

- Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento -

617-67 ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE FRAGUADO Y ENDURECIMIENTO DEL CEMENTO MEDIANTE ANALISIS TERMICO-DIFERENCIAL

(Untersuchung von Zement mit der Differentialthermoanalyse im Hinblick auf Abbinden und Erhärten)

A. Lommatzsch

De: "SILIKATTECHNIK", vol. 7, nº 5, mayo 1956, pág. 188

GENERALIDADES

Los métodos de análisis térmico-diferencial pueden aplicarse al estudio de cualquier material, en el cual puedan tener lugar diversos efectos térmicos al someterlo a calentamiento. En este aspecto, teniendo en cuenta que, tanto el fraguado como el endurecimiento del cemento, constituyen un fenómeno de hidratación, parece lógico que el análisis térmico-diferencial pueda aplicarse al estudio de dichos procesos, permitiendo fijar el desarrollo de los mismos.

APARATO

La figura 1 representa, esquemáticamente, el circuito utilizado en la investigación.

En cuanto al aparato propiamente dicho, puede indicarse que consta de un tubo, que se calienta a velocidad de calefacción constante ($18^{\circ}\text{C}/\text{mm}$). En dicho tubo se encuentran dos capsulitas de platino, en cada una de las cuales se colocan, respectivamente, la sustancia comparadora y la sustancia problema. En cada una de ellas se introduce o acopla un termoelemento Pt-Pt/Rh. Mediante este acoplamiento puede medirse la temperatura de la sustancia comparadora o la di-

ferencia de temperatura entre aquélla y la de la muestra de ensayo. La diferencia de temperatura queda indicada en un galvanómetro, al que se le ha acoplado una resistencia. Por consiguiente, se trabaja en un estado límite aperiódico.

REALIZACION DE LOS ENSAYOS

Mediante este sistema puede seguirse el curso de los procesos de fraguado y de endurecimiento del cemento, desde la temperatura ambiente hasta 1.000°C .

La probeta de ensayo, en estado pastoso, se prepara en un molde adecuado. Estas probetas se adaptan perfectamente a las capsulitas, mencionadas anteriormente.

1º ensayo

En primer lugar se tomó, como materia de ensayo, piedra de yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), finamente molida (granos de tamaño inferior a 120μ), con el fin de comprobar, mediante el análisis térmico-diferencial, los procesos de deshidratación que sufre la piedra de yeso bajo la acción del calor.

En la figura 2 queda representada la curva (a) obtenida. Dicha curva presenta tres mínimos, de los cuales dos se encuentran en la zona endotérmica y uno en la exotérmica. El correspondiente a 150°C , aproximadamente, marca la deshidratación del yeso a hemihidrato - ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$), y el de 250°C , la deshidratación total a anhidrita - (CaSO_4). El situado en la zona exotérmica, a unos 350°C , corresponde a una transformación de la anhidrita.

2º ensayo

La sustancia ensayada fué cemento Keene (granos de tamaño inferior a 120μ), amasado con 35% de agua. El ensayo se realizó a

los 5 días de haberse llevado a cabo el amasado. Las probetas se conservaron en un desecador, cuyo aire se encontraba a $18-21^{\circ}\text{C}$ y con una humedad relativa de $65 \pm 5\%$.

La curva (b), correspondiente a este ensayo, representada en la figura 2, presenta un mínimo muy pronunciado a unos 200°C . A partir de 450°C , dicha curva se aproxima al eje de abscisas, desplazándose paralelamente al mismo en la zona endotérmica. El mínimo indicado corresponde a la deshidratación del cemento Keeno. A partir de ese punto, la curva, en la zona endotérmica, señala la pérdida de la agua de combinación.

3º ensayo

Se utilizó cemento portland Z 325 (grano con tamaño inferior a 120μ). Las probetas se prepararon con 31% de agua de amasado, y el ensayo se comenzó a los 3 minutos de haberse concluido el amasado.

La curva (c) obtenida, representada en la figura 2, se halla, por completo, en la zona endotérmica; a unos 180°C presenta un mínimo muy pronunciado, y a 560°C y 640°C , otros dos más pequeños (al segundo de ellos, pequeñísimo). A partir del último mínimo, la curva corre paralela al eje de abscisas.

