

# Cohesión en morteros. Efectos de aditivos

P. KITTL\* y J. H. CASTRO\*\*

## RESUMEN

Se estudia la hidratación del clinker en presencia de diferentes aditivos encontrándose que los aceleradores, como el cloruro cálcico y el ácido salicílico, producen tobermorita de fibra larga y los inhibidores, como el azúcar, tobermorita de fibra corta. Este mismo efecto se encuentra en la anhidrita, produciéndose cristales de yeso largo, en presencia del sulfato de sodio, y cristales cortos en ausencia del catalizador. La cohesión de un mortero depende luego del largo de sus fibras. Así la cohesión de los morteros de cemento y anhidrita se explican en función del rol de la fibra.

## ABSTRACT

This study was concerned with the hydration of clinker compounds in the presence of different additives; it appeared that accelerating additives, such as calcium chloride and salicylic acid, produce longer fibers of tobermorite, whereas inhibitors, such as sugar, produce shorter fibers of tobermorite. This same effect was observed in the hydration of anhydrite, in which large crystals of gypsum were produced in the presence of sodium sulphate. So the cohesion in mortars of cement and anhydrite is explained in terms of the role of fibers.

## INTRODUCCION

En la industria del cemento y concreto se utilizan con gran profusión una serie de aditivos orgánicos e inorgánicos con el objeto de acelerar o retardar su fraguado, reducir la cantidad de agua de amasado, inducir porosidad, etc. (1, 7).

La evaluación de los efectos de tales aditivos se ha llevado a cabo considerando fundamentalmente las propiedades físicas o mecánicas de concretos y morteros, pero los trabajos relacionados con la micromorfología de los productos de hidratación de las pastas son relativamente escasos (6, 7).

Recientemente, estos mismos autores, han descrito los mecanismos de hidratación inicial del  $C_3S$  y del  $C_2S$  e ilustrando el rol de la CHS —tobermorita— en la aglomeración de cementos.

\* Instituto de Investigaciones y Ensayos de Materiales (IDIEM) de la Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Casilla 1420, Santiago, Chile.

\*\* Departamento de Materiales, Universidad Federal de Sao Carlos, Brasil.

La falta de datos experimentales que permitan visualizar y formular un modelo autoconsistente acerca del efecto de aditivos en el proceso de hidratación de morteros de cementos y anhidrita ( $\text{CaSO}_4$ ), han motivado la realización del presente trabajo, tomando en consideración las propiedades de las soluciones de  $\text{CaCl}_2$  y los efectos quelantes y estéricos de las sustancias orgánicas empleadas en este estudio.

## PREPARACION DE LAS MUESTRAS

Para la preparación de las muestras de clínker se usó una que tenía como componentes mayoritarios  $\text{C}_3\text{S}^*$  en una matriz de  $\text{C}_4\text{AF}$ . Esta muestra fue pulida cuidadosamente en una mezcla de alúmina y keroseno y luego tratadas en: agua pura; solución al 1 % de cloruro de calcio en agua; solución al 0,18 % de ácido salicílico en agua; solución de 1 % azúcar en agua\*\*. Los tratamientos se hicieron de 3 y 6 minutos para observar el efecto del tiempo.

El mortero de anhidrita fue preparado utilizando 85 % de anhidrita, 12 % de  $\text{H}_2\text{O}$  y 1 % de sulfato de sodio como catalizador y luego de 28 días se le fracturó.

Todas las muestras fueron sombreadas con una aleación de 60 % de oro y 40 % de paladio y observadas con un microscopio de barrido Cambridge Stereoscan.

## RESULTADOS OBTENIDOS

En el primer ensayo, hidratación de clínker con agua pura se obtuvo el resultado ya descrito por Kittl y Castro (8) (fig. 1), es decir una capa superficial de CHS —tobermorita— y cristales de CH —portlandita—.

Con el agregado de aditivos como el cloruro de calcio o el ácido salicílico, es posible observar tobermorita de fibra más larga (figs. 2 y 3), en tiempos en que la hidratación con agua pura sólo produce portlandita y la capa superficial de tobermorita.

