

¿cómo reducir el contenido en álcalis con hornos de gran rendimiento?

low-alkali cement from high-efficiency kilns?

C. F. Clausen («Rook Products», pág. 148, enero 1960)

Desde hace unos veinte años, la industria del cemento mantiene una vigilancia extrema del efecto, a veces pernicioso, de los álcalis en el hormigón; esta industria reconoce, por otro lado, la necesidad de fabricar cementos bajos en álcalis, cuando se han de emplear para determinados usos.

Simultáneamente, se han desarrollado condiciones de trabajo que agravan el problema de los álcalis y que pueden ser, en parte, responsables de dicho problema; en particular, el uso creciente de colectores de polvo en los hornos y el desarrollo de hornos con alto rendimiento, bajo consumo de combustible y temperaturas bajas en los gases de escape.

Para armonizar estos tres últimos conceptos, el autor propone una reorganización de equipo que puede eliminar este inconveniente. La idea simplificada sería la siguiente: extraer los gases del horno de un sistema de precalentamiento en el punto en que la concentración de álcalis es mayor y, en su lugar, introducir aire caliente del enfriador de clínker a fin de reducir la absorción de álcalis por parte de las materias primas en el precalentador. De este modo, pueden separarse aproximadamente el 50 % de los álcalis totales de la alimentación. Esto puede aplicarse a cualquiera de los diversos tipos de sistemas actualmente en uso.

En primer lugar, expliquemos un poco cómo es la situación hoy en día.—El polvo del horno recogido realmente en los colectores contiene una concentración de álcalis elevada; si este polvo retorna al proceso, creará dificultades para producir un clínker con un contenido en álcalis (expresado como Na_2O) inferior al 0,6 %. Si se requiere un cemento bajo en álcalis, frecuentemente es necesario, por lo tanto, tirar el polvo, con lo que se crea un derroche económico de cierta magnitud.

Además, los hornos de gran rendimiento basan su trabajo en la baja temperatura de los gases de escape, como resultante de una transmisión de calor efectiva de los gases al crudo y contacto íntimo entre los gases y la alimentación. Por desgracia, esta situación también resulta en un íntimo contacto entre los gases ricos en álcalis y las materias primas.

De este problema han tratado muchos métodos y procedimientos, encaminados a aumentar la volatilización de álcalis en el propio horno, y han destacado el efecto de la temperatura de aparición de fase líquida, momento de esta aparición, carga del horno y tamaño de clínker. En gran parte, estos estudios mostraron cierta ineptitud al mejorar la volatilización de álcalis en los hornos si el polvo alcalino se recoge en colectores y vuelve al circuito.

Una observación detenida de un horno moderno de vía seca ilustrará los anteriores asertos. La figura 1 es un diagrama muy esquemático de un horno de gran rendimiento con un enfriador de aire convencional, que puede ser cualquiera de los tipos hoy día en uso, tales como: el enfriador de parrilla Fuller, el enfriador vibratorio Allis-Chalmers o el enfriador de parrilla horizontal Smidth. El precalentador representado en la figura es un sistema de parrilla ACL (constructora del horno Lepol en EE. UU.), pero las condiciones de transmisión de calor y absorción de álcalis podrían aplicarse igualmente al precalentador en suspensión gaseosa Humbolt, al calcinador Smidth o a otros.

Es de todos conocido el sistema de transmisión de calor en contracorriente. El crudo granulado entra en el horno por la izquierda; se mueve a través del precalentador sobre una rejilla de movimiento lento y pasa a un horno rotatorio corto y, finalmente, cae el clínker en un enfriador. Los gases de combustión calientes que salen del horno pasan primero, de arriba abajo, en la sección de calentamiento de la rejilla; atraviesan, a continuación, un colector de polvo, donde se elimina el polvo grueso (y algo de compuestos alcalinos). Finalmente, los gases hacen un segundo paso, de arriba abajo, a través de la sección de secado de la rejilla. Los gases fríos que resultan atraviesan un segundo colector de polvo, para dirigirse, finalmente, a la chimenea.