4º ensayo

Se utilizó cemento portland Z 325 (grano con tamaño inferior a 120μ). Las probetas se amasaron con un 31% de agua, y se sometieron a ensayo a los 3 días de haberse realizado el amasado; hasta el momento de comenzar el ensayo, se conservaron en un desecador, cuyo aire se encontraba a $18-21^{\circ}\text{C}$ y con una humedad relativa de $65 \pm 5\%$.

La curva obtenida (a), representada en la figura 3, presenta, a 150°C , un mínimo mucho menos acusado que en el ensayo nº 3. De 350 a 500°C , la curva crece de forma semejante a como lo hacía en dicho ensayo, presentando igualmente, a 550°C , un nuevo mínimo.

5º ensayo

Se utilizó cemento portland Z 325 (grano con tamaño inferior a 120μ). Las probetas se prepararon con un 31% de agua de amasado, comenzándose el ensayo a los 28 días de realizado aquél. Hasta dicho momento se conservaron en un desecador, cuyo aire se encontraba a $18-21^{\circ}\text{C}$ y con una humedad relativa de $65 \pm 5\%$.

La curva (b) obtenida, representada en la figura 3, es horizontal hasta una temperatura de 720°C , aproximadamente, en cuyo punto comienza a descender, hasta alcanzar un punto mínimo a unos 900°C . A continuación vuelve a crecer rápidamente, para terminar en un nuevo pequeño mínimo.

6º ensayo

Se utilizó cemento portland Z 325, en estado suelto. La curva (c) obtenida, representada en la figura 3, presenta entre 500 y 600°C un pequeño mínimo, como ocurría en los ensayos 3 y 4. Evidentemente, parece lógico que corresponda a fenómenos de hidratación determinados por la acción de la humedad del aire.

7º ensayo

Se utilizó cemento portland Z 325. Las probetas se prepararon como en los ensayos anteriores, conservándose hasta el momento del ensayo, que se llevó a cabo $\frac{1}{2}$ año después de realizado el amasado en un desecador, cuyo aire se encontraba a una temperatura de $18-21^{\circ}\text{C}$ y con una humedad relativa de $65 \pm 5\%$.

La curva (a), representada en la figura 4, corre paralelamente al eje de abscisas, casi confundiéndose con él, hasta una temperatura de 600°C , en que empieza a descender, presentando un mínimo poco pronunciado; luego, vuelve a crecer de nuevo, hasta alcanzar el eje de abscisas a una temperatura de 1.000°C .

8º ensayo

Las condiciones de ensayo son exactamente iguales que en el caso anterior. Únicamente, existe la diferencia de que las probetas se conservaron durante un año en el desecador, en las mismas condiciones que en todos los casos considerados.

La curva (b) obtenida, representada en la figura 4, corre, en este caso, también casi confundida con el eje de abscisas. A partir de 600°C se separa ligeramente del mismo, para volver a confundirse con él a 1.000°C .

CONCLUSIONES

Puede seguirse, mediante el análisis térmico-diferencial, el desarrollo de los procesos de fraguado y endurecimiento del cemento portland. Es interesante comprobar que, según la edad de las probetas utilizadas, es decir, según el tiempo transcurrido entre el momento en que se realizó el amasado y el instante en que se lleva a cabo el ensayo, el efecto térmico observado es diferente; de tal forma que, cuanto mayor es dicha edad, menor es dicho efecto. Así, a los 28 días, y mucho más al cabo de $\frac{1}{2}$ ó 1 año, no se observa ningún efecto a 250°C ni a 550°C .

S.F.S.

- - -

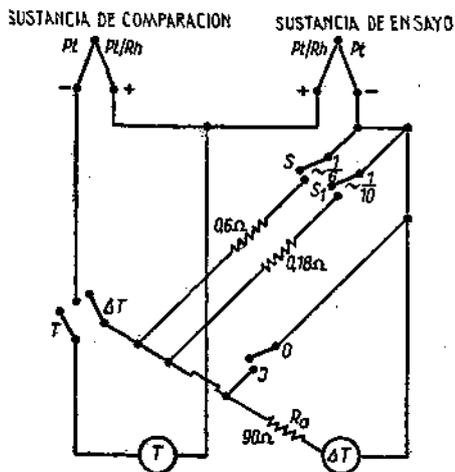


Fig. 1.

