

- Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento -

635-7 PROGRESOS EN CERAMICA POROSA Y HUECA PARA CONSTRUCCION.

(Progress in Porous and Hollow Ceramics for Construction).

F. Singer y S. S. Singer.

De: "THE BRITISH CLAYWORKER", vol. LXIII, nº 745, 15 mayo 1954,  
pág. 55.

- - -

La mayor parte de los productos cerámicos, tradicionalmente usados en las industrias de la construcción y de la ingeniería, son porosos, en mayor o menor extensión, debido a la naturaleza de sus materias primas y a los métodos de preparación y de cocción. Esta propiedad ha sido aceptada hasta ahora como una desventaja, y rara vez, por no decir nunca, fué utilizada por este motivo. Recientemente la investigación se ha dirigido hacia el desarrollo de unidades estructurales en las cuales la porosidad es una exigencia.

AISLAMIENTO TERMICO

Se ha comprendido, por fin, que los gastos en el aislamiento térmico de calderas, hornos, etc., son amortizados por la economía en combustible y por la mayor eficacia y facilidad de control del proceso. En el aislamiento térmico presenta un interés creciente la cerámica, porosa y hueca.

El principio de aislamiento por incorporación de espacios de aire al material sólido, es viejo y bien conocido. La transmisión de calor tiene lugar por conducción, convección y radiación. Estos tres factores tienen distinta importancia relati-

va a diferentes temperaturas. Este hecho ha sido comprobado por Halm y Lapoujade mediante curvas que dan la transmisión del calor en función de la temperatura. Los materiales finamente porosos muestran un crecimiento lineal de la transmisión con la temperatura, mientras que para los materiales ordinarios la curva comienza con una transmisión baja y lineal, pero luego crece mucho más rápidamente. De acuerdo con esto, interesará utilizar, a altas temperaturas, materiales con poros finos, aunque aquéllos sean más densos.

#### MATERIALES CERAMICOS, POROSOS Y HUECOS, COMO AISLANTES.

A pesar del gran número de materiales aislantes, son cada día más empleados los bloques aislantes cerámicos o los de hormigón; ambos tipos son capaces de resistir, al mismo tiempo, una determinada carga. Son preferidos, actualmente, los bloques cerámicos; pues por su mayor ligereza, proporcionan una menor carga muerta y suponen un ahorro en el coste de su manipulación y de su colocación.

En la construcción normal de hornos, etc., que han de ser aislados térmicamente, se dispone, en primer lugar, un forro interior de ladrillos refractarios (resistentes a la temperatura, pero que conducen el calor relativamente bien), después una capa de ladrillos aislantes y finalmente una envoltura exterior protectora de ladrillos ordinarios o de otro material.

Actualmente se consigue una considerable economía en la construcción de hornos mediante la introducción de materiales refractarios aislantes. Estos materiales, que resisten hasta  $1.400^{\circ}\text{C}$ , pueden usarse directamente en la construcción del forro del horno. La caída de temperatura es mucho mayor que en el caso

del mismo espesor de ladrillos refractarios, Tienen algunas ven  
tajas sobre la combinación ladrillos refractarios/ladrillos ais  
lantes:

- a) menor espesor de las paredes del horno y de los cimientos (economía de material, tiempo y trabajo).
- b) menor peso de las paredes del horno.
- c) menor conductividad (economía de energía para al  
canzar una temperatura determinada).

Ahora bien, en el momento de proyectar un horno, que ha de construirse con ladrillos refractarios/ladrillos aislantes o con ladrillos refractarios aislantes, se han de estudiar a fon  
do las temperaturas de las diversas partes de las paredes del horno, a fin de escoger el material preciso (estos materiales - mantienen su porosidad hasta una temperatura dada, a partir de la cual aparece una contracción alterándose la estructura y des  
truyéndose las propiedades aislantes).

#### COMPARACION DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES AISLANTES PARA DIFERENTES TEMPERATURAS.

La elección de materias primas para los aislantes cerámicos porosos queda restringida, pues, a medida que aumenta la temperatura a que se han de emplear.

Desgraciadamente, aunque el aislamiento a altas tem  
peraturas es el más importante, pues entonces las pérdidas de ca  
lor son mayores, los aislantes que resisten estas temperaturas tienen conductividades superiores a las de los empleados para ba  
jas temperaturas.

