

Contribución al estudio de la sacarosa como aditivo retardador de la hidratación del cemento

SOTOLONGO, R. GAYOSO, R. GÁLVEZ, M. (*)
CUBA

Fecha de recepción: 21-V-93

RESUMEN

Se evalúa la influencia de la sacarosa como aditivo retardador del fraguado del cemento en la hidratación de la alita y el desarrollo de las propiedades mecánicas de pastas de cemento portland hasta la edad de 90 días.

El estudio contempló adiciones de sacarosa de 0 a 0,400 % / peso del cemento, así como la influencia de la finura del conglomerante y el uso del retardador mezclado con un aditivo superplastificante y un mineral activo (puzolana natural).

SUMMARY

It is evaluated the influence of the saccharose as a retarder additive of the cement set in the hydration of the alita and the development of the mechanical proprieties of Portland cement pastes till the age of 70 days.

The study has had in consideration additions of saccharose of 0 to 0.400 % / cement weight, also the influence of the fineness of the conglomerate and the use of the retarder mixed with an additive superplastic and an active mineral (natural puzolana).

INTRODUCCIÓN

Una de las tendencias actuales en la aplicación de los aditivos químicos en la tecnología del hormigón, en países tropicales, es el empleo de retardadores de la hidratación del cemento que contribuyan a la lenta formación de los hidratos, evitando el desarrollo de microfisuraciones debidas a los cambios volumétricos bruscos por contracción durante el secado de la mezcla, y la afectación que esto implica en las propiedades mecánicas y de durabilidad a largo plazo.

La selección del aditivo y el contenido de adición debe garantizar el efecto retardador durante el período inicial, favoreciendo el incremento de las propiedades mecánicas a edades avanzadas. Muchos productos orgánicos retardan perfectamente a contenidos muy pequeños, y entre ellos la sacarosa está catalogada como un retardador por excelencia, con estabilidad estructural en solución alcalina.

Siendo Cuba un país productor de azúcar, su aplicación como aditivo al hormigón no ha encontrado adictos en muchos casos, debido a la concepción que prima y cataloga los azúcares como

destructores del cemento. Acevedo (1), observó que pequeños % de sacarosa aumentaban la laborabilidad de morteros de cemento y que la inhibición del fraguado era en un tiempo proporcional al contenido de la adición. A contenidos inferiores a 0,3 % / peso del cemento, encontró que las propiedades mecánicas no se afectaban.

En estudios recientes de morteros para ferrocementos con áridos zeolitizados, se empleó la sacarosa para mantener una consistencia de la mezcla constante en el período inicial (requerimiento tecnológico), lo cual motivó la realización del presente trabajo, donde se investiga su influencia sobre la hidratación del cemento tanto a diferentes contenidos, como mezclada con aditivos superplastificantes y mineral activo (puzolana natural).

MATERIALES EMPLEADOS

- Cemento P-350, Fábrica Carlos Marx. Cienfuegos. Blaine 2.294,7 cm²/g.
- Cemento anterior molido en el laboratorio hasta un blaine de 3.642,3 cm²/g. (Molino de bolas con relación carga/bolas = 1/12).

(*) Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de Construcción.

Centro de Investigaciones para la Industria Minero-Metalúrgica.

TABLA 1
Composición química

Material	Composición química									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	RI	PRI
Cemento	21,13	4,96	4,99	63,8	1,13	0,34	0,46	1,59	0,59	0,45
Toba	66,44	11,32	1,54	3,81	0,53	1,96	1,63	0,50	—	10,4

TABLA 2
Composición y propiedades de las pastas de cemento con adición de sacarosa

Muestra	% aditivo/p. de cemento			Resistencia a compresión (MPa)				
	Toba	Sacarosa	A.S.P.	1d	3d	7d	28d	90d
S	—	—	—	—	57,8	19,2	83,8	101,9
S1.1	—	0,025	—	27,3	47,8	60,2	102,5	122,5
S1.2	—	0,100	—	1,2	45,2	72,2	98,3	117,9
S1.3	—	0,200	—	0,2	0,2	15,5	69,2	91,7
S1.4	—	0,300	—	0,2	0,2	0,2	0,5	89,6
S1.5	—	0,400	—	0,1	0,1	0,2	0,2	1,2
S2	16,0	0,400	—	—	0,8	0,9	101,7	115,6
S3	—	0,400	0,600	—	0,2	0,3	43,6	73,1
S4	16,0	0,400	0,600	—	20,6	53,6	69,3	95,5
S1.3A	—	0,200	—	2,5	15,0	46,6	77,5	126,7

TABLA 3
Grado de reacción 6 y constantes de velocidad de reacción K de la alita (reflexión 1,76-1,78 A)

Muestra	6				Resultados cinéticos	
	3d	7d	28d	90d	Const. (K)	Coef. correlación
C.1	0,68	0,74	0,85	0,91	0,004602	0,99
C.2	0,08	0,09	—	0,38	—	—
C.3	0,55	0,61	0,74	—	0,002961	0,99
C.4	0,35	0,37	0,49	0,58	0,000502	0,98
C.5	0,80	0,84	0,92	—	0,005860	0,99
C.6	0,12	0,32	0,78	0,83	0,002165	0,87
C.7	0,79	0,81	0,89	—	0,004422	0,97
C.8	0,38	0,60	0,76	—	0,004232	0,99

- Aditivo mineral: Toba de Tasajeras. Las Villas con diámetro de partículas entre 0-45 μm . La composición química se muestra en la tabla 1.
- Aditivo superplastificante (ASP) de resina de formaldehído condensado naftaleno sulfonado.
- Aditivo retardador (AR): Sacarosa. (Blanco refino).

