

Enfriadores de clínker

NIELS ERIK HASTRUP, Ing.

F. L. Smidth & Co. A/S

Durante los 100 años en que ha existido la fabricación industrializada del cemento se ha dicho y se ha escrito mucho sobre el enfriamiento del clínker, por lo que no voy a tratar de hacer un repaso de todo ello ni tampoco una exposición histórica del desarrollo del enfriador de clínker, que es sobradamente conocido por todos. En su lugar voy a tratar de concentrarme en algunos puntos interesantes que han tenido especial importancia para el diseño de los actuales tipos principales de enfriador.

Sin embargo, creo que está justificado un breve resumen sobre los procesos de enfriamiento existentes, sus consecuencias y su utilización práctica.

En primer lugar, debemos tener bien presente que el enfriamiento de clínker tiene hoy día como finalidad, y en igual grado de importancia, tanto la recuperación de calor como el hacer bajar considerablemente la temperatura del clínker, por lo que, para la combustión en el horno, debemos emplear la cantidad de aire necesaria para devolver al horno el calor del clínker. Como es sabido, la transmisión de calor del clínker al aire puede realizarse en corriente paralela, corriente transversal y contracorriente, aunque en la práctica sólo se emplean las dos últimas: corriente transversal en los enfriadores de rejilla y contracorriente en los enfriadores tubulares rotatorios, en los enfriadores planetarios y en los enfriadores verticales. Comoquiera que la cantidad de aire de que se dispone para la recuperación de calor está determinada, casi exclusivamente, por el consumo de combustible del horno, hay límites respecto a la cantidad de calor que puede recuperarse, pues también existe un límite de la temperatura a que podemos calentar el aire, dependiendo de si utilizamos contracorriente o corriente transversal.

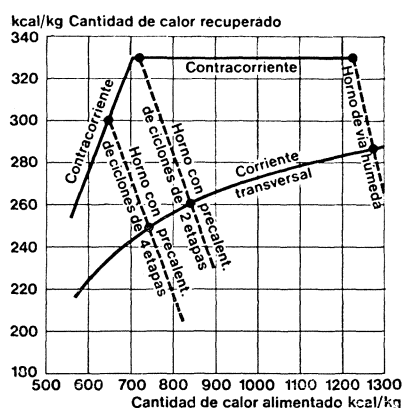


Fig. 1

a que se puede llegar en un horno con enfriador de corriente transversal es unas 100 kcal más elevado que el correspondiente al mismo horno equipado con enfriador de contracorriente. Por ello no cabe la menor duda de que, si al sistema de horno del futuro sólo se le exige que tenga el consumo de calor más bajo posible, hay que concentrarse en el desarrollo del enfriador de contracorriente (fig. 2).

La figura 1 muestra este valor límite en dependencia del consumo de combustible del horno en kcal/kg de clínker, partiendo del supuesto que el aislamiento térmico de los enfriadores es perfecto. Vemos que se consigue menos calor recuperado a medida que disminuye el consumo de calor del horno. La cantidad de calor que, teóricamente, puede recuperarse mediante corriente transversal es inferior a la que, teóricamente, puede recuperarse mediante contracorriente.

La consecuencia de lo anterior es, por tanto, que el consumo teórico de calor más bajo

Antes de pasar a examinar las posibilidades prácticas, debemos tener presente que una buena capacidad para recuperar el calor del clínker no es lo único que se le exige hoy a un enfriador, aunque, como es natural, la crisis de energía concede gran prioridad a este punto.

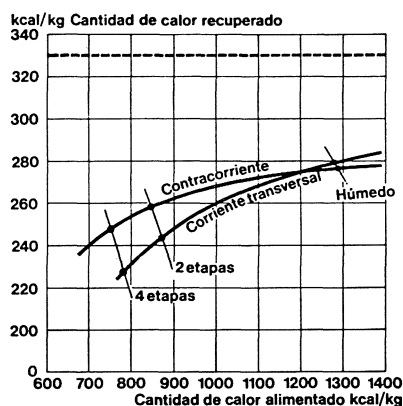


Fig. 2

<p>Enfría el clínker a 100 - 200°C Recupera el calor del clínker Reducido consumo de fuerza Reducidas cantidades de aire falso Gran seguridad de marcha Escasa repercusión sobre la marcha del horno Insensible a la granulometría del clínker Flexibilidad ante las oscilaciones de la producción De fácil manejo Apto para automatización Escasa producción de polvo Escaso nivel de ruido Requiere poco espacio Reducidos gastos de reparación</p>
--

Tabla 1

En la tabla 1 puede verse una relación de las exigencias más importantes que deben imponerse a un enfriador. Por lo que se refiere al constructor del enfriador, lo que le interesa es cumplir con tantas de estas exigencias como sea posible, pero queda bien claro que, fuera de la recuperación de calor, la más importante es el enfriamiento del clínker.