Gard divide los ladrillos y los bloques aislantes en cuatro clases, estableciendo sus propiedades como se indica a continuación:

Intervalo de temperatura de empleo (°C)	Densidad (grs/cm <sup>3</sup> )	Conductividad	
		Temperatura media (°C)	$\frac{K}{\text{cal/cm}^2 \cdot \text{hr.} \cdot \text{cm.} \cdot \text{°C}}$
hasta 900	0,562 - 0,644	760	0,242
900 - 1200	0,675 - 0,755	870	0,472
1200 - 1350	0,805 - 0,885	1000	0,670
1100 - 1450	0,805 - 1,13	1000	0,865 - 1,06

También señala que al disminuir la densidad, lo cual implica que la eficiencia como aislante térmico aumente, la resistencia a la compresión disminuye. Norton, sin embargo, indicó que, mientras la resistencia de un aislante, en frío, está relacionada con la densidad, la capacidad de soportar cargas a temperaturas altas, las contracciones y los límites de las temperaturas de uso, no han de depender, necesariamente, de la misma.

#### MÉTODOS DE PRODUCCION

Existen varios métodos de fabricación de productos cerámicos porosos:

1. Incorporación de tierra de diatomeas o cualquier otro cuerpo natural inorgánico, con celdillas llenas de aire.
2. Empleo de materias primas cerámicas que permanecen porosas, si no se someten a una cocción excesiva.
3. Adición de materias orgánicas que arden durante la cocción.

4. Espumando las materias primas.
5. Dilatación por cocción.
6. Sinterización.

1. La tierra de diatomeas se compone de restos silíceos, huecos, de diatomeas. Si no se expone a temperaturas superiores a 800-1000°C, los huecos permanecen abiertos y, por consiguiente, presentará propiedades aislantes muy buenas.

La conductividad térmica de los diversos materiales que se pueden preparar varía entre 0,115 y 0,230  $\frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \cdot \text{hr} \cdot \text{cm} \cdot ^\circ\text{C}}$ , la densidad entre 0,40 y 0,80  $\frac{\text{grs}}{\text{cm}^3}$ , la resistencia a la compresión entre 14,1 y 102  $\frac{\text{Kgrs}}{\text{cms}^2}$ .

Estos ladrillos se empapan considerablemente y quedan perjudicados por la acción de la helada.

Un nuevo producto -el Fosalsil Super- resiste temperaturas hasta de 1.350°C. Sus propiedades, dadas por los fabricantes, son:

Temperatura máxima de la superficie caliente	Conductividad térmica en el intervalo 0-1250°C	Resistencia a la compresión	Densidad
1350 °C	0,289 $\frac{\text{cal}}{\text{cms}^2 \cdot \text{hr} \cdot \text{cm} \cdot ^\circ\text{C}}$	52,7 $\frac{\text{Kgrs}}{\text{cms}^2}$	0,85 $\frac{\text{grs}}{\text{cm}^3}$

Los nuevos Silex Superinsulators se hacen a partir de los productos secundarios del arroz. La paja, cascarilla, etc., se emplean, normalmente, como combustible. Inicialmente, la ceniza

era un producto de desecho, pero como estas plantas tienen envolturas de sílice rodeando a cada célula, la ceniza se compondrá de sílice unicelular, microporosa, con una pureza de 96,5 %. Se encontró que no solamente tenía excelentes propiedades aislantes, sino que se comportaba también como refractario.

Los diversos productos Silex tienen propiedades comprendidas entre estos dos límites:

Densidad (grs/cm <sup>3</sup> )	Temperatura límite de aplicación.	Temperatura	Porosidad (%)	Resistencia a la compresión (Kgrs/cm <sup>2</sup> )	Conductividad térmica (cal/cm <sup>2</sup> .hr.cm.°C)
1,16	1400 °C	1650 °C	52	100	0,575
0,45	1250 °C	1600 °C	80	14,1	0,192

Por esta razón, estos ladrillos pueden emplearse en lugar de la combinación de ladrillos refractarios y ladrillos aislantes (proporcionando todas las ventajas mencionadas).

