

35



C/L.

MEMORIA DESCRIPTIVA

para una patente de invención, por veinte años, por: " Procedimiento para la fabricación de cemento inalterable al agua " a favor de Don Lennart FORSÉN, residente en Malmö - Limhamn (Suecia).-

====

Es sabido que en la reacción del cemento Portland con el agua se separan cantidades considerables de hidróxido de calcio. El elemento principal del cemento Portland Alith o el Silicato tricálcico (3CaO.SiO<sup>2</sup>) separa en efecto en la reacción con agua un tercio de su contenido de cal en forma de hidróxido de calcio, mientras que dos tercios del contenido de cal se combinan en hidrosilicato dicálcico según la fórmula 3CaO.SiO<sup>2</sup> + aq → Ca(OH)<sup>2</sup> + 2CaO. SiO<sup>2</sup>. aq.

El hidróxido de calcio formado es soluble en agua con relativa rapidez y facilidad, mientras que por el contrario el hidrosilicato de calcio formado lo mismo que los hidroaluminatos de calcio formados del aluminato se disocian con relativa lentitud y con la misma se disuelven en el agua. Según ésto al lavar repetidas veces el hormigón endurecido y pulverizado la descomposición del cemento se efectuará teniendo primeramente lugar una disolución rápida de la cal y luego una disolución más lenta a consecuencia de la disgregación hidrolítica lenta del hidrosili-



cato de calcio y del hidroaluminato de calcio.

De lo anteriormente explicado se desprende que se lograría un progreso muy importante con relación a la inalterabilidad del hormigón en agua si se encontrase un medio barato y eficaz que permitiese fijar todo el hidróxido de calcio formado en la reacción del cemento con el agua. Con más o menos certero intento hace ya tiempo que se ha procurado encontrar este medio. Así para obtener hormigón inalterable en el agua se han recomendado aditamentos como trass, tierra puzolana, gel de sílice, polvo de ladrillo etc. Y ya por el tiempo de Salomón y durante la época antigua de los romanos se construyeron conducciones de agua con cal apagada y polvo de ladrillo.

Ninguno de los medios arriba indicados condujo a un resultado completamente satisfactorio, el cual sin embargo se logra según el presente invento que se refiere a un procedimiento para la fabricación de cemento inalterable al agua mediante adición de una arcilla calcinada a 500-1.000° C. La característica del invento es que el correspondiente material adicional lleva un elevado contenido en caolín ( $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ). Probablemente el elevado efecto del caolín calcinado se funda en la circunstancia conocida de que al calcinar a 500-1.000° C. el ácido silícico y el óxido de aluminio del caolín se convierte en una forma más soluble y más reaccionable.

El ataque del agua sobre el hormigón depende según esto en su mayor parte del contenido del hormigón en hidróxido de calcio,  $Ca(OH)_2$ . El hidróxido de calcio es por una parte directamente soluble en agua y por otra forma con el ácido carbónico bicarbonato cálcico soluble. Con las sales de magnesio se forman por doble descomposición sales solubles de calcio e hidróxido de magnesio. Los sulfatos forman por su parte sulfato de calcio o yeso, que hace estallar al hormigón y cuya descomposición y dilución origina. La arcilla calcinada a 500-1.000° C. fija el hidróxido de calcio en el hormigón y lo hace así inalterable contra el ataque que del agua corrosiva.

Por el exámen sistemático de la capacidad de diversas arcillas después de calcinadas durante diverso tiempo y a diversas temperaturas y



195415

después de trituradas a la finura del cemento, para fijar el hidróxido de calcio, se ha establecido ahora por el inventor el que las arcillas ordinarias glaciales no tienen efecto alguno o sólo extraordinariamente pequeño, mientras que por el contrario, el caolín, calcinado a unos 750° C y luego finamente molido, presenta una acción completa y cuantitativa, pues ya después de noventa días de estar en el agua se fija todo el hidróxido de calcio separado por el cemento. Algunos de los resultados de los ensayos se señalan en la siguiente tabla:

	Ca(OH) <sup>2</sup> libre en el hormigón expresados en por cientos de CaO, del contenido total de éste, después de:	
	<u>28 días</u>	<u>90 días</u>
10		
Cemento Portland	23,7	24,7
3 partes de cemento Portland: 1 parte arcilla glacial	23,2	19,7
1 parte cemento Portland: 1 parte arcilla glacial	19,4	12,5
15		
3 partes cemento Portland: 1 parte caolín	8,5	5,8
1 parte cemento Portland: 1 parte caolín	3,8	0

Tanto el exámen cuantitativo, análitico como microscópico han demostrado que con caolín calcinado a unos 750° C todo el hidróxido cálcico se fijó por el cemento después de estar 90 días en agua.