Hasta ahora me he limitado a hablar del enfriador como recuperador de calor, y esto pudiera parecer equivalente a hablar del enfriador como aparato refrigerador. Este no es exactamente el caso, debido a los límites para la recuperación de calor que mencioné anteriormente, lo que precisamente hace que haya un límite para la temperatura a que pueden enfriarse los clínkeres, límite este que es más alto para los enfriadores de corriente transversal que para los de contracorriente, especialmente en hornos de alta economía. Si estas temperaturas no son satisfactorias se debe llevar a cabo un enfriamiento ulterior, ya sea empleando más aire —que, como es natural, no puede utilizarse en el horno— o mediante la inyección de agua. La propia pregunta de cuáles son las temperaturas del clínker que hoy se deben considerar satisfactorias, es interesante. La respuesta depende, en parte, de qué aparatos de transporte y qué tipos de almacén se utilizan, y en parte, de la temperatura que puede tolerarse a la entrada del molino de cemento. Al equipar los molinos de cemento con sistemas de inyección de agua tanto a la entrada como a la salida, en la actualidad pueden tolerarse temperaturas de hasta 200°C en la entrada al molino.

* * *

De los múltiples tipos de enfriador que han visto la luz del día en el transcurso de los años, voy a tratar de concentrarme en los dos que son más utilizados: el enfriador de rejilla y el enfriador planetario.

El enfriador tubular rotatorio, en su calidad de enfriador de contracorriente, tiene excelentes posibilidades pero, por una parte, ocupa demasiado espacio y, por otra, puede resultar difícil realizar la transición entre enfriador y horno sin grandes cantidades de aire falso y problemas de transporte.

El enfriador vertical es, en teoría, un enfriador de contracorriente, pero todavía existen muchas dificultades para hacerle funcionar como tal, especialmente cuando se trata de clínker fino, en cuyo caso fácilmente se convierte en enfriador de corriente transversal.

El enfriador planetario (fig. 3) se caracteriza por su unión fija al tubo del horno y porque gira juntamente con éste. El enfriamiento tiene lugar, principalmente, durante el desplazamiento de los clínkeres a través de la corriente de aire. El enfriador funciona, en teoría, como un auténtico enfriador de contracorriente.

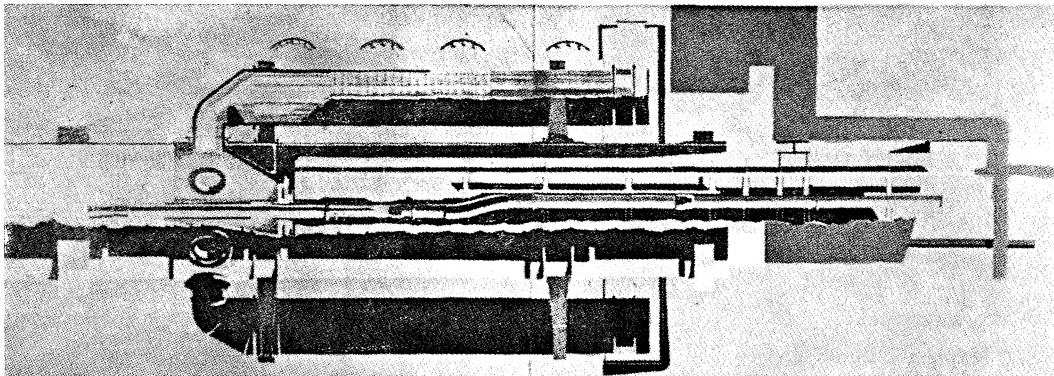


Fig. 3

El enfriador de rejilla (fig. 4) se caracteriza por su independencia mecánica del horno, con la correspondiente junta entre horno y enfriador y la rejilla mecánica para el transporte del clínker. El enfriamiento se lleva a cabo mediante la insuflación de aire a través de la capa de clínker, por lo que su funcionamiento puede caracterizarse como enfriador de corriente transversal.

