

684-1 - HORMIGON REFRACTARIO

A. E. Williams

De: "THE ENGINEERING", 496, mayo, 1949.

En la construcción de obras que han de soportar elevadas temperaturas, directa o indirectamente, se habían utilizado hasta ahora, ladrillos refractarios unidos - según los casos - con arcilla u otro material cualquiera. Tal ocurre en los diversos tipos de hornos rotatorios, enfriadores de clinker, etc. En los últimos años se ha llegado, con éxito, a la fabricación de hormigón refractario que puede soportar temperaturas de hasta - 1.300 ° C, muy adecuado para construcciones monolíticas, bloques premoldeados de cualquier forma y tamaño, estructuras para hornos, etc. Estos hormigones resultan de la mezcla de cemento aluminoso con un agregado que posea propiedades refractarias. Si el agregado es del tipo cromo-magnésico, el hormigón resultante puede resistir los 1.600 ° sin inconvenientes, aún bajo carga.

El hormigón refractario presenta varias ventajas sobre los demás tipos de materiales de construcción resistentes al calor. Así, por ejemplo, no se necesita un periodo de precocción, tal como ocurre en las estructuras de ladrillos unidos con arcilla; por otra parte, las construcciones de hormigón refractario pueden empezar a trabajar 24 horas después de que el material ha sido puesto en obra. También carece de contracción y agrietamiento durante el secado y mantiene su forma original

- Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento -

tanto a temperaturas altas como bajas. Los cambios bruscos de temperatura tampoco le afectan.

Es conocido el hecho de que el Portland no resiste bien las altas temperaturas prolongadas. Por el contrario, el cemento aluminoso no goza de este inconveniente. Ello se deriva de su composición química, en especial en lo que se refiere al contenido en cal y a la forma en que se encuentra ésta. Un cemento aluminoso medio contiene aproximadamente 38 % de CaO (el Portland 64 %). Cuando se calienta fuertemente el cemento ordinario, el CaO liberado da lugar a compuestos fusibles, mientras que en el aluminoso toda la cal está combinada con la alumina. La presencia del aluminato cálcico origina la formación de eutécticos con los silicatos de calcio, algunos de los cuales tienen elevados puntos de fusión. He aquí unos cuantos de los que pueden formarse en el hormigón refractario:

	<u>P. f.</u>
$C_2S-C_5A_3-CA$	1335 ° C
C_2S-C_2AS-CA	1380 ° C
$C_2AS-CA-C_3A_5$	1505 ° C
CAS_2	1550 ° C

Cuando se amasa con agua el cemento aluminoso, los aluminatos se hidratan formándose unas soldaduras de tipo hidráulico de elevada resistencia inicial. Estos hidratos, no obstante, pierden agua gradualmente por la acción del calor, debilitándose los enlaces hidráulicos; a unos 1.000 ° C toda el agua ha sido perdida. Si el material se encuentra en presencia de un re -

fractario, se forman uniones de tipo cerámico y, por ulterior elevación de temperatura tiene lugar la formación de compuestos aluminosos de una gran refractariedad. La formación de estos compuestos altamente infusibles es la única explicación del comportamiento especial del cemento aluminoso.

Selección de los agregados.

El mejor tipo de agregado para dosificar un hormigón refractario es aquel que posea el más elevado punto de fusión o reblandecimiento. Los ladrillos refractarios ordinarios se prestan muy bien para hormigones que han de resistir hasta 1.300 °. También se pueden emplear refractarios aluminosos o semisilícicos triturados y, en general, casi cualquier tipo de ladrillo refractario de los que se emplean en la construcción de hornos, excepto los silícicos. Sirven también los escombros de refractarios, siempre que estén completamente limpios.

En cuanto a la granulometría del agregado, ésta varía según se trate de estructuras masivas o no: He aquí una guía práctica para la elección del tamaño de partícula de los agregados:

<u>Tamaño máximo</u>	<u>Espesor de la obra</u>
19,0 mm.	16 cm. o más
9,5 mm.	5 a 16 cm.
3,1 mm.	hasta 5 cm.

(Para trabajos ligeros, el ladrillo se machaca hasta unos 3 mm. de tamaño máximo, rociándolo después con agua antes de llevarlo

a. la hormigonera).

Si se desea que el hormigón resista los 1.600 °, el agregado debe ser un material tal como ladrillos de cromita o cromomagnesita (triturados) e incluso otros materiales tales como alúmina fundida, sillimanita, circonia, bauxita, etc.