El procedimiento según el invento puede ejecutarse de manera que los Klinker de cemento Portland y la cantidad necesaria de yeso se muelan con caolín calcinado a una temperatura aproximada de 500-1.000° C o con otro material de la clase indicada que contenga caolín o también el cemento Portland ya acabado se puede mezclar en la Fábrica o en el punto de trabajo con el material calcinado a la temperatura indicada y que se haya molido a la finura del cemento.

La cantidad del material calcinado de caolín que se mezcla con cemento, debe ser tal que la mezcla definitiva contenga por lo menos una molécula de caolín por dos moléculas de silicato tricálcico. Con preferencia se emplean arcillas que contengan por lo menos 25 % de caolín.

Los ensayos hechos han demostrado también que por efecto de la



135415

- 4. -

capacidad del material de caolín calcinado a 500-1.000° C de fijar la cal, puede también obtenerse un conglomerante hidráulico muy conveniente para ciertas aplicaciones, mezclando caolín calcinado y molido a la finura de cemento con cal apagada  $\text{Ca(OH)}_2$ , o también moliendo juntos caolín<sup>calcinado</sup> y cal apagada. En lugar del cemento Portland o de la cal pueden también emplearse ventajosamente otros conglomerantes hidráulicos que contengan cal, como cemento romano, cemento natural, cal hidráulica, etc. o también cemento de aluminato.

La fabricación del caolín calcinado de la clase antes indicada no puede sin más realizarse ventajosamente en un horno ordinario giratorio para la calcinación de cemento. La calcinación ordinaria de éste se realiza a una temperatura de 1.400-1.500° C y se ha demostrado que cuando se intenta reducir esta temperatura a 750° C y calcinar en este horno el material caolínico, se apaga la llama de polvo de carbón empleada para el caldeo.

Sin embargo técnica y económicamente se puede ejecutar con ventaja la calcinación en un horno rotatorio cuando la zona de combustión del horno se mantiene libre de arcilla y sólo se emplea como cámara de encendido y combustión. Esto puede lograrse alejando completamente la arcilla del horno, introducida en la forma conocida en el extremo superior más frío del mismo horno, a través de orificios de evacuación practicados fuera de la zona de combustión y antes de que la misma llegue a esta zona. Colocando estos orificios de evacuación a diversas distancias de la zona de combustión se hace posible elegir de tal manera el punto de evacuación que la arcilla antes de ésta se caliente a la temperatura requerida.

En ciertos casos basándose en la construcción del horno o en otras circunstancias locales podrá ser preferible utilizar para la calcinación de la arcilla todo el largo del horno. También en estos casos para hacer posible calentar la arcilla sólo a la temperatura requerida relativamente baja, se puede proveer el horno rotatorio de una cámara estacionaria de combustión colocada fuera del mismo y en la que se queme el polvo de carbón. Los gases de la combustión con el exceso de aire posiblemente necesario para ajustar la temperatura óptima, se introducen



195415

desde la indicada cámara de combustión en el horno rotatorio, en el que de esta manera puede mantenerse la temperatura requerida.

Naturalmente que cuando el contenido de cal en el cemento emplea-  
do es pequeño, ésto es ya de por sí causa de que en la reacción del ce-  
5 mento con el agua se separa una menor cantidad de hidróxido de calcio.  
Cuando el cemento contiene además una pequeña porción de óxido de alumi-  
nio, se ha comprobado que se reduce el desprendimiento de calor en la  
reacción indicada. Cementos de este tipo se fabrican en Suecia y ahora  
también en los Estados Unidos de América para la construcción de liques  
10 y son característicos por el hecho de que se calculan según la conocida  
fórmula de bogue para los elementos del cemento,  $3CaO \cdot SiO^2 + x(2CaO \cdot SiO^2) + y(4CaO \cdot Al^2O^3 \cdot Fe^2O^3) + z(3CaO \cdot Al^2O^3)$  y contienen tan poca cal  
que el contenido de silicato dicálcico ( $2CaO \cdot SiO^2$ ) es por lo menos  
igual al contenido en silicato tricálcico ( $3CaO \cdot SiO^2$ ) y el contenido  
15 de aluminato tricálcico fuerte generador de calor queda limitado.