La posición de un tabique de separación en el precalentador determina el tiempo que los gránulos quedan expuestos a los gases del horno en cada uno de los dos pasos.

Del mismo modo, la posición de un tabique en el enfriador regula la cantidad de aire precalentado que entra al horno como aire de combustión secundario y la del aire que se desecha. Este aire que no se aprovecha en el horno debe pasar a través de un colector de polvo, puesto que el polvo del enfriador de clínker (grueso y áspero) se ve como motivo muy censurable dentro y en los alrededores de la propia fábrica.

Los sistemas de horno de este tipo han conseguido una economía de combustible considerable, así como una adsorción de polvo efectiva sobre los gránulos húmedos en la sección de secado del precalentador. Desgraciadamente, este segundo paso proporciona también una oportunidad para una transmisión efectiva de vapores o cristales microscópicos alcalinos desde los gases a los gránulos húmedos. El aspecto responsable de una excelente economía de combustible, proporcionará, a la vez, un incremento de la circulación de álcalis en el sistema.

En la distribución expuesta en la figura 1, se han introducido tres colectores de polvo: (a) uno para la chimenea del enfriador; (b) otro para limpiar gases entre los dos pasos del precalentador, y (c) un tercero para los gases del final del horno. El polvo del clínker que procede del enfriador no contiene más álcalis que el clínker acabado, pero el polvo intermedio (b) y el polvo final (c) pueden presentar un contenido en Na_2O y K_2O tan elevado que puede ser aconsejable no devolverlos de nuevo al proceso. No obstante, aun en el caso en que el polvo de estas dos fuentes (b) y (c) se elimine como producto de desecho, puede ser difícil hacer un cemento bajo en álcalis por la absorción de éstos en los gránulos húmedos.

La figura 2 nos muestra esquemáticamente el balance de calor para un sistema tal como el representado en la figura 1, indicando las pérdidas de calor a través de la chimenea del enfriador, de la chimenea principal y el empleado para evaporar el agua de los gránulos.

La *propuesta de reorganización de equipo* que, según el autor, puede eliminar los inconvenientes antes mencionados, consiste, simplemente, en separar del sistema (en su totalidad) los gases del horno, una vez que han pasado la sección de calentamiento de la parrilla. En su lugar, se emplea el exceso de aire del enfriador para secar los gránulos.

Esta redistribución, tal como se representa en la figura 3, tendrá varias ventajas. El exceso de aire del enfriador no contiene álcalis; el polvo de clínker áspero sería inocuo al ser adsorbido por los gránulos húmedos en la sección de secado de la parrilla. Incluso, puede ejercer una acción catalítica en el proceso de calcinación.

Los gases del horno (una vez que han pasado la sección de calentamiento de la rejilla) y el aire del enfriador (después de pasar a través de los nódulos húmedos) se extraerán por separado y se transportarán, en común, a un colector de polvo y exhaustor. De este modo, se han eliminado los otros dos sistemas de polvo expuestos en la figura 1.

Puesto que la finalidad de tal distribución sería fabricar cementos bajos en álcalis, es indudable que sería necesario desechar el polvo recogido en el colector de polvo.

Es casi imposible obtener datos de la adsorción de álcalis en los gránulos durante el paso a través del precalentador, por la dificultad de garantizar muestras en las condiciones normales de trabajo. Pueden servir de indicación unas observaciones tomadas en un horno Lepol doble paso en Inglaterra.