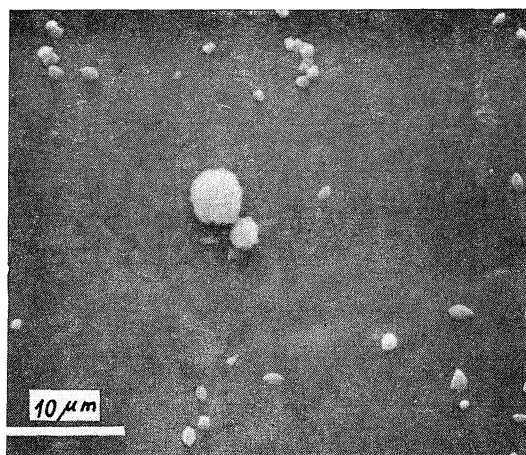


Fig. 1.—Clínker pulido e hidratado 3 min en agua pura. Cristales de portlandita (CH).

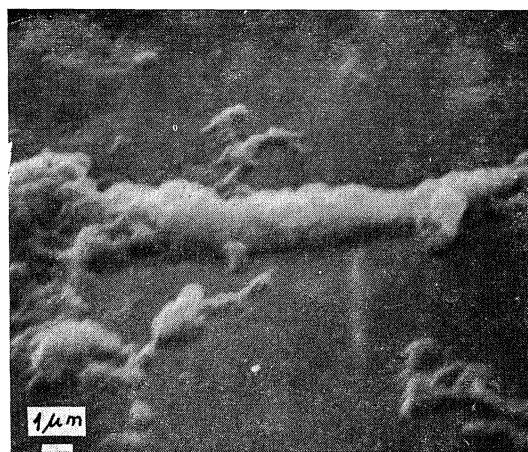


Fig. 2.—Clínker pulido e hidratado 3 min en una solución al 1 % de cloruro de calcio. Acumulaciones de tobermorita (CHS).

\* La composición del cemento se representa como suma de óxidos, cuya fórmula se abrevia: (C  $\equiv$  CaO, S  $\equiv$   $\text{SiO}_2$ , A  $\equiv$   $\text{Al}_2\text{O}_3$ , F  $\equiv$   $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , H  $\equiv$   $\text{H}_2\text{O}$ ). Este sistema es usado en química del cemento.

\*\* Los porcentajes significan gramo/gramo.

Con el agregado de un inhibidor como el azúcar los productos de hidratación que se pueden observar son cristales grandes, probablemente de portlandita, y un agregado fino —que sirve de base a los cristaliticos— probablemente algún tipo de tobermorita con fibras menos desarrolladas (figs. 3 y 4).

En el caso del mortero de anhidrita se puede apreciar (fig. 5), la presencia de fibras de sulfato cálcico en que la relación largo-diámetro es bastante acentuada; las propiedades mecánicas de este material están en una relación de 1:12 con el mortero sin catalizador. El efecto del catalizador se puede describir como favorecedor de la formación de fibras de sulfato cálcico, cosa evidente comparando con la falta de cristales largos en un mortero de anhidrita sin catalizador (fig. 6).

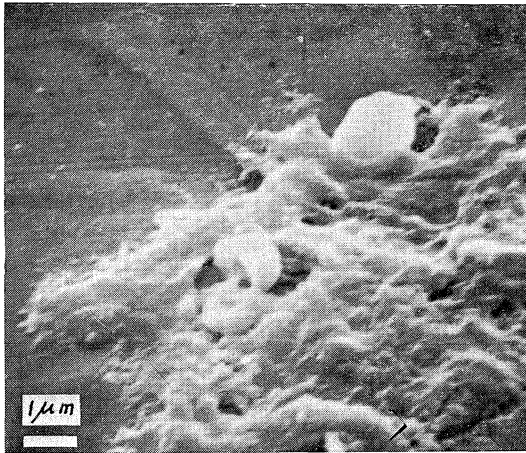


Fig. 3.—Clínker pulido e hidratado 6 min en una solución al 0,18 % de ácido silícico. Cristales de portlandita (CH) rodeados de abundante tobermorita (CHS).

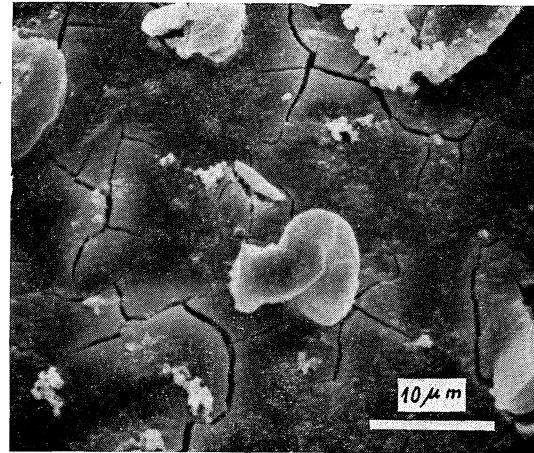


Fig. 4.—Clínker pulido e hidratado en una solución al 1 % de azúcar. Cristales de portlandita (CH) en un lodo de tobermorita (CHS).

