

# El uso de aditivos en la fabricación de HRFV.

El uso de aditivos químicos en las mezclas de cemento Portland ha ido aumentando de forma sostenida durante los últimos 20-30 años, durante los que se han desarrollado varios tipos de nueva generación.

**GRAHAM GILBERT**

*CEMENT COMPOSITES TECHNOLOGY 2008*

Los aditivos más comunes son los que reducen la demanda de agua y/o mejoran la fluidez. Ayudan a la dispersión del cemento y en general se los conoce como plastificantes, y las fórmulas más antiguas eran a base de lignosulfonatos. Se mejoraron mediante la introducción de superplastificantes con base de melamina sulfonada o formaldehído de naftaleno. En época reciente, sobre todo para el mercado del hormigón autocompactante, se ha lanzado una nueva gama de productos con base química de éteres de policarboxilato. Sin embargo, aún se pueden obtener fácilmente plastificantes de los tres tipos. Cada vez se utilizan más plastificantes con VMA (aditivos modificadores de la viscosidad), que mejoran la cohesión. Se añaden principalmente para evitar la segregación y el exudado en mezclas muy fluidas. Además de los ya mencionados, existen otros aditivos que se utilizan frecuentemente con hormigón, como retardadores de fraguado para climas cálidos, aceleradores para climas fríos, y agentes químicos hidrófugos y antieflorescentes.

## Plastificantes

Para que el HRFV tenga más fluidez con una proporción determinada de agua-cemento, es necesario reducir el límite de elasticidad (la fuerza necesaria para que empiece a moverse la mezcla) del mortero. Los plastificantes lo logran adsorbiéndose a la superficie de las partículas de cemento y reduciendo la floculación, lo que ayuda a la dispersión y reduce la resistencia, que a su vez aumenta la fluidez. En la actualidad son muy sofisticados: algunos proporcionan un alto grado de fluidez rápidamente pero de poca duración, mientras que otros tienen una fluidez menos marcada pero más duradera. A veces el factor clave es un llenado rápido y un pronto desmoldeo, pero en otros casos es mejor aceptar una fluidez menor para disponer de más tiempo para llenar los moldes. Los plastificantes originales, y los más económicos, son los que tienen base de lignosulfonato. Su uso con mezclas fibrosas como el HRFV es limitado, puesto que las fibras inhiben el flujo, por lo que resultan menos eficaces. Sin embargo, en algunos casos ofrecen una excelente relación coste-efectividad. Solo pueden utilizarse en pequeñas dosis, ya que a altos niveles (>0,5 % en peso de cemento) pueden actuar como retardantes y aireantes.

Los plastificantes con base de melamina sulfonada y los de formaldehído de naftaleno resultan mucho más eficaces a la hora de aumentar la fluidez o reducir el contenido de agua (para mejorar la fuerza) para un flujo determinado. Originalmente recibieron la apelación de "superplastificantes" y su disponibilidad se generalizó en la década de 1970, y aún se utilizan con frecuencia hoy en día en la fabricación de HRFV. Se fabrican a medida para proporcionar una mejor resistencia inicial, reduciendo el agua para una fluidez concreta o una retención de la fluidez más duradera para el llenado rápido de moldes. Normalmente su dosificación oscila entre el 0,7 y el 1,5 % en peso de cemento, lo que permite reducir el agua entre un 15 y un 25 %, lo que tiene como resultado un aumento de la resistencia. Además, son menos propensos a retardar el fraguado de la mezcla si se utilizan en estas cantidades. Se



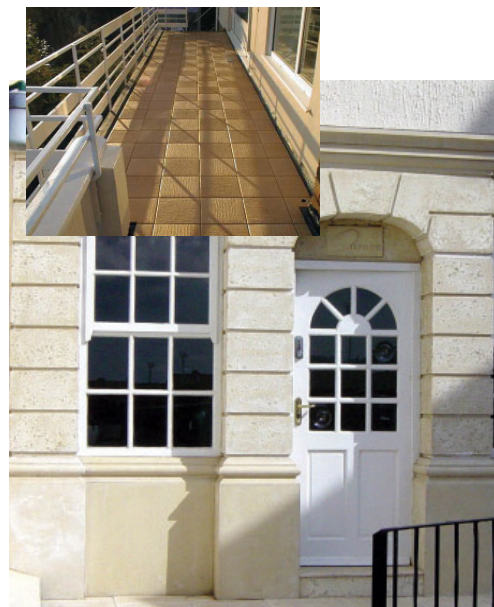
Esta es la tercera de una serie de notas técnicas que se ocupan de diversos aspectos de la tecnología del hormigón reforzado con fibras de vidrio (HRFV).

pueden combinar también con otros aditivos, por ejemplo aceleradores o retardadores, para obtener efectos secundarios.

