Tentativa de evaluación de los efectos, benéficos o perjudiciales, de los aluminatos del cemento

(Parte segunda)

W. SCHRAMLI

World Cement Technology. V. 5, N.º 3, abril 1978 pág. 75

CALOR DE HIDRATACION

La influencia menos discutida del C_3A sobre las cualidades del cemento es su efecto sobre el calor de hidratación. Los primeros que relacionan la composición del cemento con el calor de hidratación son Wood Seteineur y Starka en 1932 (17). Sus resultados son probablemente anticuados. Verbeck y Forter (18) y más tarde Blaine y Arni (19) usan la regresión lineal; sus resultados no son comparables con los de otros autores, pero indican que el cemento más rico en C_3A desprende más calor de hidratación, mientras el más rico en sílice produce el menor calor de hidratación.

Verbeck y Foster tienen en consideración el contenido de SO_4 y demuestran con sus cifras que se producen sustanciales diferencias, particularmente en las primeras edades. Ellos intentan establecer la correlación con la composición basándose en la determinación microscópica de los componentes del cemento. Más tarde Gourdin (20) hace lo mismo utilizando el análisis refractométrico con rayos X.

Los cálculos indican un incremento del calor de hidratación de 3 cal/g (12,6 J/g) y 1,6 cal/g (6,7 J/g) por cada 1 % de incremento del contenido de C_3A del cemento. Interesa hacer notar que el cálculo de los calores de hidratación sobre la base de los calores de hidratación individuales de los componentes del clínker, según Bogue y Lerch (21), suponiendo sin interacción, revela resultados similares a los obtenidos por Verbeck y Blaine.

Como tentativa de conclusión parece razonable admitir que el incremento en el calor de hidratación debido a un aumento de 1 % de C_3A se halla entre 1,3 y 3 cal/g (4 y 13 J/g), dependiendo de cómo se ha incrementado el contenido de C_3A.

RETRACCION

Aquí y allá se expresa la opinión de que un incremento en el contenido de C_3A está asociado a un aumento de la retracción. Las mayores contribuciones a esta cuestión se deben a Roper (22) y Von Euw y Gourdin (4), Blaine y Armi (23) y también al laboratorio de Holderbank.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Los resultados de los autores citados, que incrementan el C_3A por dos caminos: incremento de alúmina o disminución de hierro, presentan serios obstáculos para compararlos pues unos operan con pasta y otros con hormigón. Von Euw y Gourdin utilizan la refractometría de rayos X, y los demás las ecuaciones de Bogue para el cálculo de la composición. Es notable que incluso el signo del fenómeno es divergente. Blaine y el autor encuentran que decrece en algún caso; por otra parte los cambios de retracción son mayores cuando se miden en pasta que en hormigón; es bien conocido el efecto "diluyente" de los áridos.

Los resultados de Roper (22) ilustran el efecto desfavorable de un aumento de la relación agua/cemento en la retracción. A pesar de que tanto la pasta como el hormigón preparado con cemento rico en C_3A requieren más altas necesidades de agua, es sorprendente que se encuentre una disminución de la retracción al aumentar el contenido de C_3A.

Si la influencia del contenido de C_3A sobre la retracción, incluso con todas las reservas, se compara con el valor considerado usualmente como normal alrededor de 1½ mm/m, es patente que la contribución del contenido de C_3A a la retracción es despreciable.

RESISTENCIA FRENTE A SULFATOS

La numerosa literatura acerca de la influencia del C_3A, sobre la resistencia a los sulfatos de las pastas y morteros, coincide virtualmente en la opinión de que el ataque aumenta al incrementar el contenido de C_3A en el cemento. Blaine, Armi y Evans (25), basados en el más reciente y comprensivo análisis por regresión múltiple entre la composición del cemento y los resultados del ensayo de expansión potencial, afirman que la expansión posible es una tercera potencia del contenido de C_3A entre los límites de 7 y 15 %, mientras que en contenidos menores aparece simplemente en proporción lineal.

A pesar de esto, la correlación entre la velocidad de corrosión del hormigón y el contenido de C_3A no es muy estrecha; hay fuertes divergencias posiblemente debidas a la dificultad de evaluar la velocidad del ataque. Por ejemplo, si la probeta está preparada con hormigones de 233 kg/m^3 se aprecia una estrecha relación con el contenido de C_3A en el cemento; pero ensayadas de igual forma las probetas con 408 kg/m^3 no se aprecia la relación con la velocidad; el mayor contenido de cemento compensa o sobrepasa el efecto del C_3A. Hormigones ricos preparados con cementos de medio o alto contenido de C_3A se deterioran menos en suelos con sulfatos que los hormigones más pobres preparados con cementos de bajo contenido de C_3A.

