

- 30 -

618-11. EL HORNO ROTATIVO PARA LA VIA HUMEDA.

(The Wet-process Rotary Kiln)

Anónimo.

De: "CEMENT AND LIME MANUFACTURE", 105, nº 6, noviembre 1949.

Hasta el presente, los fabricantes de hornos rotatorios no se han puesto de completo acuerdo sobre la forma y tamaño de los mismos. Hay diversas marcas caracterizadas por longitudes que varían entre 30 y 152 metros y aún más, y por ensanchamientos en la boca de carga, en la de descarga o en ambas a la vez. Pero no parece que las ventajas logradas con estos "perfeccionamientos" sean muy evidentes. Con un horno de sección uniforme, más fácil de construir que los provistos de zonas ensanchadas, es posible lograr un buen clinker siempre que la operación del horno se lleve con cuidado.

Como es harto sabido, los hornos de vía húmeda se alimentan con una papilla de crudo cuyo contenido en humedad puede variar entre 35 y 43 por 100. En el interior del tubo, la masa se seca, calienta, calcina, descarbonata y clinkeriza finalmente. A lo largo del horno pueden existir temperaturas desde 15 a 1.344°C., sufriendo por tanto el material el paso sucesivo de todas las temperaturas comprendidas entre los límites anteriores y enfriándose, finalmente, a unos 204°C, según el sistema de enfriador empleado. Es usual precalentar el aire para la combustión a expensas del clinker incandescente que sale del horno, calculándose que el aire eleva su temperatura en un cuarto o un tercio de la caída térmica experimentada por el clinker en el enfriador. La temperatura de fusión, o mejor clinkerización, es de la mayor importancia y, aunque la cantidad de calor precisa es relativamente pequeña, la intensidad del calentamiento debe ser suficiente para provocar la sinterización de los crudos. Se ha comprobado que el calor que queda en los gases después de la clinkerización es más que suficiente para los procesos subsiguientes de descarbonatación, calcinación, deshidratación y secado, que tienen lugar en las zonas primeras del horno.

Con respecto a la posibilidad práctica de recuperar parte del calor sobrante en los hornos, se inició hace años en Europa un experimen-

- INSTITUTO TECNICO DE LA CONSTRUCCION Y DEL CEMENTO -

to para determinar si los calores perdidos podrian ser eficazmente aprovechados. Para ello se montó un grupo de dos hornos (fig. 11) uno largo y otro corto. El corto (B) está unido, en su boca de entrada a una caldera de vapor (C) como se hace corrientemente en las instalaciones de vía seca. El horno largo (A) tenía una salida o toma lateral en cierta zona del mismo por la cual podía extraerse una parte del material ya deshidratado y calentado que se introducía en la entrada del horno (B). El horno largo se alimentaba con un crudo de vía húmeda, en cantidad suficiente para dar abasto a los dos hornos. De esta forma, la misión del horno (B) quedaba reducida a descarbonatar, calcinar y clinkerizar el crudo, mientras que el (A) debía calentar, deshidratar, y calcinar parcialmente una cantidad suficiente para los dos hornos. A su vez, debería descarbonatar, calcinar y clinkerizar la parte de material que no había pasado al horno corto. El sistema de los dos hornos acoplados debería marchar al unisono y se trataba de estudiar los consumos de combustible, rendimientos, aprovechamiento de calor, etc.

Según el trabajo que comentamos, hasta el presente no se han publicado los resultados de tan interesante experiencia.

El conocido diagrama de Hans Gygi (fig. 12) muestra la marcha de las temperaturas del gas y del material dentro del horno. La curva de puntos, correspondiente al gas, adquiere una derivación en el extremo de entrada (izquierda), correspondiente a la llamada "zona de cadenas" que suelen poseer algunos hornos. En este último caso, hay una caída de temperatura mayor y los gases salen más fríos (curva inferior). La diferencia de temperaturas entre los gases que salen por la boca del horno y el crudo que entra, no es constante pues depende del consumo de combustible, velocidad de entrada de la pupilla o de ambos factores a la vez. Es posible incrementar la entrada de crudo al mismo tiempo que se introduce más combustible y mantener esta caída de temperatura constante. Probablemente, son necesarios muchos ensayos, verificados día por día, para lograr el funcionamiento óptimo de un horno, sobre todo si éste es nuevo. Cuando la calidad del crudo lo permite, la presencia de cadenas en la zona de entrada o de un sistema intercambiador de calor cualquiera, resultará beneficiosa.

