

Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento

616-42 LA SINTERIZACION RACIONAL DEL CLINKER

(Per la razionale scorificazione del clinker di cemento)

F. Ferrari,

De: IL CEMENTO, 158 Vol. IV, 1951.

El autor hace un estudio retrospectivo de las teorías -- acerca de la clinkerización, mencionando las dilatadas discusiones que han tenido lugar para dilucidar si la "combinación" de los componentes elementales del portland es un fenómeno exotermico o no. -- Los que sostienen las diferentes hipótesis se apoyan en teorías -- igualmente razonables, razón evidente para que la cuestión quede -- en el aire.

La clinkerización es, según el Sr. Ferrari, no un fenómeno sino un proceso. No representa por tanto una combinación química y los fenómenos químicos que en ella tienen lugar no caen exclusivamente dentro de los dominios de la termodinámica. Simultánea o sucesivamente se producen y desarrollan una serie de fenómenos de orden químico y físico que se superponen y de los cuales, solamente la "resultante", positiva o negativa puede ser determinada experimentalmente.

El proceso de clinkerización comprende tres grandes fases o grupos de reacciones que se suceden, la primera a temperatura creciente, la segunda a temperatura constante y la tercera a temperatura decreciente. La delimitación más o menos marcada entre estas tres fases y la sucesión más o menos regular de las reacciones relativas a cada una de ellas, dependen evidentemente de la homogeneidad de la -- mezcla y de la regularidad de calentamiento,

La primera fase parece en parte endotérmica y en parte - exotérmica. Interesa esta fase a una amplia serie de reacciones: el óxido de hierro, la alumina, la sílice, etc., bajo las formas reactivas correspondientes, se combinan con la cal para formar compuestos diversos no cristalizados y por tanto, no hidráulicos. La temperatura en esta fase sube hasta alcanzar la de fusión de la celita.

La segunda fase comprende: en el comienzo, reacciones endotérmicas (fusión de la celita y solución de los silicatos y aluminatos cálcicos) y al final reacciones exotérmicas debidas a la cristalización de los silicatos y aluminatos mencionados. Esta fase del proceso tiene lugar con velocidad distinta según sea la cantidad de "liquidus" presente en la masa. En este líquido se disuelven todos los compuestos formados a baja temperatura durante la primera fase como los que se originan por la disolución en el mismo líquido de los elementos (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO) liberados al comienzo de la fusión de la celita. La disolución de estos compuestos se hace con absorción de calor, lo que determina el enfriamiento de la propia solución, llevándola al estado de sobresaturación. En estas condiciones se produce la precipitación de los silicatos y aluminatos en forma de cristales muy pequeños, y en ínfima cantidad. El calor desarrollado por tal cristalización coloca a la disolución en condiciones de disolver una cierta cantidad de compuestos amorfos, lo que produce nuevo enfriamiento, sobresaturación y precipitación y así sucesivamente. Este ciclo se repite indefinidamente con la particularidad de que las precipitaciones ulteriores de materia cristalina se forman por "nutrición" (germen) de los minúsculos cristales producidos al comienzo. Así se verifica el crecimiento de los cristales.

La fase tercera corresponde a fenómenos exclusivamente exotérmicos relativos a la cristalización por des-sobresaturación (dilución) y solidificación del fundente (celita). Al iniciarse el en-

enfriamiento, el fundente conserva un cierto grado de fluidez por lo que es todavía posible la desaturación por nutrición de los cristales ya formados. Pero el propio fundente adquiere rápidamente una elevada viscosidad tal que los cristales formados no disponen de la movilidad necesaria para llegar al pleno contacto con los elementos del líquido, por lo que la sobresaturación aumenta continuamente durante el enfriamiento. En este punto sólo se produce una nueva precipitación de cristales infinitamente pequeños puesto que la viscosidad del líquido no es suficiente para impedir por completo la cristalización.

Durante esta fase, los procesos de cristalización y solidificación, por cuanto que dejan disponible una notable cantidad de calor latente no tienden a producir elevación de temperatura de la masa reaccionante.

La práctica confirma que para conseguir una buena cristalización y por tanto un buen clinker es necesario:

1ª.- Que la duración de la cocción se prolongue tanto más tiempo cuanto mayor sea la falta de fundentes, especialmente hierro el cual, por dar lugar a fases líquida poco viscosas permite una desaturación útil más completa "por nutrición" y una temperatura más baja.

2ª.- El calentamiento no debe activarse hasta el punto de producir la fusión incipiente de la masa en cocción. Si esto tiene lugar, la cristalización de los silicatos y aluminatos cálcicos no puede efectuarse luego más que por solidificación. La cristalización se presenta escasa y de pequeños elementos englobados en el fundente. Se obtienen así clinker quemados cuyo valor hidráulico es muy Pequeño.

3ª.- La velocidad de enfriamiento debe ser convenientemente regulada. Al principio debe ser reducida pero, a partir de la temperatura a la cual el fundente comienza a solidificarse, es importan

te efectuar el "templado". Así se evita la precipitación de los mínimos cristales de valor hidráulico casi nulo mientras que los elementos que se encuentran disueltos pasan a formar una solución sólida de notables propiedades puzolánicas e hidráulicas.

A continuación, el Sr. Ferrari relata sus experiencias efectuadas en el periodo 1909-1915 con hornos rotatorios, haciendo hincapié una vez más en la importancia del módulo silícico y sus relaciones con la duración y temperatura de la clinkerización y del rápido enfriamiento del clinker. También se menciona la influencia de la llama y los obstáculos que se oponen al empleo de un dardo de gran longitud (formación de anillos, entre otros).

Finalmente, se toman en consideración los hornos verticales y se hacen destacar las innovaciones realizadas en los últimos tiempos tales como la adopción de formas troncocónicas para la zona de clinkerización (ver Ultimos Avances nº 15, pág. 12). Con estos artificios se ha logrado cocer un clinker Ferrari con un consumo de calor no mayor de 960 kcal/kg., sin que el valor hidráulico del cemento producido deje nada que desear.