

- 21 -

LAS PERDIDAS DE CALOR EN UN HORNO CEMENTERO ROTATIVO

Matouschek

De "REVUE DES MATERIAUX DE CONSTRUCTION" 43, febrero 1949

Desgraciadamente, una gran parte de las hullas consumidas por los hornos rotativos de las fabricas de cemento, se pierden inexorablemente. Los tiempos actuales no permiten en modo alguno dispendios de combustible y son numerosos los artificios que el ingenio de los técnicos del cemento y fabricantes de hornos ha diseñado para aprovechar las calorías al máximo.

Las pérdidas de calor en un horno rotativo se verifican por convección, conductividad y radiación de las chapas que lo recubren, es decir, por los tres métodos existentes para la transmisión de calor. Puede calcularse en un 12 a 23 % del calor total del horno, el transmitido al aire ambiente o a los muros circundantes por su pared externa. Todo ello sin contar el calor perdido en los gases salientes, recuperable, como es sabido, de muy diversas formas (deseccación parcial del crudo, enfriamiento del clinker, obtención de vapor de agua, etc.).

Parece posible reducir la pérdida de calor a través de los palastros de un horno.

El autor establece las bases teóricas de la transmisión de calor por conductividad y convección, mediante la utilización de la fórmula de Joldbauer, teniendo en cuenta la velocidad del aire en la proximidad de la pared externa del tubo del horno. Esta velocidad es del orden de 0,5 a 2,0 m/seg. y varía ligeramente de unas partes a otras del horno. Llega así a la fórmula:

en la que,
$$\alpha_k = 5.3 + 3.6 W \quad \text{Kcal/m}^2/\text{h}/^\circ\text{C}$$

W = velocidad del gas (aire) en m/seg.

que se refiere a las condiciones normales de funcionamiento de un horno.

Para la transmisión de calor por radiación, puede hacerse uso de la fórmula de Stefan-Boltzmann en combinación con la de Kirchhoff, pero la dificultad estriba en hallar el coeficiente de radiación. La fórmula final es:

$$Q = C.F\varphi \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \text{Kcal}$$

en la que,

F es la superficie del cuerpo radiante en m²

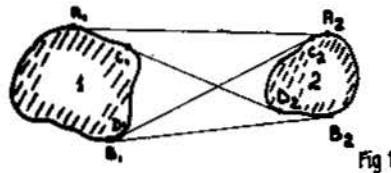
T₁ y T₂ las temperaturas, ° K, de la superficie que radia y de la que absorbe el calor, respectivamente.

φ = coeficiente de radiación.

La constante C vale:

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_3}}$$

en la que C_1 y C_2 representan las constantes de radiación de las dos superficies antes mencionadas; C_3 = coeficiente de radiación del cuerpo negro = 4,96.



El cálculo de ψ puede hacerse por medio de la integral de Nusselt, pero el método gráfico de Pollak, para dos superficies que "se ven", es mucho más sencillo. Veamos su aplicación a un ejemplo general y luego a un horno de cemento.

Según Pollak, el coeficiente ψ es igual a la semisuma de los hilos interiores menos la semisuma de los exteriores, entendiéndose por tales hilos (fig. 1), los A_1D_2 , A_2D_1 y A_1A_2 , B_1B_2 , que unen los extremos de las dos superficies

la radiante y la receptora, que "se miran".

Según esto, para el caso general de dos cuerpos 1 y 2 (fig. 1) valdrá:

$$\psi_{1-2} = \frac{A_1 C_1 D_2 B_2 + B_1 D_1 C_2 A_2}{2} - \frac{A_1 A_2 + B_1 B_2}{2}$$

En la figura 2, puede verse la aplicación para un horno rotativo; se ha utilizado la misma nomenclatura que en el caso anterior.