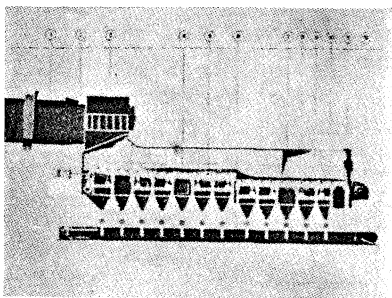


Fig. 4

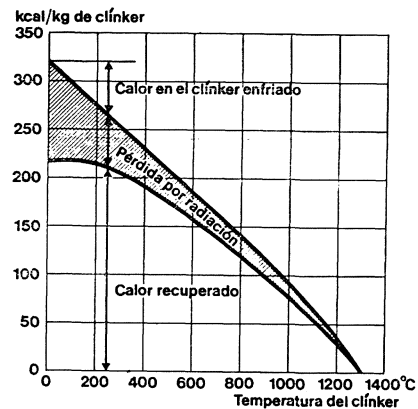


Fig. 5

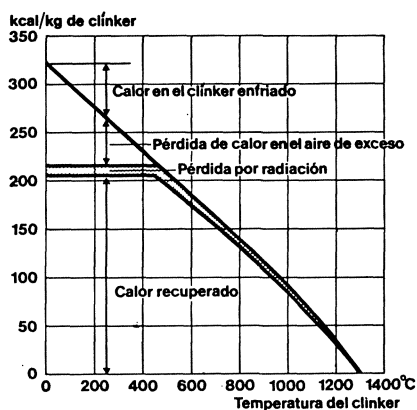


Fig. 6

La figura 5 muestra la recuperación que, en la práctica, puede conseguirse con un enfriador planetario a diferentes temperaturas del clínker enfriado. Podemos ver que, al bajar la temperatura del clínker enfriado a menos de 200°C, la pérdida por la superficie aumenta tanto que no podemos recuperar más calor. Por consiguiente, una reducción de la pérdida por la superficie, mediante un mejor aislamiento, entraña considerables posibilidades de desarrollo.

Por lo que se refiere al enfriador de rejilla (fig. 6) puede verse que la pérdida por la superficie es pequeña. A una temperatura de

salida del clínker de unos 300°C la cantidad de calor recuperada es tan grande como con el enfriador planetario, mientras que a temperaturas más bajas es inferior a la de aquél.

* * *

Ahora voy a ocuparme más en detalle del enfriador *planetario*. Originalmente, la función de este tipo de enfriador se basa en alto grado en enfriar los clínkeres mediante la irradiación de su calor al ambiente circundante; de las 330 kcal que contienen los clínkeres, más de la mitad era irradiada. Como es natural esto llevaba consigo una elevada temperatura de superficie en los componentes de la construcción y, por consiguiente, se plantearon numerosos problemas, especialmente a medida que aumentaba el tamaño de los hornos. En 1965 apareció el nuevo enfriador Unax, que en su interior llevaba aislada la totalidad de la zona más caliente. Con ello se consiguió hacer bajar notablemente la temperatura de superficie y fue posible construir enfriadores mucho mayores. Ahora la transmisión de calor se debía hacer principalmente al aire de enfriamiento. Al mismo tiempo, la aparición en el curso de los años 50 de un horno de vía seca de alta economía, había reducido considerablemente la cantidad de aire de enfriamiento, por lo que fue preciso equipar al enfriador con dispositivos interiores muy eficaces para la transmisión de calor.

Gracias a estos dispositivos interiores, en un enfriador Unax moderno pueden obtenerse temperaturas de los clínkeres más bajas que en los enfriadores antiguos, al tiempo que, como consecuencia del aislamiento térmico, la pérdida por la superficie se ha reducido de tal forma que ahora solamente equivale a una quinta parte del calor del clínker. Las dimensiones relativas del enfriador han podido reducirse notablemente, por lo que, en la actualidad, la carga por m³ es el doble de la anterior. Esto se ha conseguido al diseñar los dispositivos interiores como un sistema especial de derramadores, con lo que se aseguró un considerable aumento de la superficie de transmisión de calor entre el aire y el clínker.

Es natural que uno se sienta inclinado a pensar que, entonces, lo mejor es hacer esta superficie lo mayor posible, pero, aunque parezca extraño, éste no es el caso en lo que se refiere a un determinado tubo enfriador, sobre lo cual voy a tratar seguidamente.

* * *

Como es sabido, los clínkeres son un conjunto de partículas pequeñas y grandes. Cuando este conjunto es "vertido" en una corriente de aire desde una determinada altura, las partículas pequeñas son arrastradas por el aire y sólo vuelven a caer a una distancia que depende de la velocidad del aire, del tamaño de las partículas y de la altura desde donde son lanzadas. En un enfriador equipado con derramadores se producirá, como es natural, una circulación de partículas, toda vez que las partículas arrastradas serán transportadas poco a poco hasta su punto de derrame desde donde, una parte de ellas, volverá a ser arrastrada por la corriente de aire. Esta circulación tiene tres efectos de importancia: en primer lugar, se aumenta la repleción y, con ello, la carga de los elementos que componen el enfriador; en segundo lugar, se lleva clínker frío a la zona caliente, con lo que disminuye el grado de eficacia térmica del enfriador, y, en tercer lugar, desde la parte superior del enfriador entran clínkeres pequeños en el horno, donde influyen adversamente en la formación del clínker y desde donde regresan al enfriador portadores de más calor.

