

EL FENOMENO DE FALSO FRAGUADO EN LOS CEMENTOS Y SU MEDICION

Jorge ARRIBADA C.*

RESUMEN

Se trata de la anomalía que presenta la pasta de cemento en la primera fase de su hidratación, conocida como falso fraguado, su interpretación y las medidas que permiten su valoración. Se interpreta el método dado por la Norma ASTM para pastas de cemento aclarando su medición con valores de ensayo.

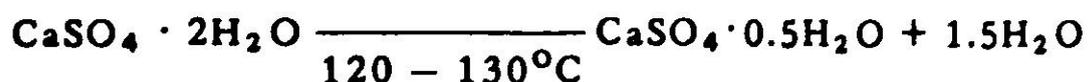
INTRODUCCION

El fenómeno físico-químico, que suele presentarse con alguna frecuencia en la hidratación de los cementos, conocido con el nombre genérico de falso fraguado, se manifiesta por un brusco aumento de la rigidez de la pasta de cemento durante o después del amasado sin desprendimiento importante de energía calórica.

El prematuro atiesamiento que se produce en la pasta ha sido estudiado por numerosos investigadores, que piensan que ello se debe principalmente a la formación de una especie de núcleo de yeso parcialmente deshidratado por el calor desarrollado en el proceso de molienda del cemento, o bien, por efecto de la cal libre (CaO) del clínker

* Químico, IDIEM.

La deshidratación del yeso:



es función del tiempo de molienda, del contenido de humedad y de la temperatura que alcanzó en el proceso.

Por otra parte la aireación (CO_2) del cemento en presencia de iones Ca^{++} , con un pH elevado (CO_3^{--}) con altos contenidos de álcalis, puede dar origen a que la pasta se ponga rígida por la formación de carbonatos alcalinos. También se estima que la posibilidad de esta rigidez se deba a ciertos fenómenos superficiales a causa de cargas electrostáticas.

La frecuencia con que aparece esta anomalía en los cementos chilenos no es muy alta, pero la probabilidad de ocurrencia está en aumento a causa de molienda cada vez más fina, incrementando con ello la posibilidad de formación de fenómenos superficiales.

El falso fraguado no suele presentar grandes inconvenientes, por cuanto un amasado más prolongado restituye la plasticidad de la pasta, llegándose a obtener un fraguado normal. No debe confundirse con el llamado fraguado rápido, en el cual se desarrolla un fuerte desprendimiento de calor y una rigidez irreversible.

Ante un cemento caliente que presente este fenómeno, se puede adoptar la precaución de dejar reposar el cemento algún tiempo con lo que el falso fraguado desaparece. Es muy importante, sin embargo, saber diferenciar la magnitud de este fenómeno cuando está presente en el cemento, y en el caso de ser excesivo llegar incluso a rechazar el cemento que presenta esta anomalía.

En el aspecto normativo, las normas chilenas no establecen especificaciones relativas al falso fraguado ni tampoco incluyen método alguno para evaluarlo. Por estas causas el grado de rigidez de la pasta de cemento a causa del falso fraguado se puede valorar por medio de diversos métodos de ensayo, siendo el más usado el adoptado por la Norma ASTM C451-74.

PRINCIPIO DEL METODO

El método de ensayo para poner de manifiesto el fenómeno de falso fraguado a partir de una pasta de cemento, debe establecer una consistencia muy fluída, superior al agua de consistencia normal, con el objeto de lograr el propósito de favorecer una rápida disolución de los componentes del cemento causantes de falso fraguado y además para hacer resaltar al máximo, por comparación, la rigidez posterior de la pasta de cemento debida al falso fraguado. Si se adopta en el ensayo el método de penetración con la sonda de Tetmayer para la medida de

consistencia de la pasta y el molde tronco-cónico clásico en los ensayos de cemento, la plasticidad de la pasta queda limitada por la altura del molde, 40 mm; es decir, que la plasticidad debe ser como máximo aquella que permita una penetración máxima de 39 mm de la sonda en dicha pasta.

ASTM C451-74

En el método de la Norma ASTM, se parte de una pasta de cemento de mayor fluidez que la de consistencia normal. La cantidad de agua empleada en el amasado de la pasta es en este caso aquella que permite una penetración de la sonda de Tetmayer de 32 ± 4 mm en la probeta de 40 mm de altura y contenida en el molde tronco-cónico normalizado.

La penetración de la sonda se denomina en el ensayo penetración inicial, P1.

Obtenida la pasta de consistencia indicada anteriormente se deja reposar en el molde 5 minutos, transcurridos los cuales se vuelve a determinar la profundidad de la penetración de la sonda. A ésta se le llama penetración Final, P2.

Finalmente se rompe la estructura rígida de la pasta cuya consecuencia es el falso fraguado, por medio de un remezclado mecánico de la pasta. Después de este segundo amasado la pasta se reintegra al molde y se vuelve a medir la penetración de la sonda, penetración P3.

En la Norma ASTM se especifican todas las condiciones del ensayo, características de la amasadora, tiempo de operación, temperaturas, etc.

En la Fig. 1 se presenta el esquema del ensayo de falso fraguado de cuatro cementos.