2. Todos los cuerpos cerámicos que contienen agua durante el proceso, son porosos durante un cierto tiempo, en su cocción, antes de que comience la vitrificación. Estos cuerpos, preparados de forma conveniente, son suficientemente duros y rígidos, y no necesitan posterior cocción. Los ladrillos ordinarios de construcción, que tienen porosidades variables, se encuentran en esta clase. La industria de los ladrillos ha estado, durante algún tiempo, fabricándolos huecos, con formas diversas

los ladrillos perforados, según se ha comprobado, son adecuados en algunos casos.

3. La inclusión de material combustible es el mejor método para preparar ladrillos porosos de diferente poder refractario. El método tiene la ventaja de que una factoría, que de ordinario produce ladrillos refractarios, etc., puede fabricar los ladrillos porosos con un gasto e instalación extra muy pequeño. La única materia prima adicional es la sustancia combustible, que puede ser una o más de las siguientes; carbón de piedra, antracita, cok, lignito, alquitrán, residuos de petróleo, serrín de madera (verde, expuesto a la intemperie o tostado), carbón vegetal, papel, corcho, paja, etc. Estas materias se utilizan para dar un volumen máximo y deben estar libres de polvo. La mezcla, hasta un 50 % en peso, con el material arcilloso, debe ser completa. El moldeo debe hacerse por el método corriente de compresión. La adición de sustancias no plásticas hace que la contracción por secado sea menor, pero la contracción por cocción es mayor.

La cocción debe llevarse a cabo en una atmósfera oxidante y con un buen tiro. El fuego debe regularse con más cuidado que en el caso de ladrillos macizos, porque cuando el material combustible comienza a arder, se desprende una cantidad de calor tan considerable que los ladrillos pueden agrietarse e incluso fundirse. Tan pronto como la ignición comience, se detiene la entrada de combustible y se dirige una corriente de aire frío. El desarrollo de calor puede hacerse más amplio usando dos combustibles con diferentes temperaturas de ignición. La sobrecocción debe, desde luego, impedirse; pues los poros se cierran y el ladrillo pierde, no solamente su forma, sino también sus propiedades

aislantes.

Las desventajas que limitan este método de producción de ladrillos cerámicos aislantes porosos son numerosas. Primera - mente, los materiales combustibles no arden completamente y dejan una ceniza que actúa como fundente, y, por consiguiente, el ladrillo aislante es menos refractario que el ladrillo macizo fabricado con el mismo material arcilloso. Para producir un ladrillo muy poroso se necesita una adición elevada de material no plástico, limitada por la necesidad de moldear el ladrillo, lo que determina un valor mínimo para el peso específico. Si se usa un material groseramente granulado, con formación de poros anchos y baja resistencia, la densidad relativa puede reducirse a 0,75, y para poros más finos el límite se encuentra por encima de 1,0.

En general, los ladrillos aislantes obtenidos por este método son de un poder refractario medio, con un contenido en alúmina de 20 a 35 %, aunque algunos presentan 42 a 44 % e incluso existen ladrillos de sillimanita con 63 %. Los ladrillos silíceos porosos no pueden fabricarse, por este método, con resultados satisfactorios.

4. Se conocen diversos métodos para la formación de burbujas gaseosas en las primeras materias:

a) Por una reacción, en la mezcla, en la que haya formación de gas.

b) Espumando la mezcla.

Las burbujas se producen en las primeras materias, que se hallan en la forma de barro fluido, y deben estabilizarse hasta el momento en que la masa adquiera rigidez.

a) Gases producidos químicamente.

La mejor reacción, desde el punto de vista económico y en cuanto a la velocidad, parece ser la del ácido sulfúrico sobre dolomita. El material arcilloso, la dolomita y el yeso hemihidrato se muelen en seco y se mezclan. Se vierte, entonces, en ácido diluido y se calienta ligeramente. La concentración del ácido y la temperatura de la mezcla se ajustan de forma que la reacción dure unos cinco minutos, y el yeso se elige de modo que empiece a fraguar, aproximadamente, al cabo de este tiempo. La mezcla reaccionante se vierte en moldes impermeables, llenándolos hasta la mitad. La porosidad del producto está determinada más por la consistencia del barro fluido que por el volumen de gas desprendido. Una vez fraguado, el bloque poroso se seca antes de extraerlo del molde para someterlo a la cocción. El método requiere un equipo especial, pero pueden fabricarse productos de alta porosidad, muy uniformes, y como se añade muy poco material fundente, puede hacerse más refractario que con materiales combustibles.

b) Espumación.