Esto queda claramente mostrado en la figura 7, en la que se ve cómo la temperatura de salida del clínker depende de la cantidad total de clínker derramada en los tubos enfriadores. Puede verse, claramente, que tanto para los clínkeres normales y muy finos se encuentra una cantidad derramada óptima, de forma que la temperatura de salida del clínker vuelve a subir si se aumenta aún más la cantidad derramada. Puede verse, además, que esta cantidad derramada óptima es considerablemente menor en lo que se refie-

re al clínker fino que en lo que se refiere al clínker normal. Si de antemano no se dispone de informes sobre la granulometría del clínker, el enfriador debe ser dimensionado para una cantidad derramada que corresponda a un valor medio adecuado.

La condición para conseguir estas curvas es, además, que los clínkeres sean derramados de forma adecuada. La mejor distribución de la cantidad derramada, puede calcularse con un ordenador que tome en consideración la granulometría de los clínkeres. Encontramos que la cantidad derramada debe aumentar notablemente hacia la salida. Aquí la velocidad del aire alcanza su punto más bajo y la mayor parte de los clínkeres han caído en la carga antes de la entrada del enfriador y no son arrastrados en el horno.

El diseño especial del enfriador planetario hace que en él entre clínker sólo durante un corto período de cada rotación. El clínker caliente cae, pues, sobre una gran cantidad de clínker ya enfriado, lo que hace que se encuentre una diferencia de temperatura de más de 100°C entre los clínkeres de las partes superiores del horno y del enfriador. Por ello, los clínkeres que caen sobre el material que llena el enfriador se ven sometidos a un enfriamiento rápido que corresponde al que se obtiene en un enfriador de rejilla (fig. 8). Y si esto tiene alguna importancia es otra cuestión.

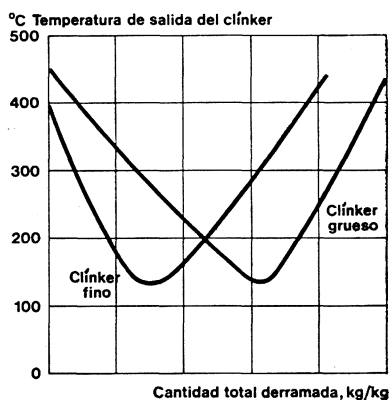


Fig. 7

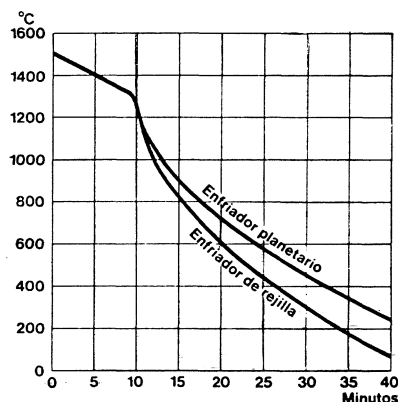


Fig. 8

Este asunto ha sido objeto de múltiples investigaciones en el curso de los años, ya que según la opinión de muchos era una ventaja enfriar rápidamente el clínker, tanto por lo que se refiere a la molturabilidad de los clínkeres como a las resistencias del cemento y al ensayo de autoclave, especialmente si los clínkeres tienen un elevado contenido de MgO. Es cierto que, mediante ensayos de laboratorio, prácticamente pueden comprobarse las diferencias en estructura, composición normal y contenido de álcalis, etc., pero las condiciones de enfriamiento que pueden crearse en un laboratorio son, sin embargo, considerablemente distintas a las que encontramos en un horno para cemento, y por eso no se vuelven a encontrar estas condiciones, en la práctica, en lo que concierne a cementos portland normales. Por ello es aún menos probable que se encuentren diferencias en la influencia de los distintos tipos de enfriadores porque solamente hay ligeras diferencias en la velocidad de enfriamiento del clínker, y se ha puesto de relieve también, al llevar a cabo investigaciones y ensayos en un gran número de fábricas europeas en las que se emplean ambos tipos de enfriador, que no se encuentran diferencias significativas (fig 9) en las condiciones de resistencia.

Asimismo se han realizado diversos estudios sobre la molturabilidad, y tampoco aquí se encuentran diferencias de importancia, toda vez que las condiciones de enfriamiento, en realidad, sólo varían muy poco entre los tipos de enfriador. Nuestros propios estudios en tres fábricas distintas tampoco han puesto de manifiesto ninguna diferencia. Sin embargo, la molturabilidad depende de la formación del clínker, de la granulometría, etc., factores que pueden ser influenciados por las condiciones reinantes en el enfriador, tales como circulación de polvo, etc.

