

CEMENTOS SIDERURGICOS

Por JOSÉ CÁMARA, Ingeniero de Caminos.

Continuando su trabajo sobre el tema del epígrafe, expone el autor su punto de vista respecto a las propiedades aglomerantes del granulado básico de horno-alto por sí solo, y los de la mezcla de éste con el clinker, y señala las aplicaciones que pueden tener en la construcción.

II

Granulado básico de horno-alto.

Según hemos indicado al tratar de los "Cementos siderúrgicos" en general, uno de los componentes esenciales de estos aglomerantes es el "granulado básico de horno-alto", y por ello, a este importante subproducto de la industria siderúrgica vamos a dedicar nuestra atención en las presentes líneas de este artículo.

Llamamos "granulado básico de horno-alto" a la arena amorfa y vitrificada que se obtiene del proceso de granulación o enfriamiento rápido de las escorias básicas de los hornos altos. De estas escorias que salen del horno alto en estado líquido, fundidas a una temperatura comprendida entre 1300° y 1500°, nos interesan las básicas; es decir, aquellas cuya relación entre la cal y la sílice es igual o mayor que la unidad, y se obtienen en el horno alto de cok, funcionando a la temperatura indicada para la producción de fundición ordinaria. Son más aptas para el empleo en la fabricación de cementos, cuanto más elevada es la temperatura del ambiente en donde se forma.

Aparte de la natural precaución de separar las escorias obtenidas en los primeros momentos de sangrar el horno, cuya utilización puede ser diferente, como caracteres físicos que permiten conocer la bondad del producto, daremos los dos siguientes: La escoria fundida según sale del horno es apta para aprovechar como cemento cuando, tomándola con un pequeño cazo de mango largo, al volcarla se desprende en hilos, y es defectuosa, cuando se desprende en bolitas. Asimismo es buena la escoria que, dejada enfriar en la citada cazoleta, presenta un color amarillo o gris, y es inaceptable, al fin que estudiamos, la que presente un color verde o negro.

Dentro siempre del coeficiente de basicidad mínimo, igual a la unidad, que hemos establecido, hay escorias fuertemente reactivas en que aquel coeficiente es muy elevado, y otras de menos reactividad, en las que la relación cal a sílice se aproxima a la unidad. Las primeras escorias dan lugar a granulados que presentan gran resistencia inicial, permiten reducir

la adición de *clinker* y no exigen fuerte finura en el molido, motivos por los cuales son estas escorias las más aparentes para la fabricación de cemento. Como hemos de indicar posteriormente, estas diferentes categorías en la basicidad que el horno alto produce, se corrigen con la homogeneización del granulado en los silos correspondientes, con lo que el aglomerante producido tiene siempre la debida regularidad. Otras veces se procede, por el contrario, a una separación o selección del granulado, al objeto de aplicarlo en un proceso de fabricación determinado, cuando el cemento a producir así lo requiere por su especialidad.

Estas escorias básicas a que nos referimos precisan del tratamiento de la granulación para hacerlas estables y fijar su carácter de hidraulicidad característico. Dicho tratamiento consiste en el enfriamiento rápido de la escoria básica fundida, lo cual se consigue por medio del agua o del vapor o aire frío, dando lugar a los procedimientos de granulación húmedo y seco. Lo esencial con un medio u otro es alcanzar una gran rapidez en el enfriamiento, que impida la cristalización de la escoria básica y que se obtenga un material solidificado semejante a la arena y en forma de granos amorfos, ligeros y porosos, de un color gris blanquecino que es el producto conocido con el nombre de granulado. La energía del enfriamiento es tanto mayor cuanto más elevado es el coeficiente de basicidad de la escoria.