La fig. 10 indica gráficamente el comportamiento, bajo carga de 1,8 kg/cm², de un hormigón refractario típico con 85 % (en peso) de agregado (ladrillo de cromita machacado) y 15 % de cemento fundido. Los demás datos del ensayo a que responde la gráfica son:

Velocidad de calentamiento 10 ° C/minuto.
Deformación inicial, a 1545 ° C.
Expansión cero 1630 ° C.
Aplastamiento apreciable (10 %) 1640 ° C.

La refractariedad disminuye al aumentar la dosificación en cemento, de la siguiente forma:

<u>% de cemento fundido</u>	<u>Punto de reblandecimiento (con cono Seger)</u>
5	1.850 ° C
10	1.810 "
15	1.750 "
20	1.710 "
25	1.680 "

Gradientes de temperatura en paredes de hormigón refractario.

La gráfica de la fig. 11 es de gran interés cuando se

trata de determinar la temperatura existente en una pared de hormigón, a diferentes espesores, puesta en contacto con un foco calorífico. Tal es el caso del recubrimiento de un horno, cuyo hogar se encuentre a una temperatura determinada. La importancia de la gráfica estriba en que permite calcular fácilmente el espesor de muro requerido para que la pared externa se halle a una temperatura deseada. En ordenadas se dan las temperaturas a diferentes espesores de hormigón; en abscisas, la relación D/W indica el cociente del espesor al lado de la superficie calentada suponiendo que es un cuadrado; las rectas corresponden a las diferentes temperaturas que reinan en el hogar, y han sido trazadas con arreglo a los experimentos realizados con materiales standard. Tomando como base un ladrillo cuya conductividad térmica es 1,244 kcal/m², hora, ° C y por metro. (SBE = Standard Brick Equivalent) para referir cualquier tipo de ladrillo refractario ordinario a SBE, se utiliza la tabla siguiente:

R e f r a c t a r i o s

Temperatura ° C	De arcilla cocida	Ladrillo De silíceo-	De cromita	De magnesita
200	1,4	1,25	1,0	0,25
400	1,2	1,0	0,95	0,28
600	1,1	0,9	0,9	0,34
800	1,0	0,8	0,85	0,36
1.000	0,95	0,7	0,85	0,38
1,200	0,9	0,65	0,85	0,40
1.400	0,9	0,65	0,85	0,40
1.600	0,85	0,6	0,85	0,41

(1) Para el hormigón refractario se toma una equivalencia de SBE/1,3

- Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento -

La tabla anterior y la gráfica de la fig. 11 permiten resolver diversos problemas que pueden presentarse en el cálculo de hornos con paramento de hormigón refractario (Véase en este mismo Boletín, pág. 35 "PROBLEMAS ELEMENTALES SOBRE CEMENTO Y HORMIGÓN").

Comportamiento bajo carga.

Cuando los ladrillos refractarios se calientan a temperaturas superiores a 1.300°C , sometiéndolos simultáneamente a una carga, sufren deformación. En estas circunstancias la temperatura de aplastamiento es muy inferior al verdadero punto de fusión del material. La curva de la fig. 10 indica el comportamiento en carga de un hormigón refractario que contiene 15 % de cemento fundido, en la que puede verse la gran refractariedad de este tipo de hormigones. Cuando la dosificación en cemento aumenta a 20 %, la temperatura a que se produce el aplastamiento por fusión disminuye (1.420°C) y lo mismo puede decirse para hormigones más dosificados.

Para un hormigón 3 : 2 : 1, cuyos áridos gruesos y finos están constituido por ladrillo refractario machacado, la marcha de la expansión y contracción en función de la temperatura, puede verse en la fig. 12. Los primeros síntomas de contracción se han observado a 1.175°C ; la expansión cero corresponde a 1.300°C y la temperatura a que se produce el aplastamiento final, es de 1.400°C . Para este ensayo se utilizó una probeta de $89 \times 50 \times 38$ mm.; la velocidad de calentamiento es de $50^{\circ}/7$ minutos.

Aplicaciones de los hornigones refractarios.

Cada vez se utiliza más el hornigón refractario para numerosas industrias. Los recubrimientos, estructuras y fundaciones de los hornos para fundir aluminio, estaño, cinc, bronce y otros metales no férricos, se construyen en este tipo de hornigón. En las fábricas de gas del alumbrado encuentra numerosas aplicaciones (soleras de los hornos de coke, recubrimiento de retortas, orificios de salida de gases, conducciones horizontales y chimeneas), así como en los hornos cerámicos de cualquier tipo. Otro tanto puede decirse de los departamentos de calderas de vapor, partes accesorias de los hogares, mamparas y apoyos para hornos rotativos de cemento, caleras, fábricas de yeso y, en general, en todos aquellos casos en que la estructura deba soportar temperaturas superiores a los 1.000 ° de un modo continuo.