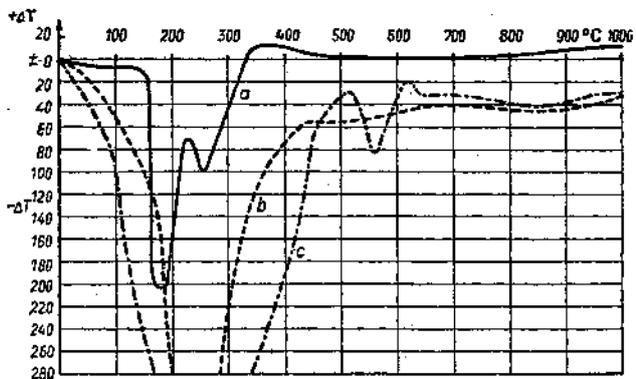


Fig. 2.

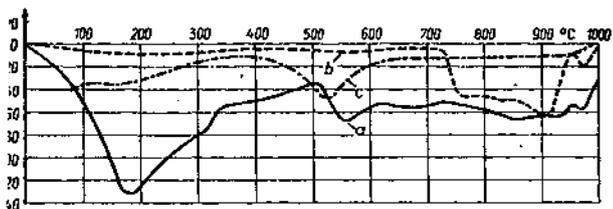


Fig. 3.

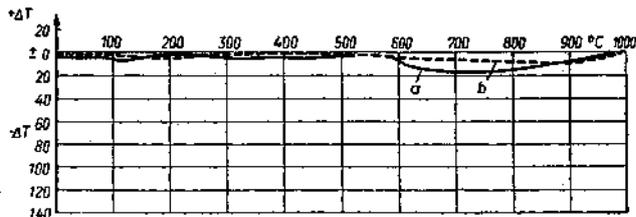


Fig. 4.

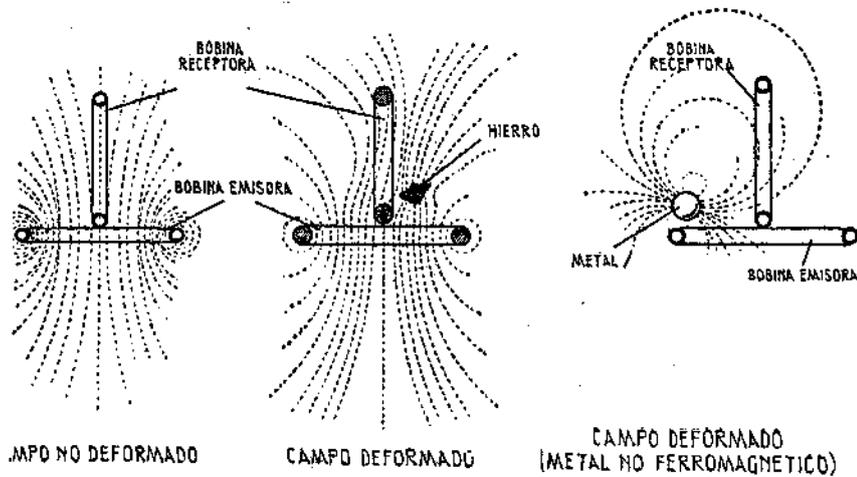


Fig. 5.

Fig. 1.—Esquema del circuito eléctrico utilizado; IO, interruptor de cortocircuito; Ra, resistencia adicional del galvanómetro; S, S₁, interruptores para reducir la sensibilidad a 1/10 y 1/6, respectivamente.

Fig. 2.—Curvas de análisis térmico-diferencial de: a) CaSO₄·2H₂O, b) cemento Keene (cinco días después del amasado), c) cemento Portland Z 325 (tres minutos después del amasado).

Fig. 3.—Curvas de análisis térmico-diferencial de cemento Portland Z 325: a) tres días después del amasado, b) veintiocho días después del amasado, c) en estado suelto.

Fig. 4. Curvas de análisis térmico-diferencial de cemento Portland Z 325: a) seis meses después del amasado, b) doce meses después del amasado.

Fig. 5.—Diagrama del dispositivo de detección de las partículas metálicas incluidas en la masa arcillosa.