En el sistema de granulación húmedo por medio del agua se obtiene un producto con un 15 a 35 por 100 de humedad, que tiene que secarse antes de poderse emplear en la molienda. Puede utilizarse indistintamente para el enfriamiento agua dulce o agua salada, pues la granulación elimina en buena parte el azufre de los sulfuros en la forma de sulfuro de hidrógeno y en disolución en forma de sulfuro de calcio. Este sistema húmedo produce granulados de gran constancia en su hidraulicidad y que permiten una molienda relativamente fácil.

El granulado seco presenta valores, por cuanto a la hidraulicidad se refiere, más elevados, pero también menos regulares, y la molienda del producto es más costosa. La calidad de los cementos puede igualmente ser muy buena con los dos procedimientos de granula-

ción. Como estimamos que la constante de hidraulicidad en el granulado húmedo no es debido a otra causa que a la garantía del rápido enfriamiento de la escoria y ésta puede ser lograda en el granulado seco o semiseco, si se toman las precauciones debidas, y como hemos visto en varias fábricas extranjeras de gran producción y alta calidad de sus cementos emplear el segundo sistema para obtener el granulado, desde hace varios años, nosotros, ante el elevado coste que representa el secado del granulado, aun cuando se empleen combustibles económicos, como el gas de horno alto o menudo de cok con parrilla automática, nos decidimos por el procedimiento semiseco del aire húmedo frío, con refrigeración del cilindro rotativo, por entender resulta más ventajosa en términos generales su aplicación.

De lo anteriormente expuesto cabe deducirse que no es el granulado básico de alto horno un producto que se añada al *clinker* para empobrecerle y que pudiera ser sustituido por un árido apropiado, pues las investigaciones efectuadas a tal efecto han demostrado lo contrario, como tendremos ocasión de demostrar oportunamente. Este material es más bien un verdadero *clinker* por sí solo, exento en absoluto de cal libre que, al ser molido finamente con el *clinker* obtenido en los hornos de cemento en las proporciones convenientes, mejora en varios aspectos las cualidades de éste al fijar exactamente sus componentes.

Para dar una idea de sus posibilidades de aplicación, podemos manifestar que, molido este granulado hasta un cierto grado de finura, y constituyendo lo que algunos autores llaman "*turamento*", permite ser empleado en obras directamente, sustituyendo una parte de cemento mezclado, con la economía consiguiente de este material y del carbón que supone la fabricación del cemento, y dando lugar a masas impermeables y de gran compacidad. Presenta entonces el granulado molido un color grisáceo, con una densidad real en polvo fino de 2,998, y su composición química media resulta ser:

SiO ₂	35,1	por 100.
Al ₂ O ₃	10,26	—
FeO	0,72	—
MnO	1,00	—
CaO	47,45	—
MgO	3,92	—
S (total)	1,92	—
P ₂ O ₅	0,09	—
Alcalis (no dosados)	0,17	—

Con una finura de molido del 11 por 100 en 4 900 mallas, y mezclado con un 33 por 100 de agua, se endurece, presentando un principio de fraguado a las 2 h. 30', y un final a las 7 h. 35'. La estabilidad de volumen es totalmente inalterable en el aire, agua y ebullición, y las resistencias obtenidas con morteros

normales de 1 × 3 en cubos de 7 cm. de aristas y arena de "Leucate", son:

E D A D	Tracción: Kg./cm. ²		Compresión: Kg./cm. ²	
	Aire	Agua	Aire	Agua
3 días	16	14	160	104
7 días	22,5	22,5	204	152
28 días	30	29	232	200

De los ensayos practicados se ha deducido que, sustituyendo en un mortero cada kilogramo de cemento por medio kilogramo de este producto, más un kilogramo de "*turamento*", con la misma cantidad de árido, se obtiene un material que tiene más resistencia que el mortero de cemento solamente y tiene más rendimiento en la obra a ejecutar.

Los morteros y hormigones fabricados a base de "*turamento*" y cemento son más resistentes y homogéneos que los elaborados a base de Portland exclusivamente, debido a la mayor abundancia de aglomerantes que rodean y cubren por completo los granos de los áridos, quedando éstos totalmente protegidos. Como aglomerante frío, carece por completo de contracción y expansión, y forma morteros plásticos e impermeables de gran facilidad de manipulación y empleo.