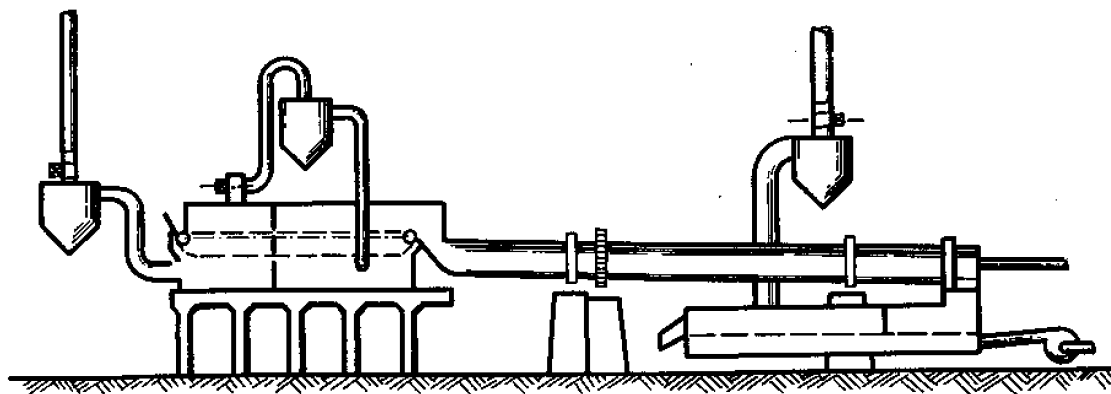


Fig. 1.—Sistema convencional de horno con enfriador y parrilla.

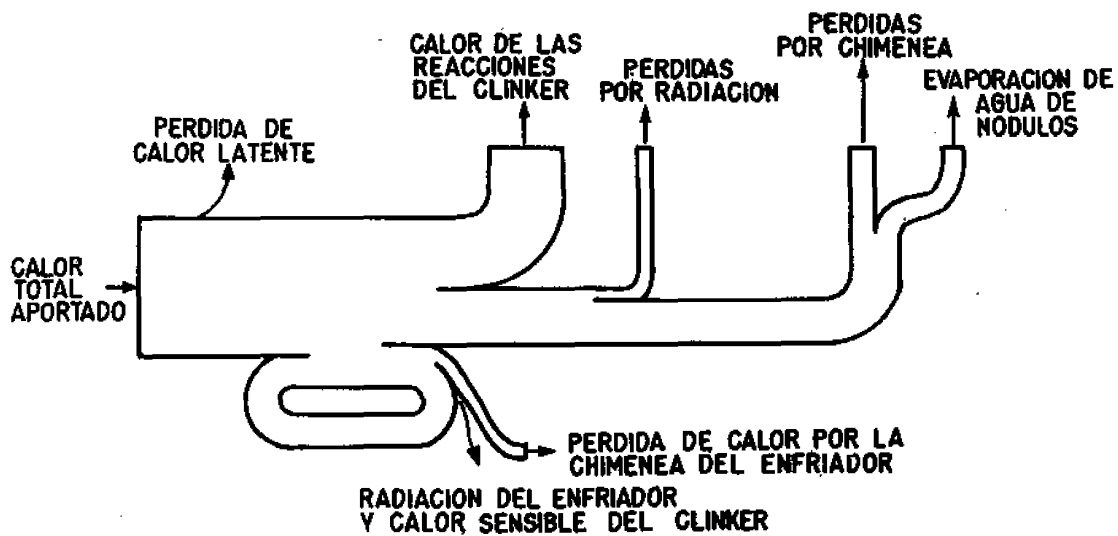


Fig. 2.—Balance térmico para el sistema convencional de la figura 1.

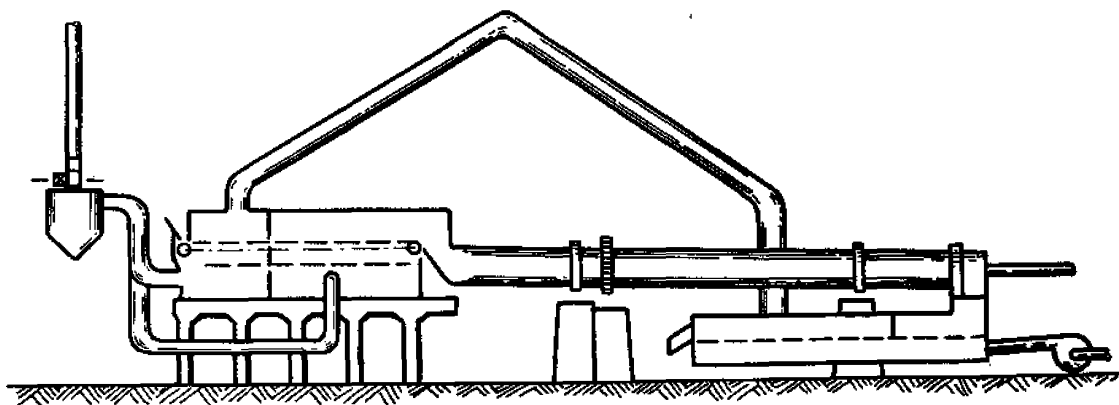


Fig. 3.—Sistema de horno propuesto con enfriador y parrilla.