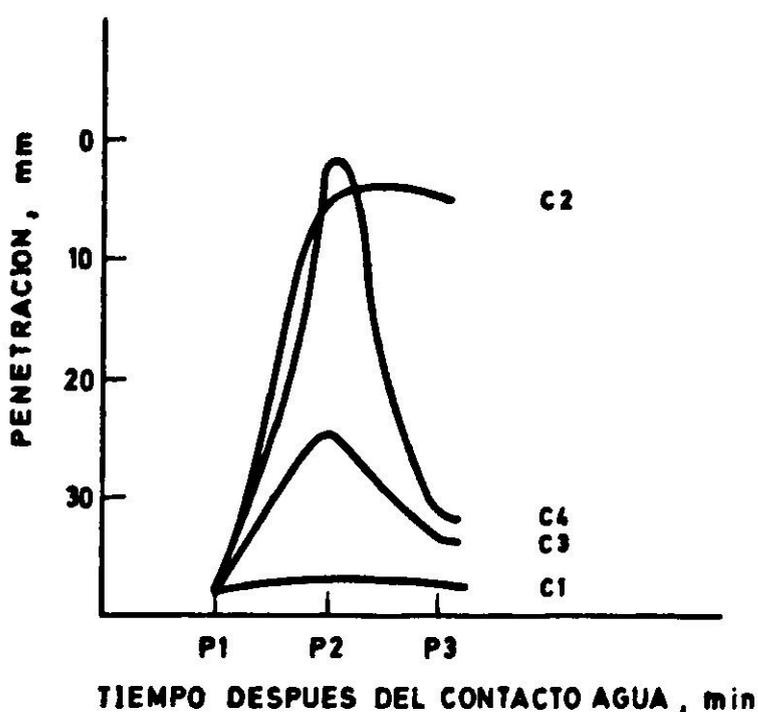


Fig. 1. Curvas de penetración en la sonda de Tetmayer de 4 cementos.

De la magnitud que alcance la penetración de la sonda, es decir, P1, P2 y P3 es posible deducir el tipo de fraguado que presenta el cemento.

En el cuadro 1 se resume la interpretación que se puede dar a los valores de penetración de la sonda.

De acuerdo al esquema de la Fig. 1, se pueden presentar los siguientes casos.

- C₁. Durante el ensayo el cemento no experimenta anomalía en el fraguado.
- C₂. Se presenta un fraguado rápido en el cemento.
- C₃. Se presenta un falso fraguado cuya rigidez no se considera excesiva.
- C₄. Se produce un falso fraguado estimado como excesivo, por lo tanto rechazable según Norma ASTM.

CUADRO N° 1

Penetración		Tipo de fraguado
$P_2 \approx P_1$	$P_3 \approx P_2 \approx P_1$	Sin anomalías
$P_2 \triangleleft P_1$	$P_3 \approx P_2$	Fraguado rápido
$P_2 > 1/2 P_1$	$P_3 \approx P_1$	Falso fraguado tolerable
$P_2 < 1/2 P_1$	$P_3 \approx P_1$	Falso fraguado rechazable

INTERPRETACION

En el Cuadro 2 se muestran ejemplos de ensayos de fraguado de diferentes tipos de cemento, los cuales fueron realizados en conformidad a la Norma ASTM C451-74, y están representados en la Fig. 1.

CUADRO N° 2

	Cementos			
	C1	C2	C3	C4
Penetración inicial, P_1	36,0 mm	36,0 mm	36,0 mm	36,0 mm
Penetración final, P_2	35,0 mm	4,0 mm	24,0 mm	2,0 mm
Penetración $P_2/P_1 \times 100$	97,2	11,1	66,6	5,5
Penetración remezclado, P_3	35,0 mm	4,0 mm	33,0 mm	32,0 mm

Según los resultados anteriores, el cemento C1 no ha presentado anomalía durante el tiempo de mezclado que dura el ensayo. Esto se deduce de que la penetración final P_2 y después del remezclado P_3 han resultado ser del mismo orden que la penetración inicial P_1 de la pasta. El principio de fraguado es muy superior al tiempo que dura el ensayo.

El cemento C2, según los valores de penetración, muestra un fraguado rápido puesto que el cemento ha experimentado en el lapso de 5 minutos un endurecimiento tal que la sonda sólo ha penetrado en la pasta 4 mm y luego en el remezclado la rigidez de la pasta se mantiene.

El cemento C3 presenta una rigidez durante el período de 5 minutos, que sólo permite una penetración de la sonda de 24 mm. Efectuado el remezclado se recupera en parte la plasticidad de la pasta por rotura de la estructura rígida causante del falso fraguado. De lo anterior se deduce que el cemento presenta un falso fraguado del tipo admisible según las especificaciones de la Norma ASTM C-150, al obtenerse una penetración de 66,6%, superior al límite mínimo de 50% exigido por la Norma.

En el cemento C4 se observan características similares al cemento C3, es decir una rigidez de la pasta y una recuperación de la plasticidad por efecto del remezclado lo que muestra un falso fraguado. Sin embargo, la rigidez en este caso es de tal naturaleza que ha permitido únicamente una penetración

de la sonda de 5,5°/o por lo que se considera rechazable según prescripciones de la Norma ASTM, por presentar una penetración debida a fraguado falso, inferior al 50°/o.

COMENTARIO FINAL

El fenómeno de falso fraguado en los cementos puede alcanzar un interés cada vez mayor debido a cambios en las condiciones técnicas y económicas de fabricación del cemento. Actualmente su valoración es imperiosa por requerimientos de orden práctico. Se manifiesta en fenómenos observables de tipo químico-físico y tecnológicos que los fabricantes de cemento debieran esforzarse por evitar, porque pueden repercutir en que los usuarios frenen la utilización creciente del cemento.

REFERENCIAS

1. JOISEL, A. *Prise et fausse-prise des ciments. Revue des Materiaux de Construccin*, N° 649, pp. 309-314, 1969.
2. EITEL, W. *Ceramics and Hidraulic Binders*, vol. V, pp. 156, 197-203, 1966.
3. NORMA ASTM C451-74.
4. VENUAT, M. y PAPADAKIS, M. *Control y ensayo de cementos, morteros, hormigones*, pp. 142-145.