Los plastificantes de última generación tienen base de éteres de policarboxilato (PCE) y han mejorado considerablemente la facilidad de fabricación del HRFV, y especialmente el HRFV premezclado. Son los plastificantes más caros, pero también los más eficientes por lo que se pueden utilizar en dosis menores. Normalmente se utilizan con una concentración de entre el 0,1 y el 2 %, que proporciona una mezcla muy fluida, que probablemente haya que combinar

**Figura 1: Baldosas transitables de HRFV de 10 mm de grosor para tejados planos.**

**Figura 2: Paneles de HRFV de 12 mm de grosor utilizados para reformar una extensión de pequeño tamaño. Acabado imitación coral.**





con un VMA para evitar la segregación. Con niveles más altos se puede obtener una premezcla con mayor contenido en fibras. También reducen los problemas de mezclado, y permiten obtener excelentes resultados incluso con las hormigoneras más básicas. Los PCE vienen ya modificados por los fabricantes para producir propiedades específicas como retención de la docilidad, cohesión o una alta resistencia inicial. Al reducir la proporción de agua-cemento aumentará la resistencia del HRFV, así como su resistencia a la penetración de agua y cloruros. Normalmente se obtiene también una mejor superficie con menos imperfecciones.

#### **Aditivos modificadores de la viscosidad**

La mayoría de aditivos modificadores de la viscosidad (o VMA) tienen base de polímeros de alto peso molecular con una gran afinidad al agua y crean una especie de estructura tridimensional en la fase líquida. De este modo, los VMA modifican las propiedades reológicas de la pasta de cemento en la mezcla de HRFV. Normalmente se utilizan en una proporción de entre el 0,1 y el 1,5 % en peso de cemento. Básicamente, el flujo (reología) de un mortero fresco a base de cemento depende de dos propiedades: el límite de elasticidad, que es la fuerza necesaria para empezar a moverlo, y la viscosidad plástica, que es la resistencia de la mezcla al flujo debida a la fricción interna de los ingredientes. Los ensayos de asentamiento miden principalmente el límite de elasticidad y el ensayo del embudo en V mide la viscosidad plástica (aunque esto no es parte de ningún programa recomendado de ensayo del HRFV).

Los plastificantes reducen el límite de elasticidad y por lo tanto aumentan el flujo. Por otro lado, los VMA aumentan la viscosidad plástica sin afectar al límite de elasticidad. Esto ayuda a mantener la cohesión de los componentes, lo que reduce la tendencia a la segregación, sobre todo en mezclas muy fluidas. También ayudan a reducir la fricción durante el bombeo y a reducir el exudado. De este modo los VMA complementan a los plastificantes en mezclas de HRFV, y resultan especialmente útiles para mezclas para bombear o muy fluidas.

#### **Aditivos aceleradores**

Generalmente el HRFV no necesita aditivos aceleradores. Al ser rico en cemento, el HRFV presenta una reacción exotérmica (de generación de calor) natural y se elabora en condiciones de fábrica, por lo que un tiempo de fraguado de entre 12 y 16 horas no suele ser problemático. Sin embargo, en fábricas sin calefacción por la noche en climas muy fríos, pueden ayudar a hacer que el producto se haya endurecido lo suficiente para desmoldearlo a la mañana siguiente. Si el HRFV se deja por la noche temperaturas tan bajas, sería mejor consultar con los proveedores de plastificantes para encontrar uno que tenga el acelerador ya premezclado.



Los aceleradores más comunes tienen base de cloruro cálcico, pero se debe tener precaución con el uso de este producto si el HRFV lleva encastrados elementos de acero (p. ej. fijadores).

Hay varios aceleradores sin cloruro en el mercado. Su uso puede ser conveniente en la producción de HRFV rociado, puesto que se añade en la boquilla pulverizadora de hormigón en túneles para aumentar el desarrollo de resistencia. Podrían ser una forma de acortar el tiempo que se tarda en poder volver a utilizar un molde.

### Aditivos retardantes

En climas cálidos, la fabricación de HRFV puede resultar problemática a causa de su alto contenido en cemento y la generación exotérmica de calor. En climas cálidos, también es mejor mantener fríos todos los ingredientes y utilizar agua helada, algo que no es posible si se utilizan retardantes químicos.