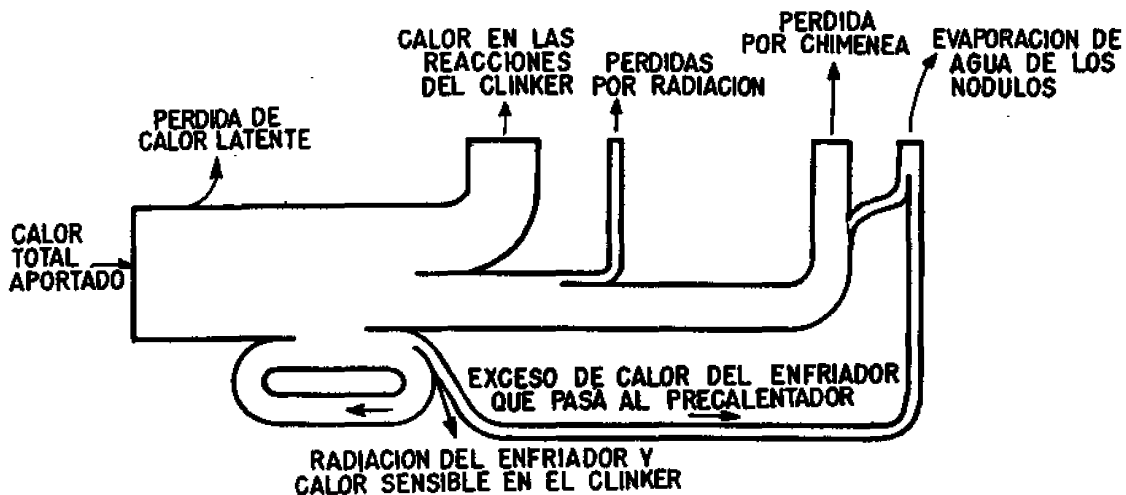


Fig. 4.—Balance térmico para el sistema de horno propuesto con enfriador y parrilla.

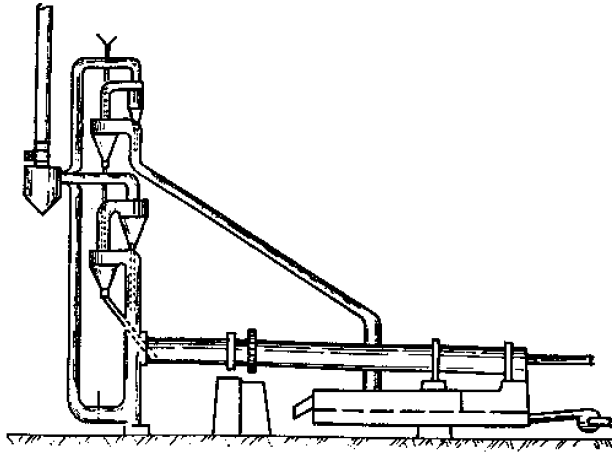


Fig. 5.—Sistema de horno propuesto, enfriador y precalentador en suspensión gaseosa.

hecho en un horno Lepol doble paso que se montó hace unos pocos años en una fábrica sueca, demostró que, una vez pasada la sección de calentamiento de la parrilla, los gases contenían más del 50 % del total de álcalis introducidos al sistema del horno por la alimentación. Aproximadamente, la mitad de esta cantidad de álcalis se recoge en los ciclones intermedios (b), siendo adsorbido el resto por los nódulos en el segundo paso. En el sistema propuesto, aproximadamente el 50 % de los álcalis totales de la alimentación se eliminaría del sistema.