Nicholson y Bole decidieron proseguir los métodos que usan la espumación, seguida de estabilización con yeso. El producto que denominan "arcilla espumada" se encuentra todavía en el período de desarrollo, pero parece que tiene posibilidades futuras. Ejecutaron dos trabajos; el primero, que llaman "proceso de espuma de agua", es adecuado para la operación de amasado y para materiales muy plásticos. El segundo, "proceso de espuma de arcilla", está adaptado a la producción continua, en gran escala. En el proceso de espuma de agua, se transforma mecánicamente un agen

te de superficie activa o de humidificación en una fina espuma estable. El material arcilloso, que consiste en arcilla cruda, grog de arcilla espumada pulverizada y yeso calcinado, se mezcla y se muele en seco. Se añade, entonces, a la espuma, en la mezcladora, y se bate hasta obtener un barro fluido uniformemente aireado. El barro fluido se vierte en moldes, mediante una técnica especial de flujo que evita la inclusión de bolsas de aire. En el proceso de espuma de arcilla, la arcilla cruda y el grog se llevan a la forma de barro fluido y se mantiene así sin que flocule; se añade, entonces, un agente de humidificación, y el barro fluido se bate hasta que toma la cantidad requerida de aire. Se mezcla, entonces, con el yeso calcinado y se vierte. Después de esto, el procedimiento es el mismo para ambas clases de procesos. Los ladrillos moldeados se dejan fraguar hasta que la superficie en contacto con el molde se pueda separar, sin que la forma del ladrillo quede afectada. La base de aluminio del molde sirve como paleta para colcar el ladrillo en el secadero. Después del secado, los ladrillos se cuecen y se desbastan con sierras y cepillos de carburo de silicio (las desbastaduras se vuelven a usar como grog). Se comprobó que la cocción puede ser más rápida que para los ladrillos macizos, procedentes del mismo material arcilloso, pero deben cocerse a una temperatura un poco más alta.

La principal aplicación de los ladrillos a partir de arcilla espumada se hallará probablemente en el aislamiento térmico y acústico de construcciones.

#### 5. Dilatación de arcillas.

Un cierto número de arcillas y esquistos impuros se expansionan si se calientan rápidamente. Estas arcillas desprenden

ses durante el período inmediato a la aparición de la fusión y de la formación de vidrio. Si la viscosidad de este vidrio es suficiente, los gases quedan ocluidos y la totalidad del cuerpo se expansiona. Las celdillas, formadas de esta manera, están, la mayoría de las veces, cerradas. Los gases que se desprenden varían en las diferentes arcillas, pero, en general, la dilatación está relacionada con los contenidos en carbono, hierro y azufre de la arcilla. Aunque algunas arcillas se expansionan en la mayoría de las condiciones de cocción, es la cocción rápida la que hace que el desprendimiento de gas tenga lugar después que la fusión ha comenzado en la arcilla, que usualmente da un producto normal y macizo.

Investigando sobre productos derivados de arcillas dilatadas por la cocción, Nicholson y Bole descubrieron que pueden fabricarse bloques porosos, que no absorben de forma excesiva. Encontraron que, de la misma forma que un determinado número de arcillas y pizarras naturales pueden usarse para la preparación de productos dilatados por la cocción, otras arcillas pueden transformarse convenientemente, haciéndolas adecuadas, mediante pequeñas adiciones. Las mezclas sintéticas pueden controlarse mejor para dar, a voluntad, productos absorbentes o impermeables.

Los bloques se fabrican moliendo las primeras materias, mezclando con un poco de agua y comprimiendo en seco. Se colocan en los hornos sobre planchas refractarias y convenientemente separados. Los refractarios se protegen con una mezcla de sílice crystalizada y amorfa, aglomerada con bentonita.