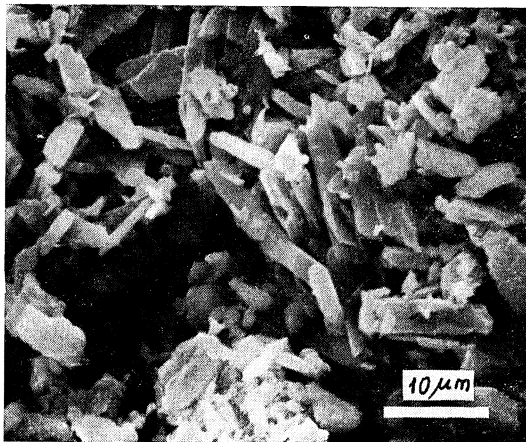


Fig. 5.—Mortero de anhidrita con 1 % de sulfato de sodio (catalizador).

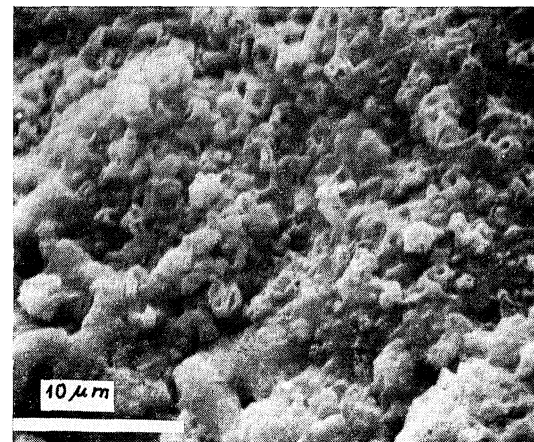


Fig. 6.—Mortero de anhidrita sin catalizador.

## DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Es necesario atribuir (3, 6) la resistencia mecánica del hormigón a la morfología de la tobermorita (CHS) que se genera durante la hidratación, debido a que las medidas de la fuerza de Van der Waals (9) indicarían que éstas no pueden dar cuenta de la energía de cohesión del hormigón.

De esta manera los resultados obtenidos que muestran que una acción aceleradora de un aditivo corresponde a que la fibra larga aparece con mayor prontitud, mientras que un inhibidor produce una especie de lodo de tobermorita, que al carecer de la propiedad de anudarse carecería de cohesión, están totalmente de acuerdo con el anterior punto de vista.

Este mismo efecto es evidente con el mortero de anhidrita, la presencia del aditivo que le da propiedades aglomerantes produce cristales largos, su ausencia cristales mucho más chicos.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su gratitud al profesor W. J. Knapp del Departamento de Materiales de la Universidad de California; se agradece también la ayuda del programa Chile-California, y, finalmente, a la Sra. Mariana Ramos por haber realizado el trabajo fotográfico.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) SANTOR POPOVIC: *Materiales de Construcción, Ultimos Avances*, 136, 29 (1969).
- (2) H. STEIN: *J. Appl. Chem.*, 11, 482 (1961).
- (3) W. RICHARTZ: *Zement Kalk Gips*. 18, 449 (1965).
- (4) C. R. C. MIELENZ: *Proc. V. Int. Symp. Chemistry of Cement, Vol. IV*, 1 (1969).
- (5) J. SKALNY: *J. Colloid Interface Sci.*, 36, 434 (1971).
- (6) W. RICHARTZ: *Materiales de Construcción, Ultimos Avances*, 140, 63 (1970).
- (7) J. F. YOUNG: *J. Amer. Ceram. Soc.*, 53, 65 (1970).
- (8) P. KITTL, J. H. CASTRO: *Materiales de Construcción, Ultimos Avances*, 1958, 81 (1975).
- (9) P. KITTL, P. LYON y R. ARELLANO: *En publicación*.
- (10) L. HEILBRAUM y J. H. CASTRO: *Concreto leve de anhidrita, Proceedings 3.º Inter. Amer. Conf. of Mat. Tec., Rio de Janeiro, Brasil*, (1973).