La mayoría de retardantes tienen base de azúcar y resultan más eficaces si se añaden unos minutos antes de completado el proceso de mezclado. Deben utilizarse junto con otros aditivos, por ejemplo plastificantes, para partir de una mezcla fluida. Los retardantes no suelen afectar la resistencia a largo plazo, pero pueden afectar las propiedades a las 24 horas.

### Aditivos aireantes

Los aditivos aireantes no se utilizan normalmente con HRFV puesto que ya es relativamente ligero y dichos aditivos tienden a reducir la resistencia mecánica del producto terminado. Sin embargo, si el peso de un producto en la obra supone un problema (y esto es cada vez más común, incluso con HRFV) existen numerosos aditivos patentados que pueden reducir fácilmente la densidad del HRFV. Si se utilizan aireantes (o áridos de baja densidad), será necesario verificar las propiedades mecánicas del hormigón reforzado.

### Polímeros

Los polímeros llevan utilizándose para la fabricación de HRFV durante los últimos 30 años, y se está extendiendo su uso en todo tipo de hormigones y mezclas a base de cemento. En el caso del HRFV los motivos son, entre otros:

- la eliminación del curado en húmedo consiguiendo aún una buena resistencia a los siete y a los 28 días.
- docilidad y aplicación mucho mejores, incluso sin utilizar otros aditivos.
- para mejorar las propiedades mecánicas del HRFV, sobre todo la deformación por flexión hasta la rotura del material envejecido.
- superficie más dura y más densa sin "empolvado" y con menos cuarteado.

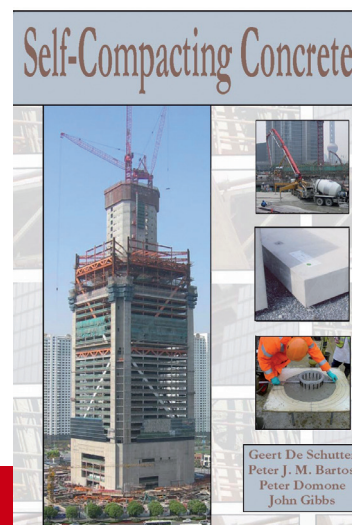
Los polímeros utilizados son las emulsiones de látex blanco, normalmente acrílicas, con un contenido de sólidos aproximado del 50 %. La dosis recomendada es de entre el 5 y el 6 % de sólidos (10-12 % de látex) por peso de cemento, aunque a veces se utilizan niveles menores (a sabiendas de que las ventajas serán también menores). El polímero debe ser resistente a los álcalis y a los rayos UV. Funcionan formando una red de puentes de polímero flexible entre los ingredientes minerales quebradizos, lo que ayuda a aglutinarlos. Se forma una película de polímero, que atrapa el agua, evitando su evaporación prematura y sellando la superficie. El resultado es una superficie más dura, que también reduce la penetración de humedad y sobre todo la velocidad de penetración del agua.

### Aditivos hidrófugos y antiflorescentes

El HRFV tiene un alto contenido en cemento, por lo que produce más calor al fraguar. Esto lo hace propenso a la eflorescencia, ya que el calor es el principal causante. Sustituir parte del cemento con un material puzolánico de alta reactividad reducirá considerablemente la cantidad de calor generada y eliminará prácticamente la eflorescencia. Sin embargo, las puzolanas se añaden en dosis de entre el 15 y el 20 %, por lo que entran en la categoría de aditivos adicionales y, como tales, no se van a tratar en este documento.

Al reducir el contenido de agua y curarse correctamente el HRFV, la eflorescencia se reduce a un mínimo. El uso de polímeros resulta beneficiosa porque garantiza un curado correcto y ayuda a sellar la superficie del producto, evitando o reduciendo la evaporación de agua de la superficie, que es lo que da lugar a la eflorescencia.

Existen varios compuestos que pueden añadirse a la mezcla para aumentar las propiedades hidrófugas de la superficie una vez endurecida, incluidos los compuestos cristalinos integrales más recientes. Todo lo que ayude a reducir la evaporación de agua de la superficie reducirá automáticamente la eflorescencia.



### Referencias:

#### Hormigón autocompactante

**AUTORES:** DE SCHUTTER, BARTOS, DOMONE, GIBBS

**EDITORIAL:** WHITTLE PUBLISHING, CRC PRESS, TAYLOR & FRANCIS GROUP, 2008

**ISBN:** 978-1904445-30-2