

- Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento -

611-34 ACELERACION DEL ENDURECIMIENTO DE LOS CEMENTOS MEDIANTE EL EM-
PLEO DE GERMEÑES CRISTALINOS SELECCIONADOS

(Possibilités nouvelles dans le durcissement rapide des ciments, mortiers et bétons)

M. Duriez, R. Lézy

De: "ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BÂTIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS", año 9, nº 98, febrero 1956, pág. 137

I. FUNDAMENTOS GENERALES

La precipitación cristalina, en un medio sobresaturado, puede ser activada y dirigida en cierto sentido mediante la siembra, incluso en cantidades pequeñísimas, de microcristales de tipo apropiado. Estos cristales se multiplican, proliferan y dan lugar a formaciones maciadas.

En las dispersiones coloidales muy viscosas, las formaciones micelares se mantienen en un estado inestable, intermedio entre el sol y el gel, hasta que la aparición de un elemento del mismo origen, pero en un estado superior de evolución, orienta al sistema hacia una separación total y brutal de las dos fases que se encuentran en presencia: por una parte, la fase sólida que se fija en aglomerados más compactos, y por otra, la fase intergranular, que queda liberada.

En el sistema tan complejo, constituido por el cemento colocado en fase acuosa, tanto la progresión arquitectónica como la configuración definitiva del sistema cristalino, dependen estrechamente de todos los factores que influyen sobre la formación de los diversos tipos de cristales y sobre la precipitación más o menos neta de los

elementos coloidales. La orientación y el desarrollo de las estructuras varían según las concentraciones de elementos disueltos o dispersos, es decir, según el estado físico del sistema (viscosidad, rigidez del medio y concentraciones de los diversos elementos de la solución).

Se concibe, por tanto, y se puede comprobar experimentalmente, que la adición de gérmenes activos de cristalización puede influir considerablemente sobre el desarrollo del endurecimiento de los cementos y sobre las resistencias alcanzadas.

Desde luego, el empleo de gérmenes cristalinos no es una novedad ni en sus fundamentos físicos generales ni en su aplicación al cemento. La novedad del método se halla en que los gérmenes activos no se utilizan para provocar alteraciones por orientación hacia un determinado tipo cristalino -tal como ya ha investigado Lafuma-, sino para provocar y orientar las precipitaciones y las cristalizaciones en el seno de los cementos, morteros y hormigones hidráulicos, acelerándose, de esta forma, el endurecimiento y logrando un crecimiento de las resistencias.

II. GERMEENES CRISTALINOS. SUS CLASES Y SU PREPARACION

Los gérmenes cristalinos empleados (en una proporción del 2% del peso de cemento utilizado) proceden de cementos ya endurecidos. Ahora bien, es preciso distinguir varios casos, según el tipo de cemento de que proceden los gérmenes en cuestión:

a) Los gérmenes pueden provenir de un cemento del mismo origen que el utilizado en la experiencia, pero que ya ha fraguado, a temperatura ambiente. Este hecho permite un aprovechamiento de los cementos que, almacenados durante largo tiempo, han sufrido un fragua

do parcial; para su empleo se lleva a cabo su fraguado total (*).

b) Se pueden utilizar, también, gérmenes procedentes de un cemento de la misma naturaleza que el empleado como aglomerante, pero fraguado y endurecido a temperaturas superiores (110°C). No conviene sobrepasar un cierto límite de temperatura (180°C), pues pueden producirse efectos nocivos.

c) Se pueden emplear gérmenes procedentes de cementos de naturaleza semejante e incluso totalmente diferente del aglomerante utilizado. Sembrando gérmenes, seleccionados de una u otra forma, se impide una aparición anárquica e irregular de los diferentes cristales que, por su proliferación, su crecimiento o su reticulación, provocan el endurecimiento progresivo de los morteros y hormigones.

d) Se pueden utilizar, simultáneamente, gérmenes de distintos orígenes, e incluso sometidos a tratamientos diferentes, obteniéndose de esta forma, en muchos casos, el máximo efecto favorable.

La preparación de los gérmenes activos de cristalización requiere, en primer lugar, un fraguado previo, y después una molienda, hasta el grado de finura deseado (**). Entre los métodos, que permiten alcanzar los mejores resultados, podemos citar:

a) Se prepara una pasta normal de cemento (250 cm^3 de agua para 1 kg de cemento). Se conserva, durante 24 horas, en aire a 20°C y con una humedad relativa tan elevada como sea posible; después, se sumerge en agua dulce, a la misma temperatura, durante 7 días. Se tri-

(*) A pesar de todo interesa, en todo momento, utilizar cemento fresco que, sometido a un tratamiento adecuado, permite alcanzar el mejor rendimiento.

(**) Suele ser la del cemento utilizado, pero también puede ser mayor.

tura en nódulos, que se conservan en una estufa ventilada, a 50°C, durante 5 días. Finalmente, los nódulos secos se muelen a la finura del cemento.

Los gérmenes, obtenidos de esta forma a partir de cal hidráulica, cemento metalúrgico mixto o cemento de escorias, permiten ~~ace~~ acelerar el crecimiento de las resistencias mecánicas de las cales hidráulicas, de los cementos portland artificiales y de los cementos puzolánicos.

