

- Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento -

637-7 RENDIMIENTO TERMICO DE LOS HORNOS CERAMICOS

(Rendement thermique des fours)

V. Bodin

De: "L'INDUSTRIE CERAMIQUE", nº 465, junio 1955, pág. 155

- S i n o p s i s -

La determinación del rendimiento térmico de los hornos cerámicos permite fijar si su consumo es excesivo, en cuyo caso se ha de intentar un perfeccionamiento que asegure un progreso o una economía.

El rendimiento térmico de un horno queda definido por la relación entre las calorías necesarias para la cocción de un peso conocido de producto (considerado como producto cocido) y las calorías realmente consumidas.

Para realizar este estudio sobre el rendimiento térmico de los hornos, vamos a referirnos a los dos tipos generales de hornos empleados en la industria cerámica.

I.- Horno intermitente.

1.- Consideremos la cocción, a 1000°C , de unos ciertos productos de arcilla. Las características de los materiales, combustible, etc., son las siguientes:

Contenido en agua (referido a materia seca) de la arcilla: 2%.

Pérdida al fuego de la arcilla: 6%.

Temperatura de la arcilla: 10°C .

Temperatura del combustible: 10°C .

Poder calorífico (valor inferior) del carbón: 7000 kcal/kg.

Consumo de carbón, por tonelada de producto cocido: 150 kg.

Temperatura del aire de combustión: 10°C .

El rendimiento del horno se deducirá del siguiente modo:

Consumo total de calorías (por tonelada de productos cocidos):

$$150 \text{ kg} \times 7000 \text{ kcal/kg} = 1050000 \text{ kcal}$$

Peso de producto húmedo que hay que introducir en el horno para obtener 1000 kg de producto seco:

(a) pérdida al fuego: 64 kg.

(b) pérdida de agua: 21 kg

y, por lo tanto, el peso total será de 1085 kg.

Podemos, pues, admitir, que hemos introducido en el horno 1000 kg de sustancia seca, con 85 kg de agua a 10°C , de los cuales 21 kg constituyen el agua residual de secado, y los otros 64 kg el agua de constitución; la primera se desprende a 100°C y la segunda a temperaturas entre 200 y 800°C (se toma como valor medio 500°C). Por lo tanto será

Calor consumido para el desprendimiento del agua:

(a) para elevar la temperatura de los 85 kg de agua de 10 a 100°C :

$$85 \text{ kg} \times 1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times (100 - 10)^{\circ}\text{C} = 7650 \text{ kcal}$$

(b) para vaporizar los 85 kg de agua:

$$85 \text{ kg} \times 537 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} = 45645 \text{ kcal}$$

(c) para desprender el agua de constitución (tomando 0,6 como calor específico del vapor de agua):

$$64 \text{ kg} \times 0,6 \frac{\text{kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} \times (500 - 100) ^\circ\text{C} = 15360 \text{ kcal}$$

Calor consumido para elevar la temperatura de los 1000 kg de material desde 10°C hasta 1000°C (el calor específico suele presentar un valor comprendido entre 0,23 y 0,31; se utiliza el valor de 0,30).

$$1000 \text{ kg} \times 0,30 \frac{\text{kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} \times (1000 - 10) ^\circ\text{C} = 297000 \text{ kcal}$$

Por lo tanto, resultará

Calor total consumido en la cocción de los materiales indicados:

$$297000 \text{ kcal} + 7650 \text{ kcal} + 45645 \text{ kcal} + 15360 \text{ kcal} = 365655 \text{ kcal},$$

y, por consiguiente, para el rendimiento nos queda:

$$\frac{365655 \text{ kcal}}{1050000 \text{ kcal}} = 0,35 = 35\%$$

En los razonamientos anteriores se ha supuesto que el calor necesario para el cambio de estructura de la arcilla, durante la cocción, era despreciable. Desde luego, se comprende que esto no es cierto, y en tal sentido se expresan diversos autores.

Por consiguiente, hemos de introducir en nuestros cálculos precedentes el valor de la energía necesaria para el cambio de estructura. Según Kantzer, asciende a 120000 kcal/t de producto cocido. Desde luego, no podemos añadir la totalidad de este valor, sino que habrá que descontar, antes, el valor de la energía consumida pa-

ra desprender el agua de constitución. De acuerdo con esto nos queda un valor de:

$$120000 \text{ kcal} - 55488 \text{ kcal} = 64512 \text{ kcal}$$

y, por consiguiente, la cantidad total de kilocalorías gastadas, realmente, en la cocción asciende a:

$$365655 \text{ kcal} + 64512 \text{ kcal} = 430167 \text{ kcal},$$

con lo cual el rendimiento aumenta hasta un 41%.