Como el material caolínico calcinado reacciona con relativa  
lentitud, puede ser conveniente en ciertos casos emplear un cemento de  
reacción lenta de la clase arriba descrita, cuyo contenido en aluminato  
tricálcico calculado según la fórmula bogue sea cuando más 6 %. El fra-  
20 guado de la cal sea realiza entonces aproximadamente en el grado que se  
separa del cemento de por sí más pobre en cal.

Según lo anterior se obtiene un cemento al mismo tiempo inal-  
terable al agua y que desarrolla poquísimo calor incorporando el material  
caolínico calcinado a un cemento con pequeño contenido en silicato tri-  
25 cálcico y también pequeño contenido en aluminato tricálcico.

La adición de material caolínico calcinado al cemento Portland  
tiene un influjo muy favorable sobre las características de resistencia  
del hormigón después de largo tiempo de estacionamiento, por ejemplo des-  
pués de 28 y 90 días, y en ciertos casos se ha comprobado una resisten-  
30 cia hasta 40 - 50 % mayor que la del cemento Portland empleado. Este efec-  
to se debe a que el hidróxido cálcico reacciona con el caolín, probable-  
mente con el ácido silícico, formando productos análogos de carácter co-  
loidal, hidrosilicato cálcico, que se forma del elemento silícico del ce-  
mento Portland. Estas combinaciones de forma de geles elevan la resisten-



cia del hormigón en alto grado muy especialmente se aumenta la tenaci-  
 dad del mismo hormigón o sea la resistencia a los esfuerzos de tracción.  
 Un cemento con resistencia más elevada de tracción se ha echado de me-  
 nos ya hace largo tiempo, como es sabido, y gracias al invento también  
 5 se logra este resultado.

Para obtener buenas resistencias iniciales se puede sin embar-  
 go aseverar la marcha de la reacción agregando aceleradores conocidos,  
 por ejemplo cloruro de calcio o de aluminio. Así agregando aceleradores  
 en la fabricación de un producto de caolín calcinado y de cemento pobre  
 10 en cal y de reacción relativamente lenta de la clase arriba indicada,  
 puede obtenerse un cemento que posea un contenido menor de cal y una re-  
 sistencia inicial y final elevadas, y que proporcionen un hormigón exen-  
 to de hidróxido de calcio e inalterable al agua.

N            O            T            A.-  
 = = = = =

15            Descrito suficientemente el presente invento lo que se decla-  
 ra como de novedad é invención propia, son las siguientes reivindicacio-  
 nes:

1.- Un procedimiento para la fabricación de un cemento inalte-  
 rable al agua por adición de una arcilla calcinada a unos 500-1.000° C,  
 20 o de un material análogo, caracterizado porque como material adicional  
 se emplea uno con un contenido elevado en sustancia caolínica.

2.- Un procedimiento según lo reivindicado en el punto 1, ca-  
 racterizado porque el material adicional calcinado y el conglomerante  
 que contiene cal se muelen juntos.

25            3.- Un procedimiento según lo reivindicado en los puntos 1 y 2,  
 caracterizado porque se emplea tan gran cantidad de material caolínico  
 que la mezcla definitiva contenga de sustancia caolínica la necesaria  
 para fijar la cantidad de hidróxido cálcico dejada libre por el cemento  
 empleado.

30            4.- Un procedimiento según lo reivindicado en los puntos 1 á  
 3, caracterizado porque se emplea tan gran cantidad de arcilla caolínica



193415

que en el cemento por dos moléculas de silicato tricálcico ( $3CaO \cdot SiO^2$ ) -calculado por la fórmula bogue- exista por lo menos una molécula de cao lín ( $Al^2O^3 \cdot 2SiO^2$ ).

5 4, caracterizado porque la arcilla caolínica calcinada se mezcla con un cemento Portland de tal composición que calculado por la fórmula bogue contenga por lo menos igual cantidad de silicato dicálcico que de tri-cálcico.

10 5, caracterizado porque la arcilla caolínica calcinada se mezcla con un cemento Portland de tal composición que calculado por la fórmula bogue tenga un contenido de aluminato tricálcico de cuando más 6 %.

15 6, caracterizado porque se incorpora cloruro de calcio neutro o básico, cloruro de aluminio u otra combinación química que en la forma conocida acelere el fraguado y endurecimiento del cemento.

8.- Procedimiento para la fabricación de cemento inalterable al agua.- Según se describe y reivindica en la presente memoria descriptiva.

20 Consta esta memoria de siete páginas foliadas y escritas á má quina por una sola cara.

Madrid, á 22 de Agosto de 1934.-

Leocadio López y López.-

P.P.=