Pasemos a examinar el enfriador de rejilla (fig. 10). En este enfriador, los clínkeres se reparten lo más uniformemente posible en una capa de 400 a 600 mm de espesor, sobre una rejilla móvil a través de la cual se insufla aire. El aire, que se lleva al horno, procederá principalmente de la parte más alta de la rejilla, y los clínkeres continuarán teniendo una temperatura de unos 500°C cuando abandonan esta parte de la rejilla. El aire habrá sido calentado a casi 800°C.

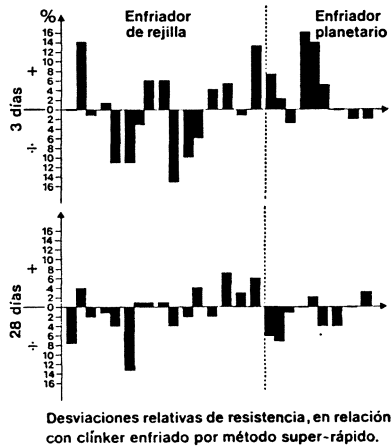


Fig. 9

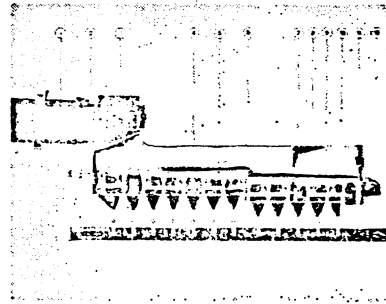


Fig. 10

Se han hecho varios intentos para hacer pasar el aire desde la parte superior de la capa de clínkeres en la parte fría del enfriador hasta la parte inferior de la rejilla en la parte caliente, pero la gran sobrecarga térmica de la rejilla superior que esto lleva consigo hace que la operación sea difícil de realizar.

Como consecuencia del hecho de que solamente el aire de la parte superior del enfriador puede utilizarse en el horno, un enfriador de rejilla puede considerarse como un enfriador corto de corriente transversal con un enfriador posterior construido en su continuación inmediata. Este enfriador posterior no puede utilizar el aire calentado en el sistema del horno y, por consiguiente, tiene que disponer de su propio sistema de filtro. En los últimos años el filtro electrostático ha conseguido ganar terreno también en este sector. Comoquiera que el filtro electrostático tiene que recibir aire con un adecuado contenido de humedad, se puede inyectar agua sobre la capa de clínker en la parte inferior del filtro. Con ello no sólo se reducen las dimensiones del filtro, sino que el enfriador resulta menor a causa del enfriamiento que se produce por la evaporación del agua.

En los últimos años la carga sobre la rejilla ha aumentado considerablemente. Aparte de disponer de un enfriador más pequeño, se consigue de este modo un funcionamiento más estable, toda vez que la capa de clínker sobre la rejilla resulta más gruesa. Es cierto que se exige una mayor presión en el aire —especialmente debajo de la primera rejilla—, pero la capa de material se distribuye con ello mucho mejor sobre toda la anchura de la rejilla y resulta menor el riesgo de una insuflación irregular.

Al emplear abundante aire en la última parte del enfriador, éste puede enfriar el material a una temperatura que llegue a ser notablemente más baja que la del enfriador planetario. Asimismo, el enfriador tiene una cierta flexibilidad, ya que puede forzarse más fácilmente que el enfriador planetario.

En lo que antecede solamente he rozado la cuestión de los detalles de construcción, y en esta corta charla sería también imposible tratar de todos los aspectos que pudieran tener interés; por ello voy a limitarme a algunos detalles individuales de importancia, especialmente en lo que se refiere al enfriador planetario. Los puntos más difíciles de esta construcción se encuentran en los elementos de entrada, en los elementos de suspensión y en los dispositivos interiores.

En los antiguos enfriadores planetarios, en que una gran parte del calor se perdía por radiación y por convección al medio ambiente, la temperatura del aire en la transición entre horno y enfriador era considerablemente más baja que en el enfriador moderno donde esta temperatura se eleva a 800°-900°C. Por ello fue necesario concebir una construcción que pudiera llevar un revestimiento completo y en la que este revestimiento estuviese bien protegido contra deterioros. Además tenía que ser una condición indispensable que la caída del revestimiento no supusiese daños catastróficos de los elementos de la construcción; asimismo, la resistencia al desgaste tenía que ser elevada, para lo cual, juntamente con diferentes suministradores, desarrollamos materiales cerámicos adecuados. La protección contra las consecuencias del desprendimiento del revestimiento se consiguió al instalar en el punto crítico, en la propia salida del horno, un marco de acero entre descarga y revestimiento, separado de la descarga.