Aunque al pié de las gráficas de la fig. 12 se indican las tres zonas del horno más importantes, es obvio que tal división no existe en la práctica puesto que hay solución de continuidad a lo largo del horno y el material pasa insensiblemente de una zona a otra.

En el esquema de la fig. 13 se indica un horno rotatorio con zonas inicial y final ensanchadas. Sobre este tema de las zonas dilatadas - se ha escrito mucho y puede decirse que cada fabricante tiene su propio criterio. El ensanchamiento en el extremo de alimentación del horno se hace con el fin de facilitar el empleo de cadenas, aletas internas u otra forma cualquiera de cambiador de calor, tendente a que los gases de salida se encuentren lo más fríos posible. Pero hay que tener en cuenta que la presencia de tales artilugios hace perder universalidad al horno. En efecto, los recuperadores aptos para trabajar con crudos caliza-esquistos no son apropiados para cretas-arcilla ni los anteriores lo son para harinas de marga. Los recuperadores de calor necesitan, una selección cuidadosa y bastante ingenio en su forma de aplicación.

El ensanchamiento de la zona caliente o de clinkerización se hace con el objeto de que, inmediatamente antes de que el material vaya a clinkerizarse, se produzca una acumulación del mismo y un cierto "sacudimiento" de la masa. Esta "agitación" en caliente parece resultar conveniente para la sinterización.

Es difícil dilucidar cual de estos dos ensanchamientos tiene mayor valor práctico .... si es que tienen alguno. Lo que es evidente es que, sin ellos, es posible hacer trabajar a un horno en buenas condiciones y obtener excelentes clinkers. En los hornos montados hacia 1939 era costumbre emplear las zonas ensanchadas que, sin duda alguna, debilitan mecánicamente al tubo del horno. Más tarde se comenzó a suprimir la zona ensanchada de la boca (crudo), alargando un poco más el tubo.

Si nos referimos otra vez al horno cilíndrico uniforme de la fig. podemos citar las cifras siguientes sobre su funcionamiento que, aunque no son exactas, sirven muy bien como ilustración desde el punto de vista práctico.

#### Consumo de calor en un horno (vía húmeda)

|  |           |
|--|-----------|
| Peso de clinker producido .....          | 1.020 Kg. |
| Peso de crudo (seco) .....               | 1.564 "   |
| Relación de ambos .....                  | 1,55      |
| Humedad en el crudo .....                | 40 %      |
| Peso del agua en el crudo .....          | 1.030 Kg. |
| Temperatura inicial .....                | 15,6°C    |
| Peso de gases producidos .....           | 548 Kg.   |
| Temperatura de los gases salientes ..... | 204°C.    |

- INSTITUTO TECNICO DE LA CONSTRUCCION Y DEL CEMENTO -

El calor necesario para cada uno de los procesos, comenzando por la boca del horno es:

|   |                    |
|---|--------------------|
| (A) Para elevar la temperatura del agua:  |                    |
| Calentamiento del agua de 15,5 a 100°C .....  | 86.300 Kcal.       |
| Vaporización del agua .....   | 553.000 "          |
| Recalentamiento del vapor hasta 204°C.....  | <u>50.400 "</u>    |
| Total .....   | 689.700 "          |
| (B) Para elevar la temperatura del crudo de 15,5 a 816°C:                                   |                    |
| De la fracción que se convierte en gas .....  | 87.000 Kcal.       |
| De la parte que queda sólida .....  | 170.000 "          |
| Para descomponer el $CO_3Ca$ .....  | <u>507.000 "</u>   |
| Total .....   | 754.000 "          |
| (C) Elevación de temperatura del material calcinado de 816 a 1.316°C y clinkerización ..... | <u>111.000 "</u>   |
| TOTAL FINAL .....   | <u>1.554.000 "</u> |
|   | =====              |

Tomando como base las cifras anteriores, podemos establecer los porcentajes de calor gastados en las tres zonas principales del horno: Zona (A), 44%; zona (B), 48,9%; zona (C) 7,1 %.

Hay que hacer constar que en los datos anteriores no se tiene en cuenta el calor de origen exotérmico producido o cedido por los materiales a la temperatura más elevada.

Utilizando los datos mencionados y aplicándolos a un horno que tenga un consumo de 26% de carbón sobre el clinker producido, y empleando en la combustión 12 Kg. de aire por kg. de hulla, el peso de los gases de escape viene a ser de 5,5 Tm. por tonelada de clinker. Así, un horno de vía húmeda que fabrique 20 Tm. de clinker por hora, producirá unas 110 Tm. de gases en el mismo periodo de tiempo.