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Con las dosificaciones de la tabla 2 y relación agua/cemento = 0,35, se conformaron cubos de $20 \times 20 \times 20$ mm por compactación mecánica. Se curaron en cámara húmeda hasta la edad de ensayo mecánico. Para el estudio mineralógico, la hidratación de las pastas se detuvo por el método de (2). Según (3), el retardo en la hidratación del cemento depende principalmente del retardo en la hidratación de la alita (C_3S). Por este motivo, el estudio se basó en la medida por difracción de rayos X de la intensidad integral de su reflexión con distancia interplanar de 1,76-1,78 Å.

A partir de grados de transformación del orden de 0,15, la cinética de reacción de la alita pasa a ser gobernada por la difusión. Por lo tanto la hidratación de la alita se considera como la difusión de una esfera que reduce su tamaño (2), y el mejor ajuste se obtuvo con el modelo de Jander, donde la expresión $[1 - (1 - \alpha)^{1/3}]^2$ con respecto al tiempo de una línea recta, α es el grado de reacción.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados mecánicos y el grado de transformación α (tabla 2) indican que la hidratación se incrementa para 0,025 %. De 0,100 a — 0,300 % la inhibición de la hidratación ocurre en un tiempo proporcional al contenido de la adición, a partir del cual se obtiene un salto en las propiedades mecánicas a valores cercanos al patrón. Con 0,400 % el retardo es permanente en el período analizado.

Al aumentar la finura del cemento (S.1.3A con respecto a S1.3) aumenta la velocidad de la hidratación. La adición de puzolana, capaz de absorber

sacarosa en solución por su naturaleza microporosa, inhibe el efecto del retardador sobre el cemento.

La acción dispersante del ASP sobre las partículas de cemento aumenta el área de reacción e inhibe el efecto de la sacarosa (S3). La incorporación de toba (S4) aumenta el área superficial de los sólidos dispersados y la acción de la sacarosa es aún inferior, obteniéndose en la hidratación efectos similares a los reportados para % más bajos de adición del retardador. Lo anterior demuestra que, además del contenido de sacarosa, la superficie total del sólido en contacto es importante en el efecto retardador, y la acción puede atribuirse a mecanismos basados en la absorción y envenenamiento de la superficie de los hidratos donde la sacarosa actúa como un ligante monodentado.

Cuando el cemento se hidrata, la sacarosa forma un anión en solución alcalina que solubiliza la cal para formar una media sal $\text{R-O-Ca}^{2+} \text{OH}^-$ estable y soluble donde los grupos $\text{Ca}^{2+} \text{-OH}$ pendientes son las especies retardadoras reales. Estos complejos son absorbidos en los sitios de precipitación o núcleos de desarrollo de los cristales de hidróxido de calcio (CH) y gel de silicato de calcio hidratado (CSH), envenenando el crecimiento superficial. Los resultados coinciden con (4) y (5).

Cuando pequeños contenidos de sacarosa son añadidos y se consumen, una cantidad adicional de cal precipita con la sílice en solución para formar los productos de hidratación. La capa de sacarato es removida y el proceso de hidratación continúa normalmente, lo cual explica la relación entre tiempo de inhibición y el contenido de la adición.

CONCLUSIONES

El retardo en la hidratación del cemento depende, en primera instancia, del contenido de la adición de sacarosa y, además, de la superficie total del sólido en contacto con el agua de amasado que depende de la superficie específica del cemento, presencia de aditivos minerales activos o fracciones finas de áridos microporosos con granulometría similar al conglomerante y la acción dispersante de los aditivos químicos superplastificantes.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) ACEVEDO, J.: Revista Ingeniería Estructural. ISPJAE. n.º 5. Cuba 1979.
- (2) DUQUE, L. y Col.: Revista Materiales de Construcción. Vol. 39, n.º 213. España. 1989.
- (3) SKALNY, J.: 7 th Int. Cong. of Chem. Cement. Subtheme II.1. Francia. 1980.
- (4) THOMAS, N. L. and Col.: Cement and Concrete Research. Vol. 13, n.º 6. USA. 1986.
- (5) TAYLOR, H. F. W.: 8 th Int. Cong. of Chem. Cement. Subtheme III.1. Brasil. 1986.