El diseño es bastante atrevido, puesto que fácilmente puede correrse el riesgo de que se produzca un gran derrame de retorno al horno. (La forma especial que se dio a toda la pieza de entrada ha hecho que dicho elemento sea popularmente conocido por la denominación de “cabina espacial”).

La suspensión de los grandes tubos enfriadores es un problema en sí. Ante todo se había previsto la construcción de un apoyo de horno debajo del enfriador, de forma que el extremo inferior de éste pudiera fijarse al tubo del horno. Los grandes pesos, la toma en consideración de las grandes dilataciones por el calor y las deformaciones elásticas en la construcción, hicieron difícil calcular las tensiones reales, pero la técnica de cálculo mejorada de que en la actualidad se dispone ha ayudado, poco a poco, a solucionar los problemas.

Podrían mencionarse otros muchos detalles interesantes de construcción del enfriador, tales como diseño del revestimiento, construcción de los derramadores (paletas de levantamiento), etc., pero voy a limitarme a mostrar un solo pequeño detalle.

Como es sabido, el caudal de clínker que sale de un horno está expuesto a variaciones, especialmente a causa de marcha irregular. Esto se manifiesta en variaciones de la temperatura del clínker a la salida del enfriador. En el caso de avalanchas, el aumento de temperatura puede ser elevado. Con el fin de mantener la temperatura del clínker por debajo de un valor máximo, el enfriador debe ser equipado con una toma de agua. La toma de agua está ejecutada en forma anular por fuera del extremo de salida del enfriador, en forma de canaleta y con salidas que desembocan en cada uno de los tubos enfriadores. El agua es vertida en la parte superior de la canaleta, y la cantidad de líquido depende de la temperatura de salida de los clínkeres y corre hasta el interior del enfriador a lo largo de la canaleta. Con esto pueden suprimirse variaciones de temperatura de 50°C o más, sin influir por ello en la marcha del horno.

La construcción del enfriador de rejilla, al igual que la del enfriador planetario, ha experimentado en los últimos años una serie de mejoras importantes, aunque en líneas generales sigue los principios ya conocidos. Al tratarse de hornos para calcinación, con calcinador independiente, ha sido necesario equipar al enfriador con una salida especial para aire caliente al calcinador. El aire caliente puede tomarse directamente de la pieza de unión al horno, aunque, con frecuencia, la salida de aire caliente se instala un poco más abajo en el enfriador para disminuir el arrastre de polvo, lo que puede constituir un problema. Hay que hacer notar que este aire no puede tomarse del aire de exceso del enfriador, por lo que, de este modo, se tienen tres salidas de aire del enfriador.

* * *

Lamento que en esta charla sólo ha sido posible hacer mención de ciertos tipos de enfriador y de algunos, muy pocos, de sus problemas, pero espero, sin embargo, que lo mencionado haya merecido su interés y les doy las gracias por la atención que me han prestado.

COLOQUIO

1. Se inició bajo la Presidencia del Sr. PEREZ OLEA y lo abrió el Sr. MAS para pedir una aclaración sobre el concepto de “clínker derramado” y sobre la posibilidad de variar la cantidad de clínker que “se derrama”, en función de su granulometría.

Al contestarle, el Sr. HASTRUP volvió a mostrar una de las diapositivas presentadas en la exposición del tema, en la que aparecían unas granulometrías de clínkeres abarcando desde los muy finos a los muy gruesos. Dijo que había sido posible instalar derramadores* capaces de funcionar con todos los tipos de clínker mostrados. Y señaló como interesante el hecho de que la mayoría de los clínkeres tienen normalmente muy escasa proporción de tamaños inferiores a 0,1 mm, probablemente porque esos tamaños son arrastrados de nuevo hacia el horno. Esa proporción aumenta en los clínkeres de por sí muy finos, y entonces pueden surgir problemas en los derramadores, por lo cual hay que situar éstos en la última parte de los tubos de los satélites. Añadió que era posible hacer las partes interiores de éstos adecuadas a todos los tipos de granulometrías de clínker.

A requerimiento del Sr. HASTRUP el Sr. MAS dijo que su pregunta se refería exactamente a eso, pero que quería saber cómo. Concretamente —dijo—: si tengo un horno con un determinado diseño de levantadores y tengo también una granulometría de clínker determinada, ¿hasta qué punto modificando esos levantadores puedo llegar a modificar la temperatura del clínker a la salida del enfriador? A esto respondió el Sr. HASTRUP que esa granulometría determinada —u otra cualquiera— se podía introducir en su ordenador —debe entenderse en el de la firma SMIDTH—, dentro del programa correspondiente a los enfriadores planetarios, para ver, en función de los resultados, cómo se han de disponer los elevadores. Añadió que el principio era que, cuando los clínkeres son más finos, los elevadores hay que colocarlos en mayor cantidad en la última parte del planetario; y que la cantidad exacta de los que hay que poner depende tanto de la granulometría del clínker que no se puede dar una respuesta concreta de antemano, sino simplemente establecer el principio de que a mayor finura del clínker, mayor cantidad de elevadores hacia la salida del satélite.

