

- 1 -

611-2 MECANISMO DEL ATAQUE DEL CEMENTO PORTLAND POR LOS SULFATOS

F. M. Lea

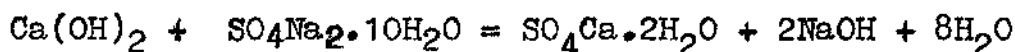
De: "CANADIAN J. OF RESEARCH", 297, abril 1949.

La acción de las disoluciones sulfatadas, sobre el cemento Portland, viene determinada por la naturaleza de la reacción química que tiene lugar y por los factores físicos tales como, porosidad de morteros y hormigones, formación de films, etc.. Las reacciones químicas posibles entre los sulfatos y el cemento son:

- a) Conversión del hidróxido cálcico contenido en el cemento fraguado, en sulfato cálcico.
- b) Conversión de los aluminatos hidratados de calcio y los ferritos en sulfoaluminatos y sulfoferritos respectivamente o en sus soluciones diluidas.
- c) Descomposición de los silicatos de calcio hidratados.

La reacción a) no puede tener lugar, si las aguas de ataque son selenitosas pero, si contienen sulfatos alcalinos, pueden verificarse simultáneamente a) y b). Con disoluciones de sulfato magnésico pueden producirse las reacciones a), b) y c) puesto que el pH de la solución saturada de  $Mg(OH)_2$ , 10,5 aproximadamente, cae debajo del necesario para estabilizar los silicatos hidratados de calcio.

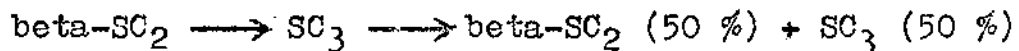
La reacción:



- INSTITUTO TECNICO DE LA CONSTRUCCION Y DEL CEMENTO -

está fuertemente desplazada hacia la derecha. Así, si una disolución de sulfato sódico al 5,3 % se pone en contacto con un exceso de hidróxido y sulfato cálcicos, aproximadamente un 30 % del ion  $SO_3$  se precipita en forma de sulfato cálcico, por reacción del hidróxido con la sal sódica, antes de que se alcance el equilibrio. Si el agua agresiva contiene sulfato alcalino en cantidad ilimitada, la conversión seguirá verificándose ininterrumpidamente, condicionada por la velocidad de difusión de la disolución en el seno del mortero u hormigón. En la práctica, con morteros muy compactos, la reacción es solo parcial, por mucho tiempo que pase.

Las reacciones anteriormente mencionadas dan lugar a productos cuyo volumen molecular es mayor que el de los compuestos reaccionantes. De aquí que, las aguas sulfatadas, provoquen un efecto de expansión sobre morteros y hormigones. En disoluciones de sulfato magnésico, las velocidades de expansión de morteros 1:10, preparados con componentes puros, decrece según la relación

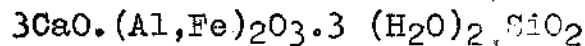


mientras que, en soluciones de sulfatos cálcico y sódico, las expansiones son muy pequeñas en todos los casos, si bien el microscopio demuestra la formación de cristales de yeso en la masa.

La sustitución de un 20 % de  $AC_3$ , por silicato cálcico, hace aumentar la velocidad de expansión y las mezclas de aluminato con  $SO_3$  se expanden más que las que contienen beta- $SO_2$ , en contraste con el comportamiento separado de estos dos componentes. Como puede verse, las reacciones son asaz complejas y las conclu

siones no son fáciles de deducir.

También se sabe que la resistencia del Portland frente a los sulfatos, se aumenta por curado de las probetas con vapor a alta presión. Es de suponer que se verifiquen cambios en los cristales presentes en el cemento fraguado, al mismo tiempo que se disminuye la permeabilidad de los morteros. Aparte de la formación de silicato dicálcico cristalino, a partir del  $SO_2$  y del  $SO_3$ , tienen lugar cambios de importancia en la alúmina y en los compuestos férricos. Flint y sus colaboradores han mostrado que, con vapor a alta presión, el aluminato y el ferrito hidratados se convierten en "hidrogranates", de fórmula general:



formados por soluciones sólidas de los componentes. Estos hidrogranates son muy resistentes al ataque por los sulfatos, siempre que las disoluciones contengan suficiente cantidad de hidróxido cálcico para prevenir la hidrólisis.

Las arenas silíceas, utilizadas como agregados en los morteros, sufren también importantes cambios por su reacción con el  $Ca(OH)_2$  libre, para formar silicatos de Ca hidratados: la sustitución de parte de la arena cuarzosa por arena caliza puede conducir a resultados interesantes.

El autor ha realizado algunas experiencias de expansión frente a los sulfatos, con probetas cilíndricas de mortero de 127 mm. de altura y 25,4 mm. de diámetro. Las mezclas, de composición diversa, tenían todas la misma consistencia y se curaban, durante un día en aire húmedo y 6 días en agua a 18 ° C.

Después se sumergen en soluciones de sulfatos de sodio o magnesio al 5 %, y se miden los cambios dimensionales.

Se hicieron ensayos con morteros cal-arena o cal-sílice (en este caso utilizando gel de sílice), así como morteros: Cal-gel de sílice-arena, cemento Portland-arena y cemento Portland-caliza. Los resultados, que se dan en forma tabular en el original, permiten afirmar que el silicato cálcico, como agente aglomerante, no es atacado por el sulfato sódico, pero que la conversión del hidróxido cálcico en yeso, conduce a la expansión. Con Portland, la formación de carbonato cálcico por carbonatación de la cal libre, solamente retrasa la expansión, en soluciones de sulfato sódico, puesto que puede tener lugar la formación ulterior de sulfoaluminato a partir de los compuestos de alúmina. Las expansiones anteriores son siempre mayores en soluciones de sulfato magnésico.

Cuando se utilizan arenas calizas como agregado, el tratamiento con vapor incrementa la resistencia al ataque por los sulfatos, pero tiene lugar, no obstante, alguna expansión, mayor en todo caso que con los morteros de arena silícea.

Parece que la causa principal del incremento en la resistencia a los sulfatos, en los morteros de arena silícea, curados en vapor, se debe a la supresión de la reacción:



por eliminación del hidróxido cálcico libre o por disminución de la permeabilidad de la masa. Es probable que se formen, -

también, películas de algún producto cal-arena. Como ha mostrado Bessey, en la fabricación de ladrillos cal-arena, se forman mezclas de silicato monocálcico hidratado y silicatos de calcio de mayor basicidad, que, aunque no son inatacables por el sulfato magnésico, son poco reactivos. La formación de hidrogrates es también otra posibilidad sugestiva que, por el momento, aún no puede considerarse como evidente.

---