2.- Consideremos, ahora, el caso de la cocción, en un horno intermitente, de productos refractarios. La cocción se realizó a 1300°C ; las características de los materiales, combustible, etc., son las siguientes:

Composición del material: 50% de chamotas; 50% de arcilla.

Contenido en agua (referido a materia seca): 2%.

Pérdida al fuego (suponiendo que la arcilla tiene una pérdida al fuego de 12%): 6%.

Temperatura del material: 10°C .

Temperatura del combustible: 10°C .

Poder calorífico (valor inferior) del carbón: 7000 kcal/kg.

Consumo de carbón, por tonelada de producto cocido: 250 kg.

Temperatura del aire de combustión: 10°C .

Según Letort, el cálculo del rendimiento se realizaría de la siguiente forma:

Consumo total de calorías, por tonelada de producto seco:

$$250 \text{ kg} \times 7000 \text{ kcal/kg} = 1750000 \text{ kcal}$$

Consumo de calorías necesarias para la cocción:

$$1000 \text{ kg} \times 0,23 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \times 1300^\circ\text{C} = 299000 \text{ kcal},$$

de forma que el rendimiento es de un 17%.

Ahora bien, razonando de forma exactamente igual a la del caso anterior, se llega al resultado idéntico de que para obtener una tonelada de producto seco es preciso introducir 1085 kg de producto húmedo. Para la eliminación de todo el agua, realizando los cálculos según se ha indicado anteriormente, se necesitan 68655 kcal.

Además, como anteriormente, tendremos:

Calor consumido para elevar la temperatura de 1000 kg de material seco desde 10°C hasta 1300°C (para el valor específico se toma el valor 0,29):

$$1000 \text{ kg} \times 0,29 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \times (1300 - 10) ^\circ\text{C} = 374100 \text{ kcal}$$

Calor necesario para la transformación estructural de la arcilla (teniendo en cuenta que la cantidad de arcilla es la mitad de la que se consideró en el caso anterior): 32256 kcal.

Por consiguiente, será

Calor total consumido en la cocción de los materiales indicados:

$$374100 \text{ kcal} + 68655 \text{ kcal} + 32256 \text{ kcal} = 475021 \text{ kcal}$$

y, por consiguiente, para el rendimiento térmico del horno se llega a un 27%.

Resulta, por lo tanto, que en un horno intermitente, al pasar de una temperatura de cocción de 1000°C a otra de 1300°C , el rendimiento desciende desde 41 hasta 27%.

La causa es bien sencilla. Por una parte, para este aumento de 300°C , el consumo de carbón, y por consiguiente de calor total consumido, se ha duplicado, prácticamente (250 kg y 125-150 kg). Por otra parte, el consumo de calor realmente gastado en la cocción no crece en la misma proporción. Se comprende, pues, que el rendimiento disminuya (el que crezca el consumo de calor se debe al aumento de las pérdidas por radiación, convección y conductividad).

II.- Horno continuo, con fuego móvil.

En este caso, carece de sentido el rendimiento térmico tal como se ha definido anteriormente, pues sería superior a la unidad. En efecto, mientras que se consumirían 430000 kcal para la cocción, solamente se suministrarían 315000 kcal, referidas ambas cantidades a una tonelada de producto seco. Este hecho se explica considerando que el calor existente en un horno, para la cocción de una tonelada de productos secos, es del orden de 910000 kcal; mientras que el calor que se introduce, sólo sirve para compensar las pérdidas.

Sin embargo, si se aceptan las consideraciones precedentes, se necesitaría, para la transformación interna de la arcilla, una cantidad de 120000 kcal por tonelada de producto cocido. Por consiguiente, habría que modificar ligeramente el balance térmico de la cocción de una tonelada de producto seco; habría que aumentar la suma de las calorías perdidas y utilizadas en, aproximadamente, 25000 kcal, pues se ha tenido en cuenta la humedad y el agua de constitución en las pérdidas en la chimenea.

Vemos, en definitiva, que subsiste una cierta imprecisión en los estudios de los hornos. Para eliminarla, sería preciso cono-

cer, con exactitud, el valor del calor específico de numerosos productos, así como el de las calorías absorbidas para la transformación interna, durante la cocción, de numerosas sustancias. El conocimiento de estos datos permitiría fijar, con precisión, el consumo del horno, determinando si es excesivo; en cuyo caso, sería necesario pensar en un perfeccionamiento que asegurase un progreso o una economía.

S. F. S.

- - -