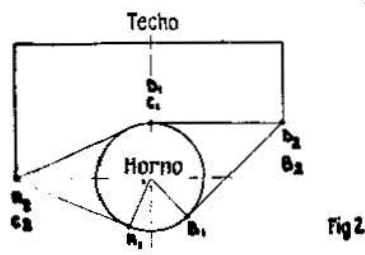


Fig 2

La regla de los "hilos" de Pollak permite pues calcular, aproximadamente, la energía radiada. Los coeficientes de radiación C_1 y C_2 pueden tomarse de la tabla de Cammerer (Die Wärme- und Kälteschutz, 1938). El techo supuesto para el departamento de horno es arbitrario, pero la marcha a seguir es la misma en cualquier otro caso. El cálculo se complica, si los hornos están al aire libre o si la superficie de los techos es muy irregular.

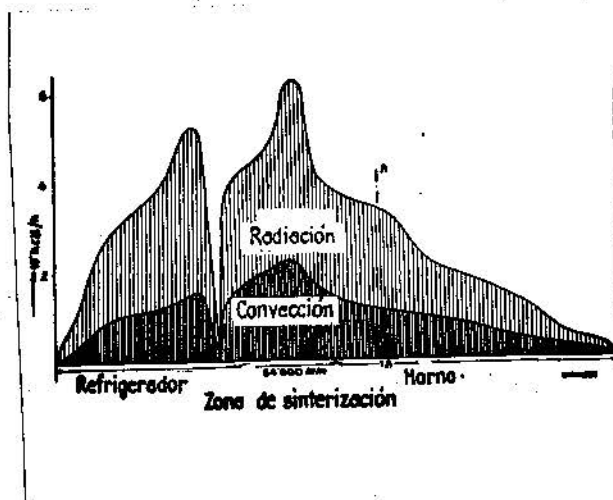
Hay que tener en cuenta que las constantes de radiación de la mayor parte de los materiales de construcción se aproximan mucho a la del cuerpo negro. Los metales tienen un poder de emisión mucho menos pronunciado y, por ello, las pinturas metalizadas aseguran una buena protección contra las pérdidas.

En la tabla siguiente pueden verse algunos valores:

C_1 (horno y enfriador pintados)	= 4,6 kcal/m ² /h/°K ⁴
C_1 (horno y enfriador pintados al aluminio) = 2,5	"
C_1 (horno y enfriador pintados con "Alfol") = 0,5	"
C_2 (techos de hierro)	= 4,0 "
C_2 (suelos y muros de hormigón)	= 4,7 "

Con los datos anteriores, las temperaturas en las diversas partes del sistema y los coeficientes ψ para distintos trechos del horno, puede calcularse la pérdida de calor por

radiación. En el caso estudiado por el autor, que ha dividido el horno (de 64 metros de largo) en 14 zonas, los resultados obtenidos pueden verse en la gráfica de la figura 3



en la que se muestran las curvas de pérdidas por convección y radiación en función de las distintas partes del enfriador y del horno. Pueden verse los máximos existentes en la zona de sinterización (clinkerización).

En lo que respecta a la radiación, es posible, como se ha mencionado antes, reducir las pérdidas mediante pinturas adecuadas aplicadas a la pared del horno. De ellas, la

conocida como "Alfol", a base de purpurina de aluminio, parece dar los mejores resultados. Es evidente que la temperatura alcanzada por la pared del horno limita la aplicabilidad de las pinturas que, en plazo no muy largo, se deterioran llegando a desconcharse.

Estos recubrimientos (pinturas de aluminio o incluso metalización) son caros. No obstante parece que pueden ser amortizados en unos 300 días de trabajo, lo cual habrá de tenerse presente en lo que respecta a la duración de la pintura.

Las pérdidas de calor son importantes. En el caso estudiado por Matouschek, para un conjunto de enfriador de clínker y horno rotatorio, con una longitud total de 36 metros, se pierden 622.140 kcal por hora. Con un barniz a base de aluminio, esta pérdida se rebaja a 328.700 kcal/hora y, para el Alfol, esta cifra desciende a 69.750.

He aquí un campo de estudio muy interesante para nuestros cementeros atentos siempre a todo lo que suponga un ahorro de carbón, no solo con vista a la economía sino a subsanar en lo posible las inevitables dificultades de suministro de combustible.