2. El Sr. KUNZE hizo a continuación dos preguntas: una sobre la cantidad máxima y mínima, en tanto por ciento, de clínker derramado al horno; y otra sobre la pérdida de presión en el planetario.

Respondió el Sr. HASTRUP a la primera de ellas diciendo que la cantidad máxima que se puede derramar depende naturalmente del tamaño de los levantadores, y que en ciertos casos éstos no se pueden hacer tan grandes como se quisiera; y que entonces esa can-

* En adelante y para precisar, los términos «derramadores», «levantadores», «elevadores» y «volteadores» así como sus correspondientes «derramar», «levantar», «elevar» y «voltear» el clínker, se deben tomar como equivalentes, siendo tal vez más correctos los de «volteadores» y «voltear».

tividad máxima depende del tamaño del clínker, de tal modo que si éste es grande el máximo derramado debe mantenerse bajo. En cuanto a la segunda pregunta, el Sr. HASTRUP dijo que la pérdida de presión en el planetario era normalmente de alrededor de 20 a 30 mm de columna de agua.

Ante este dato, alguien —quizás el propio Sr. KUNZE—, dijo referirlo a un horno que funciona mal con un clínker bueno, sin exceso de finos, añadiendo que le gustaría conocer el dato correspondiente de la casa SMIDTH para el caso de, por ejemplo, un horno que trabaja con una cantidad grande de finos en el clínker: ¿hasta dónde sube entonces la pérdida de presión en el planetario?

El Sr. HASTRUP contestó que la finura del clínker no influía en ese sentido tanto como se pudiera pensar, pero que era cierto que en determinados casos se observan muchas mayores pérdidas de presión, especialmente cuando los clínkeres son pegajosos y se adhieren a la salida del enfriador; entonces —dijo—, la pérdida de presión puede ser hasta de unos 60 mm de columna de agua.

3. El Sr. ESPI preguntó a continuación qué opinaba la firma IHI sobre el menor costo de reparación de los satélites, en relación con el de las parrillas. Al quedar sin contestar de momento esta pregunta, el Sr. ESPI aclaró que la hacía porque creía que la firma IHI no fabricaba enfriadores de satélites y que suponía que para ello tendría algunas razones. Como, por otra parte, los representantes de la firma SMIDTH dicen —añadió—, que las ventajas de los satélites son su menor ruido (cosa que no entiendo —comentó—) y el menor costo de su reparación, querría —concluyó—, conocer la opinión de la firma IHI al respecto.

El Sr. HASTRUP recordó haber dicho solamente que hay ciertas cosas que tienen importancia en los enfriadores, cual es, entre otras, la de dar un bajo nivel de ruido; y que, naturalmente, cuando los clínkeres son muy gruesos el enfriador de satélites hace más ruido que el enfriador de parrilla.

A esto respondió el Sr. ESPI diciendo que creía que el enfriador de satélites da un nivel de ruido mayor que el de parrilla con cualquier tipo de clínker, fino o grueso, pero que eso era accesorio y que su pregunta iba dirigida a la firma IHI y no a la firma SMIDTH.

El Presidente Sr. PEREZ OLEA consideró que, tanto la pregunta como la posible respuesta, podrían ser objeto de un diálogo posterior y particular entre el Sr. ESPI y los representantes de la firma IHI.

4. El Sr. AGUANEL pidió después una aclaración sobre si por “derramamiento” del clínker se puede —o se debe— interpretar su salida del horno, tal como él creía, ya que veía un posible error de traducción o tal vez de concepto. A esto respondió el Sr. HASTRUP que “derramar” el clínker equivalía a “levantarlo y dejarlo caer en el aire”, cosa a la que el Sr. AGUANEL llamó “voltear”, para evitar que por “derramamiento” se pudiese entender “salida incontrolada del clínker por alguna parte”.

5. Preguntó después el Sr. SORIA qué experiencia con enfriadores planetarios había en los sistemas de clinkerización con precalcinación, a lo cual respondió el Sr. HASTRUP que experiencia no tenían; que algunas veces habían ofrecido los enfriadores planetarios para hornos con calcinadores pero que, como había indicado, es necesario tomar aire entre el enfriador y el horno, y por ello es preciso hacer el enfriador aparte y separado del horno, esto es, tubular y debajo de éste, o como un enfriador de parrilla, acoplado al horno con un elemento de unión. Claro está —añadió—, que así se pierden algunas ventajas del enfriador y se mantienen otras.