Se presenta un problema importante: ¿Podría mantenerse la gran economía de combustible hoy día posible con los hornos modernos con precalentador? ¿O se conseguiría la ventaja de fabricar un cemento bajo en álcalis a costa de un menor rendimiento de combustible? La figura 4 nos muestra un balance de material de acuerdo con el sistema propuesto. El calor consumido en la evaporación de los nódulos es el mismo. Las pérdidas por chimenea aumentan, debido a la mayor temperatura de los gases de escape, pero no excedería el total de pérdidas representadas en la figura 2.

La cantidad de gases que salen del enfriador y, particularmente, la cantidad de aquéllos que pasan de la primera a la segunda cámara en el horno Lepol, son muy difíciles de medir. Los gases por debajo de la zona de calentamiento de la parrilla (los gases extraídos con el fin ya mencionado) pueden tener una temperatura de hasta 325°C y la de los gases excedentes del enfriador de hasta 230°C. Otras fábricas han encontrado temperaturas de gases entre el primero y segundo paso de unos 275°C y en los gases de escape del enfriador de unos 200°C.

Por lo tanto, sería deseable hacer ciertos arreglos en el balance térmico del sistema. El enfriador se modificaría ligeramente, de modo que suministrase, si interesa, más aire caliente para el precalentador y, en correspondencia, menos aire secundario para la combustión. Del mismo modo, el tabique de separación de cámaras en el precalentador puede moverse ligeramente hacia el extremo de alimentación, de forma que las secciones de secado y calentamiento de la parrilla se correspondan con las cantidades de calor disponibles. Los gránulos que pasasen por debajo de este tabique, posiblemente contendrían un bajo porcentaje de humedad residual que evaporaría en la zona de calentamiento por los gases de combustión del horno (ver figura 4).

Lógicamente, debería aumentarse la capacidad de los ventiladores de tiro del sistema total y del colector de polvo.

Esta propuesta de extraer gases del horno en su punto de máxima concentración en álcalis y, en su lugar, introducir aire caliente del enfriador de clínker para reducir la adsorción de álcalis por los crudos en el precalentador y facilitar la fabricación de cementos bajos en álcalis, no se limita a los hornos Lepol de doble paso. En la figura 5 se ve una aplicación del mismo propósito para un horno Humboldt con precalentador por suspensión gaseosa. Como ya hemos dicho, los gases de escape del horno se extraerían del sistema después de pasar a través de dos pasos del precalentador, pasándose aire caliente del enfriador a través de los dos restantes. El paso de materias primas a través de los ciclones y en el horno, sería, sustancialmente, igual que en las instalaciones convencionales.

Si en hornos de vía húmeda se emplean calcinators, cadenas u otro tipo de intercambiadores de calor, pueden aplicarse los mismos principios de extracción de gases ricos en álcalis del extremo de alimentación del propio horno rotatorio y paso de aire caliente desde la chimenea del enfriador, a través del precalentador.

Finalmente, debe recalarse que estas ideas no crean nuevas mejoras en la economía de los modernos hornos de alto rendimiento. La finalidad de este artículo ha sido sugerir un método mediante el cual pueda reducirse, notablemente, el contenido en álcalis del clínker producido en tales hornos.

En esta fábrica, los nódulos recién preparados contenían 0,8 % de álcalis; 1,7 % al pasar por el tabique de separación entre cámaras de la parrilla Lepol; 1,5 % al pasar del precalentador al horno, y, finalmente, el clínker presentaba un contenido en álcalis de 0,8 %. Estos datos indican que el paso más enérgico de álcalis desde los gases a los nódulos tiene lugar en la sección de secado de la parrilla; también señalan que no adsorben álcalis los nódulos en la sección de precalentamiento y que, efectivamente, parte de los álcalis pueden volatilizar en este lugar. Finalmente, estos datos confirman las observaciones hechas en EE. UU. de que la mitad de los álcalis que entran en el propio horno se volatilizan en la zona de clinkerización.

En el sistema propuesto, los gases del horno se extraerían en su máxima concentración de vapores alcalinos, y los nódulos húmedos, susceptibles de absorber álcalis, se secarían por una corriente de aire caliente exenta de álcalis. Un balance de álcalis