Regourd (1) anticipó que la forma cristalográfica del C_3A influye mucho cuando se juzga la vulnerabilidad de un cemento frente a los sulfatos. Quizás esto explique el "puzzle" de los resultados, incluso se citan casos en los que en un cemento aparecía sulfato resistente a pesar de su alto contenido de C_3A.

DURABILIDAD

Como en el caso de los sulfatos, el aprecio de los factores que influyen en la durabilidad del hormigón es difícil por la dificultad de seleccionar o especificar un método conveniente de ensayos.

Una contribución valiosa a los problemas de durabilidad representan los estudios a largo plazo realizados en los Estados Unidos de Norteamérica. Jackson (24) observa que cuanto menor es el contenido de C_3A en el cemento, mejor es la durabilidad del hormigón. Blaine

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

y Armi (25), basados en los ensayos de heladura y deshielo (en laboratorio) informan en el mismo sentido. Por otra parte, Jackson refiere casos en los que el hormigón preparado con cementos ricos en C_3A dio buen resultado. Por el contrario, Olessen y Verbeck informan que no han observado efectos significativos en la durabilidad del hormigón producidos por la composición del cemento. Algunos (26) incluso han encontrado resultados positivos del efecto producido por el C_3A sobre la durabilidad. Estas opiniones parecen indicar que el efecto del C_3A es más bien indirecto.

FORMACION DE TERRONES

Un problema que aparece en el almacenamiento del cemento frecuentemente asociado con su alto contenido en C_3A es la tendencia a la formación de terrones en contacto con atmósferas húmedas. Richartz ofrece evidencia experimental para la opinión de la formación de terrones; ocurre si el contenido de C_3A crece paralelamente con el contenido de álcalis, lo cual es corriente debido a la naturaleza de los componentes silico-aluminoso de las materias primas. Estos cementos son especialmente vulnerables si el álcali está incorporado en el aluminato. La ettringita y la singenita se forman debido al vapor de agua absorbido por el aluminato; la forma de agujas de los cristales proporciona una base para la rigidez y los terrones no se desintegran fácilmente por el movimiento. La conclusión es que la presencia de aluminato alcalino es un requisito para la formación, que además depende de otros varios factores.

EFECTO DE LA ALUMINA, CONTENIDA EN LAS MATERIAS PRIMAS, SOBRE LA CALCINACION DEL CLINKER

El examen del cuadro inserto en la primera parte de este trabajo, con los tres clínkeres que tienen la misma saturación de cal y con C_3A comprendido entre 12 y 5 %, conduce a la opinión de que no hay temores de mal revestimiento y formación de anillos cuando la proporción de alúmina es alta; mientras que los problemas se presentan al tender hacia la disminución de aluminato; esto debe evitarse.

CONCLUSIONES

Los conocimientos actuales están todavía lejos de proporcionar una imagen completa y cuantificable de los efectos producidos por el C_3A en la producción y utilización del cemento. Algunos efectos incluso están sujetos a controversia respecto a su signo, así que el propósito original de esta investigación de establecer un resumen para juzgar el costo efectivo de un cambio en el contenido de C_3A, no es alcanzable, aunque por otra parte existe mucha evidencia para un juicio cualitativo de algunos efectos. Para el fabricante cualquier propósito de alterar el contenido "natural" de las materias primas debe examinarse cuidadosamente.

BIBLIOGRAFIA

(17) Ind. Eng. Chem. 24 1207 1969.
(18) Proccedings ASTM 1235 1950.
(19) Building Science Series 5, Nat. Bur Standards 1966.
(20) Rev. Mat. Constr. N.º 651 416 1969.
(21) J. Re. National Bur. Stan. 12 645, 1934.
(22) Proc. 5.º Inter. Symp. Cem. Cement. Tokio, 1968 III 92, 1969.
(23) Building Science Series 15 Nat. Bur. Stand. 1966.
(24) Long. Time Study. PCA Res. Dev. Lab. Null. 60 1955.
(25) Building Science Series, 35, Nat. Bur. Stand. 1971.
(26) PCA Res. Dev. Lab. Bull. 27 1968.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es