Los bloques resistentes e impermeables muestran considerables posibilidades para los fines constructivos, y los inves-

tigadores esperan obtener productos, con celdillas uniformes, de dimensiones precisas, con densidades de 0,322 a 0,644  $\frac{\text{grs}}{\text{cm}^3}$ , absorción nula y resistencias a la compresión por encima de 141  $\frac{\text{Kgrs}}{\text{cm}^2}$ .

#### 6. Sinterización.

Existen varios métodos de producción de arcillas y pizarras dilatadas por combinación de expansión, por cocción y la introducción de material combustible. La arcilla se muele y se mezcla con polvo de carbón, etc.; y, entonces, se hace pasar a través de una máquina de sinterización donde se inflama aquél, alimentando la combustión con una corriente de aire a través del producto. El producto resultante es una torta irregular de material poroso.

Bell y McGinnis investigaron, por este método, la producción de áridos ligeros y encontraron que, en determinadas condiciones, la mayoría de las arcillas y pizarras pueden transformarse en un tipo de áridos ligeros. Las condiciones que han de ser controladas son la naturaleza y la cantidad de combustible, el agua de mezcla, el tamaño de las pellas, el tiempo de permanencia en el sinterizador y el flujo de aire.

#### CERAMICOS PARA LA ABSORCION DEL SONIDO

Los problemas acústicos son frecuentemente muy complejos y, rara vez, pueden ser resueltos por el uso de materiales reflejantes o absorbentes, indistintamente. El efecto de estos materiales sobre la transmisión del sonido, de hecho, se ha tomado, frecuentemente, en sentido erróneo, y los materiales porosos se han sustituido por los más pesados y más densos en la construcción de tabiques y techos, en la creencia errónea de que solamen

te con ellos se podría obtener una estructura a prueba de sonido (es decir, no conductora). La mayor parte de los materiales porosos no son aisladores del sonido en el sentido propio de la palabra. Su valor reposa, más bien, en su propiedad de recibir y absorber parte de la energía acústica que, de otro modo, sería utilizable para la transmisión; en esta capacidad, es donde los bloques de arcilla celular han encontrado su aplicación.

El coeficiente de absorción de un material poroso no dócil depende de:

- a) sección transversal de los canales de los poros.
- b) su profundidad.
- c) la relación del área perforada al área no perforada de la superficie.

Para una relación dada de área no perforada a área perforada, la absorción, para bajas frecuencias, aumenta, aunque no linealmente, con el radio de los poros, considerados como tubos cilíndricos. Esta suposición teórica no se sostiene si los poros son mayores de 0,01 mm. de radio.

La absorción aumenta hasta un cierto límite del material poroso, y, por consiguiente, con la profundidad de los poros. Un material con este espesor límite muestra, generalmente, un máximo de absorción para una frecuencia determinada.

#### ENTRAMADO METALICO CON NODULOS DE ARCILLA.

Un tipo completamente diferente de material de construcción con propiedades acústicas muy buenas, conocido desde hace algún tiempo en el Continente, se fabrica en este país en la

actualidad. Son los entramados metálicos con nódulos de arcilla. Consisten en una red metálica de acero cobreado, con piezas de arcilla, en forma de cruz, en cada intersección. La arcilla cruda se aplica a la red metálica y después se calienta el conjunto eléctricamente. El producto tiene una superficie irregular con áreas, aproximadamente iguales, de nódulos arcillosos y de espacios de aire. Se diseña para formar una base continua para el yeso, que se sostiene muy bien en los agujeros.

Un techo, enyesado, o una pared medianera, con este entramado arcilloso, tienen muy buenas propiedades como absorbentes de sonido. Las ondas acústicas que penetran en el yeso chocan con los numerosos ángulos de los nódulos de arcilla, existentes en el entramado, siendo reflejadas y dispersadas en la masa de yeso.

Este enrejado arcilloso se ha usado satisfactoriamente en estudios de radio, iglesias, etc., y está llamado a tener una mayor difusión en las construcciones con estructura de acero, fábricas y aun para residencias.

#### CONCLUSION.

Esta breve revisión de algunos materiales cerámicos, con propiedades especiales, muestran que no han sido explotadas todavía muchas de las posibles aplicaciones de los materiales cerámicos. S.F.S.

- - -