El Sr. SORIA siguió preguntando si no había posibilidad de aportar aire o gases mal quemados para la precalcinación, en vez de aire del enfriador tubular o de parrilla, a lo que el Sr. HASTRUP contestó que no se trataba sólo de crear aire caliente, sino de aprovechar el aire del enfriador que, al no poder pasar por el horno sino en una proporción pequeña, se perdería con todas sus muchas calorías si no se hace pasar por el calcinador. Añadió que en el caso de tener una gran cantidad de humedad en las materias primas se podría utilizar para el secado de éstas, pero que normalmente no era ese el caso, ni se hacía.

6. Después intervino el Sr. CORROCHANO para suscitar otra cuestión sobre los enfriadores, en relación con el volteo del clínker. Dijo que se habían mostrado unas curvas, según las cuales existe un punto óptimo de volteo para cada tipo de clínker; y que entendía que el exceso de volteo en el caso de un clínker fino sólo se traduce en una pérdida excesiva de carga en el enfriador, pero sin repercutir en la temperatura del clínker a la salida ya que, hasta cierto límite, a más volteo mayor intercambio de calor.

Al responder, el Sr. HASTRUP se refirió a un caso en que un cliente exigía mayor número de derramadores para rebajar la temperatura del clínker. Sin embargo —dijo—, al introducir en el ordenador, y dentro del programa correspondiente a enfriadores, la granulometría del clínker, el resultado fue que había que quitar volteadores, con lo cual parecía que debería subir la temperatura del clínker. No obstante, se quitaron los volteadores sobrantes, según el resultado del ordenador, encontrándose que la temperatura del clínker bajaba.

A la pregunta del Sr. CORROCHANO sobre que pérdida de carga tenían en el enfriador, el Sr. HASTRUP contestó que, como había dicho antes, desde unos 20 mm de columna de agua, hasta unos 60 con clínkeres muy finos.

Añadió el Sr. CORROCHANO que el tener un exceso de volteo puede influir en que haya un retorno de polvo también excesivo hacia el horno, y que entonces puede haber un intercambio anormal de calor entre el horno y el satélite, siendo ésta la única explicación que encontraba para el hecho de que con mayor (menor) volteo aumentase (disminuyese) de hecho la temperatura del clínker.

El Sr. HASTRUP aceptó esta posibilidad y añadió que no era eso sólo, sino que además se daba el hecho de que cuando el clínker ya enfriado se arrastra desde la parte baja del enfriador hacia arriba, enfría a su vez el aire que entra en el horno, lo cual es contrario al sistema de enfriamiento de sólido por gas —o de calentamiento de gas por sólido— en contracorriente, y que por ello bajaba la eficacia del enfriador que funciona por tal sistema. Y ante una mayor aclaración solicitada por el Sr. CORROCHANO añadió que la recirculación del clínker (fino) empieza con el que ya ha llegado a la última parte del enfriador y desde ésta se ve arrastrado por el aire que entra. Como este clínker arrastrado ya estaba frío, se vuelve a calentar a expensas del aire caliente que lo arrastre, el cual a su vez pierde calor y llega al horno más frío; y, por otra parte, el clínker hay que volverlo a enfriar, o queda a una temperatura más alta.

7. A continuación el Sr. LOPEZ SOLER preguntó sobre la influencia de la velocidad de enfriamiento del clínker sobre su molturabilidad. En su respuesta el Sr. HASTRUP dijo que se había tratado de encontrar dicha influencia y que no se había logrado. Que lo único que se había hallado era una relación entre la granulometría del clínker y la molturabilidad. Y a la pregunta del Sr. LOPEZ SOLER sobre cuál era el tipo de granulometría óptimo para una mejor molturabilidad, el Sr. HASTRUP respondió que no podía señalar ninguno en particular, y sí sólo decir que el clínker más fino era el más duro de moler; y que, por otra parte, con clínkeres muy gruesos y con un molino dado y ya

instalado, con sus cámaras y sus bolas, podría darse el caso de no poder moler con éstas tales clínkeres.

Pero el Sr. LOPEZ SOLER dijo haberse referido concretamente a las condiciones óptimas que deberían darse en un enfriador para conseguir un enfriamiento e indirectamente una granulometría del clínker adecuados, con vistas a la mayor molturabilidad del mismo; y que si el enfriamiento y la granulometría del clínker estaban relacionados o no.

El Sr. HASTRUP respondió que entre ambos había una relación complicada, y que acerca del tema, tanto él como el Sr. JOHANSEN podrían facilitarle después alguna referencia bibliográfica.

Con esto, y al no haber más preguntas, el Presidente, Sr. PEREZ OLEA dió por terminado el Coloquio, agradeciendo la actuación de los ponentes y de los participantes en el mismo.