagonetas fuera del horno formando una estructura que se corresponda con la sección transversal del interior de éste. Dicha sección es relativamente mucho menor que la de un horno tradicional intermitente o continuo, gracias a lo cual puede alcanzarse una temperatura deseada en el centro de la carga mucho más rápidamente y sin que el exterior tenga que calentarse mucho más entre tanto. El programa de cochura real puede aproximarse más al ideal que en cualquier otro horno de fabricación. Dicho programa puede ajustarse y controlarse muy exactamente, por lo que un horno de túnel se construye ex profeso para un ritmo de producción y un programa de cochura dados. Esta es la razón de la amplia variedad de dimensiones.

Hornos de fritado

El fritado de constituyentes de un vidriado es un proceso totalmente diferente de cualquier otra cocción cerámica, por lo cual requiere hornos distintos. La operación de fritado lleva consigo el calentamiento de una mezcla de materiales pulverizados hasta que funde, desprendiéndose diversos gases y convirtiéndose a veces en un líquido homogéneo. Dicho líquido se vierte entonces en un depósito de agua, donde la caída brusca de temperatura hace que se separe en gránulos vítreos. La finalidad del proceso de fritado es doble: hacer que ciertos componentes solubles se combinen con otros materiales para producir compuestos insolubles, y descomponer todas aquellas materias primas que desprendan gases cuando se calientan. Esta segunda acción, aunque perjudicial en un vidriado aplicado a una pasta es, de hecho, muy útil en el proceso de fritado, dado que el desprendimiento de los gases contribuye a mantener agitada la masa fundida. A veces se eligen deliberadamente para este fin materias primas que contengan agua de cristalización.

El acabado del proceso de fritado se comprueba sacando muestras con ayuda de un hurgón. Estas deben ser homogéneas y claras, y estar completamente exentas de burbujas de gas o material sólido.

El fritado se suele efectuar intermitentemente en hornos de reverbero o rotatorios. En los casos en que se requieren continuamente grandes cantidades de la misma frita puede utilizarse un proceso continuo.