

La magnesia en el cemento portland

El problema de la magnesia en el cemento portland es un viejo problema que ha preocupado siempre mucho a fabricantes y consumidores de dicho material y que se ha ido arrastrando durante largos años, sin hallarse solución adecuada para el mismo.

Los términos del problema son los siguientes: algunos cementos portland, en cuya composición entraba una dosis más o menos elevada de magnesia, se disgregaban al cabo de cierto tiempo de puestos en obra, a veces después de meses y aun de años. Estudiadas las causas, creyó poderse atribuir tal disgregación al proceso expansivo de hidratación de las cantidades de magnesia libre anhidra contenida en el material, y que en vez de hidratarse rápida e inmediatamente como la cal, tardaba mucho tiempo en efectuarlo, con la consiguiente incertidumbre y peligro.

Pareció, pues, lo más cómodo y rápido, para atajar esos daños, la supresión y eliminación de los materiales sospechosos, imponiendo en los Pliegos de Condiciones severas restricciones para el contenido de MgO en el cemento portland. Se adoptó un margen de seguridad considerable, y el problema quedó así soslayado. Pero ocurría entonces que eran muchos los yacimientos de primeras materias que quedaban eliminados y que en adelante no podrían emplearse para la fabricación. Las calizas, que contienen tantos por ciento no muy elevados de magnesia, abundan, y se comprende que un exceso de margen de seguridad innecesaria debía perjudicar, sin ventaja alguna para nadie, muchos y legítimos intereses, que, como es natural, hicieron valer sus derechos. Estudios y ensayos demostraron que podía ampliarse sin peligro la tolerancia en la dosis de magnesia del portland, y así fué como se llegó a los pliegos actuales, que en su mayoría admiten como inocua una dosis de un 5 por 100 de MgO .

Este *statu quo*, que ha permitido compaginar los intereses de los consumidores con los de los fabricantes afectados y la seguridad de las construcciones con la economía de la producción, no constituye, sin embargo, solución científica alguna del problema, ya que nada nos dice del porqué la magnesia es tolerable hasta este límite y debe ser rechazada desde él en adelante, ni tampoco nos explica por qué existen cementos excelentes, cuyo resultado práctico es irreprochable, a pesar de sus altas dosis de magnesia (superiores a la tolerancia), en tanto que otros con escaso exceso sobre ella resultan expansivos y peligrosos.

Los investigadores siguen, pues, estudiando con gran interés el problema, relacionado indudablemente con la espinosa y apasionante cuestión de la constitución del cemento portland. Los silicatos y aluminatos del clinker parecen no combinarse, ni siquiera formar cristales mixtos con la magnesia. Así se desprende, por lo menos, de los recientes trabajos publicados por H. E. Schwiete y H. zur Strassen (*Zement*, núm. 9, 1934). A pesar de ello, sigue en pie el hecho de que hay cementos magnesianos que no sólo no se deterioran, sino que resisten mejor que los port-

land normales a las aguas y soluciones agresivas. El trabajo de Kavalevsky y Bates sobre el particular es bastante conocido, y Eckel, en su libro titulado *Limes and Plasters*, publicado en 1928, llega a augurar un brillante porvenir a los cementos magnesianos, ya que su inalterabilidad ante las soluciones salinas y ante el agua del mar los sitúa por encima del portland normal. Esto no se compagina, al parecer, con la presencia de la magnesia libre y susceptible de hidratación lenta, que autoridades como el profesor Kühl suponen irremediabilmente inseparable de los clínteres magnesianos. Claro está que dicho profesor deja, de todos modos, un portillo abierto en sus aseveraciones, pues aun cuando cree que será muy difícil fabricar cementos del tipo portland altos en magnesia e inexpandivos, dice también (*Tonindustrie Zeitung*, números 1, 3 y 4 de 1934) que este estudio no puede aún darse por fallado, por quedar todavía pendientes de estudio *determinadas posibilidades*.

Recientemente, el doctor ingeniero Karl Balthasar, que ha publicado ya varios trabajos sobre esta materia, ha dado a conocer, en el núm. 16 de la *Tonindustrie Zeitung* (de 22 de febrero de 1924), sus últimos puntos de vista sobre las causas de la estabilidad de muchos cementos magnesianos. Sostiene que la diferencia entre los cementos, que ya con poca dosis de magnesia son expansivos, y otros que con dosis superior no lo son, estriba en su contenido de óxido férrico. Un cemento portland con 7 por 100 de óxido magnésico y 3 por 100 de óxido férrico no presenta expansión alguna por causa de la magnesia, en tanto que otro que contenga aquella dosis de magnesia, pero con sólo 0,5 por 100 de Fe_2O_3 , a las tres semanas ya presentará en general fenómenos de expansión magnesiana.

En general, las primeras materias (arcillas, margas) con que se fabrica el portland suelen contener hierro; son muchas asimismo las fábricas que para facilitar el proceso de cocción agregan una determinada proporción de piritita tostada (óxido férrico); en tales condiciones, que son las que se reúnen corrientemente, la experiencia demuestra que para tales cementos no ofrece peligro la magnesia, mientras se mantenga dentro de una dosis máxima del 10 por 100, y siempre que el cemento se halle bien dosificado y bien cocido.

El Dr. Balthasar da la regla empírica para saber la cantidad de óxido férrico necesaria para prevenirse contra la expansión magnesiana mediante la fórmula siguiente:

$$\text{Óxido férrico} = 2 (1 + 0,1 \text{ magnesia}).$$

Así, por ejemplo, en el caso de un cemento que contenga un 7 por 100 de magnesia se necesitará $2 (1 + 0,1 \cdot 7) = 2 \cdot 1,7 = 3,4$ por 100 de óxido férrico, para quedar garantizado contra todo peligro de expansión. De esta dosificación cita el Dr. Balthasar precisamente algún caso en que el cemento fabricado industrialmente en estas condiciones el año 1924 y empleado en diferentes construcciones se mantiene

perfectamente todavía, al cabo de diez años, con resultado excelente.