Las resistencias medias a los 7 días quedan cuadruplicadas en las cales hidráulicas y aumentadas en un 50% en los otros cementos.

b) Los gérmenes se fabrican, a partir de cales hidráulicas, cemento portland, cemento de escorias, cementos puzolánicos o cementos sobresulfatados, con tratamiento a 20, 50, 100 y 120°C. Su empleo permite aumentar notablemente las resistencias mecánicas de todos estos mismos aglomerantes.

Desde luego, no conviene utilizar los gérmenes más que después de un control experimental preciso; pues algunos de ellos, tratados a temperaturas del orden de 180°C, pueden determinar un efecto no civo sobre ciertos cementos. Se encuentra esta influencia perjudicial de los gérmenes, tratados a temperaturas francamente superiores a la normal, en el caso de los cementos aluminosos (con gérmenes del mismo origen). Sin embargo, podría ser que los gérmenes de cemento aluminoso, tratados a una temperatura tan baja como fuese posible, tuviesen un efecto favorable, orientando la cristalización hacia la formación de cristales hexagonales de aluminato. Ahora bien, parece bastante pro bable que, por múltiples circunstancias pero especialmente por algún calentamiento localizado, siempre se formen, durante el fraguado normal del cemento aluminoso, algunos cristales cúbicos de aluminato; los cuales, en condiciones favorables, podrían desarrollarse, ejerciendo

un efecto perjudicial. Por el momento, parece que la corrección de este hecho debe llevarse a cabo mediante una cristalización dirigida por gérmenes preparados a temperaturas bajas.

c) Se pueden utilizar mezclas de gérmenes procedentes de un mismo cemento o de cementos diferentes, que hayan alcanzado estados distintos de evolución. A título de ejemplo podemos presentar una de estas mezclas, constituidas por gérmenes obtenidos, respectivamente, mediante tratamiento de 7 días a 50°C, de 7 días a 18°C, de 24 horas a 18°C y de 6 horas a 18°C. Esta mezcla, en una proporción de 2%, permite modificar totalmente la resistencia del cemento utilizado.

III. COMPARACION ENTRE EL METODO DE GERMENES ACTIVOS Y LOS PROCEDIMIENTOS CLASICOS

El tratamiento mediante gérmenes parece oponerse, al menos aparentemente, al tratamiento de los aglomerantes mediante soluciones de cloruro cálcico, sulfato sódico, carbonato sódico, etc., que aceleran también el endurecimiento de numerosos cementos. Ahora bien, la adición (2%) de gérmenes presenta, respecto a la de cloruro cálcico, la ventaja de no influir sobre la retracción ni sobre el entumecimiento de los cementos, morteros y hormigones.

Las adiciones de cloruro cálcico (2%) y las de gérmenes (2%) son perfectamente compatibles: los efectos son aditivos, y el empleo conjunto permite lograr el máximo efecto desde el punto de vista de aceleración del endurecimiento, sin modificación de la retracción que se obtendría mediante el empleo aislado de una solución de cloruro cálcico (2%).

También constituye una diferencia fundamental el hecho de que los gérmenes determinen un crecimiento de las resistencias finales, al menos para numerosos cementos.

También existe compatibilidad entre el empleo de gérmenes y el de plastificantes, aireantes, etc., existiendo independencia entre sus efectos.

IV. APLICACIONES PRACTICAS

Las anteriores consideraciones permiten deducir unas consecuencias prácticas respecto a la forma más adecuada de conseguir ~~aglo~~ merantes con gérmenes:

a) Puede lograrse mediante una modificación en el almacenamiento normal del cemento. Evidentemente, una ligera hidratación del cemento almacenado correspondería, en sus efectos, a una siembra de ~~gr~~ menes cristalinos hidratados, provocando una aceleración del endurecimiento; este hecho permitiría reducir la finura de molido. Al mismo tiempo se provocaría la transformación a yeso del sulfato cálcico hemihidrato, que existe en los cementos molidos en caliente, y que ~~cons~~ tituye uno de los elementos a que se debe el falso fraguado del cemon to.

Ambos hechos influirían favorablemente sobre el peligroso ~~fenómeno~~ del agrietamiento.

b) Se puede pensar también en un almacenamiento suficientemente prolongado de los clínkeres antes de la molienda. Este ~~almace~~ namiento puede realizarse en montones, en cobertizos al aire libre. De esta forma, puede esperarse una hidratación del orden de 10μ ; de ~~for~~ ma que se necesitarían unos tres meses para alcanzar una hidratación de unas 30μ (límite máximo, que puede alcanzar esta hidratación). De esta forma, se tendrían dos ventajas, como son: el empleo de clínkeres con gérmenes y la eliminación del peligro de la importante transformación del yeso durante la molienda del clínker.

c) También puede ser interesante un almacenamiento de las escorias granuladas, en agua o aire húmedo, durante dos o tres meses, antes de su secado y molienda. De esta manera, se consigue iniciar una formación de gérmenes que favorecerá el endurecimiento en el momento de su empleo.

En cambio, es peligroso almacenar la pasta fina y pura de escorias molidas, pues la cantidad de gérmenes se hace excesiva y puede ejercer acciones perjudiciales. Esta es la razón de que se procure secar rápidamente las pastas puras de escorias molidas en húmedo.

S.F.S.

- - -