Los morteros preparados a base de este granulado molido retienen más tiempo el agua de amasado que los de cemento Portland normal y esto se traduce en una mejor trabazón con el resto de los elementos integrantes de la construcción, impidiendo la formación de las grietas y fisuras y alcanzándose en las fábricas un alto grado de impermeabilidad.

Igualmente, los morteros a base de "*turamento*" sustituyen con gran ventaja a los antiguos de cal y arena, cuya resistencia tarda mucho tiempo en conseguirse, y tiene, por otra parte, una duración limitada a la acción de los agentes físicoquímicos. Es también más práctico su empleo en los casos que consideramos, que el cemento Portland normal, que produce morteros ásperos, como plásticos, de difícil ligazón con los ladrillos, bloques y demás elementos de la construcción. El mortero mezcla de cemento y "*turamento*" resulta más plástico y manejable que el de cemento solamente. Igualmente cabe formar los morteros con mezcla de cal y "*turamento*" (una parte de lo primero por dos del segundo), que dan buenos resultados, aun en el caso de aplicaciones hidráulicas.

Aparte de la economía que puede obtenerse con su empleo, y del ahorro en el consumo de carbón que supone, su aplicación en el mercado constructor representa la revalorización de un subproducto industrial de gran volumen, lo que entendemos es digno de te-

nerse en cuenta para incrementar la riqueza nacional de España.

De lo expuesto anteriormente se deduce que las escorias básicas granuladas poseen ya en sí, de modo intrínseco, excelentes cualidades aglomerantes, y una experiencia de más de cuarenta años ha demostrado que no existen en ella componente alguno que tenga el menor efecto perjudicial, ni sobre las masas del mortero y hormigón ni sobre el acero de las armaduras. Hoy existen informes técnicos y práctica suficiente sobre tal punto que no deja lugar a dudas, y más bien se cree, como consecuencia de los resultados obtenidos, en que con el empleo de aglomerantes hidráulicos fabricados a base de granulado básico, no solamente se protege suficientemente las armaduras, sino que, en el caso de hierro enmohecido, las adherencias y protección del acero quedan más garantizadas. Nuestras experiencias propias han comprobado los hechos anteriores.

El granulado básico de alto horno, amasado con agua, fragua, se endurece y presenta resistencias apreciables cuyo desarrollo es, desde luego, más rápido y fuerte cuando el granulado se ha mezclado y molido con el *clinker* de cemento, para formar los aglomerantes siderúrgicos. Porque, en este caso de la mezcla, los componentes, por acción catalítica, proporcionan

al conjunto todo su potencial de hidraulicidad. De composición semejante al cemento, la escoria básica granulada es capaz de formar con el agua los silicatos hidratados, origen y causa del fraguado y endurecimiento, si bien lo hace con una velocidad de hidratación menor en relación a la del cemento.

Es, pues, el granulado básico un material aglomerante que tiene verdadero valor, y por ello, todos los países industriales se han preocupado de su aprovechamiento, llegando a tener la utilización de este producto muy elevadas proporciones, tanto desde el punto de vista del coste de las instalaciones empleadas como de las producciones obtenidas, especialmente en lo que se refiere a los aglomerantes hidráulicos y elementos para la construcción.

Aparte de la aplicación dicha del granulado, que hemos comentado anteriormente, y de las mezclas con el *clinker* de cemento, de que posteriormente hemos de tratar, la utilización de este producto en la fabricación de piezas moldeadas constituye un valioso recurso para la economía nacional, puesto que las piedras artificiales obtenidas sin consumo alguno de carbón presentan un buen rendimiento técnico y económico para ser aplicadas en el campo de la construcción de viviendas de tipo medio, ayudando con ello a resolver esta fundamental necesidad de los pueblos.