Como caso curioso y en que se llevan las cosas al extremo cita el mismo autor el caso de ladrillos de magnesita empleados como material refractario en revestimientos de altos hornos; fragmentos de tales ladrillos abandonados en las escombreras durante años y años no presentan el menor indicio de disgregación por la acción de los agentes atmosféricos; su composición de 18 por 100 de óxido férrico por 82 por 100 de magnesia responde precisamente a la dosificación señalada.

La experiencia de largos años obtenida en nuestro Laboratorio Central de Moncada viene a confirmar las aseveraciones del Dr. Balthasar punto por punto, como también comprueba la gran inalterabilidad de los cementos magnesianos ante el agua del mar y las aguas selenitosas, superior a la de la mayoría de los portland normales. La magnesia clinkerizada con la conveniente dosis de óxido férrico no sólo no resulta peligrosa, sino que parece proteger eficazmente a la alita y a los aluminatos del portland contra el ataque de los agentes agresivos. En la celita y en el magma vítreo, componentes de los portland magnesianos, es donde hay que buscar cuáles son los compuestos ferromagnésicos a que hay que atribuir estas propiedades tan favorables, y de las que tanto partido se podrá sacar, una vez conocidas perfectamente y aplicadas en las mejores condiciones de rendimiento.

Los trabajos de Hansen y Brownmiller dieron a conocer en la celita el compuesto ternario $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ (el alumino-ferrito tetracálcico o brownmillerita). Este compuesto podría incluso ser el único componente aluminico férrico en el caso ideal de que las composiciones de aluminato cálcico y ferrito cálcico fuesen las debidas para ello; pero, en general, o hay exceso de aluminato tricálcico (cementos bajos en óxido férrico), o hay exceso de ferrito cálcico (cementos altos en óxido férrico); en este último caso, que es el que generalmente comprenderá los cementos magnésicos que podríamos llamar "protegidos", hay dos compuestos integrantes, la brownmillerita y el ferrito dicálcico, cuya relación con la magnesia debe ser estudiada.

Según el antes mencionado trabajo de Schwierte y Strassen, y desde luego a base de lo estudiado por Hansen y Brownmiller, el óxido magnésico puede formar con el ferrito dicálcico un compuesto ternario, el ferrito cálcico magnésico ($2\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$), y con la brownmillerita, un compuesto cuaternario, el $4\text{CaO} \cdot 2\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$; entre ambos compuestos ferromagnésicos existe una serie ininterrumpida de cristales mixtos, según se comprueba a base de las propiedades ópticas. Es de esperar que nuevas investigaciones permitirán dar una explicación clara e irrefutable de los fenómenos que la experiencia nos permite hoy día asegurar de manera empírica.

No hay duda que la fase en que ha entrado el problema de la magnesia en el cemento portland reviste un interés cada vez más marcado; no se trata ya tan sólo de los intereses de los fabricantes en utilizar calizas más o menos magnesianas para producir con economía sus cementos, sino de hallar un nuevo sistema para producir cementos de gran inalterabilidad a las aguas agresivas y marinas en condiciones de economía iguales o superiores a las de los portland normales. Muchos son los investigadores que dedican su atención al problema. Pero creemos que nuestro país no debe quedar al margen de tales trabajos; según hemos ya mencionado anteriormente, el Laboratorio Central de la Compañía Asland trabajó activamente en el asunto. La revista *Cemento*, en sus números de junio y julio de 1929, publicó los resultados de tales investigaciones. Tales resultados, recogidos por los italianos, han sido ya continuados y ampliados actualmente. Interesantes son también los recientes trabajos de los químicos japoneses del cemento, en todo conformes con los obtenidos en España, según puede apreciarse en el trabajo publicado en 1932 por Seiji Kondo y Sadatsugu Wada (*J. Japan. Ceram. Assoc.*, t. LX, pág. 769). Opinamos que no debe abandonarse en nuestro país el estudio de problema tan interesante, y sea en la esfera particular de los laboratorios de los fabricantes, sea bajo la tutela de entidades culturales o profesionales, España debe continuar su colaboración eficaz y valiosa.

Adrián MARGARIT

Ingeniero, jefe de la Sección de Investigaciones Científicas de la Compañía Asland

El puente del Adaja, en arco elíptico de hormigón armado

Recientemente hemos verificado las pruebas de un nuevo puente, construido según proyecto redactado por el que suscribe, y cuya dirección facultativa también ha estado a mi cargo.

Se halla situada la obra en las proximidades del pueblo de Matapozuelos, provincia de Valladolid, en la carretera de Medina del Campo al Arrabal del Portillo, trozo segundo, y cruza el río Adaja. Pertenece este puente a una serie de obras que pasaron a la Jefatura de Puentes y Cimentaciones después de recorrer largo calvario y sufrir penosas vicisitudes por las

Jefaturas de Obras públicas de las respectivas provincias.

El que constituye asunto de este artículo perteneció a una obra comenzada hace más de diez años, y cuya contrata fué rescindida en 6 de mayo de 1924. Construidos entonces unos tramos rectos laterales de 10 m de luz en cada margen y comenzada la hinca por agotamientos de un cajón para el estribo del arco en la margen derecha, cuando pasaba de 5 m la profundidad de hinca, se inclinó fuertemente el bloque, accidente fácil de prever, dada la naturaleza del terreno