

NUEVO MODELO DE HORNO ELECTRICO PARA LA DETERMINACION DEL INDICE DE HINCHAMIENTO AL CRISOL DE LAS HULLAS

Por R. MARTINEZ GAYOL* y L. RODRIGUEZ PIRE**

En un trabajo anterior¹ hemos descrito dos modelos (I y II) de horno eléctrico para la determinación del índice de hinchamiento al crisol, de los carbones. Con estos hornos, se han logrado resultados satisfactoriamente concordantes con los obtenidos por calefacción con gas según las normas de la British Standards Institution («Crucible Swelling Test for Coal», homologada en 1936), de la American Society for Testing Materials (D 720-46), y de la Association Française de Normalisation (M 11-001).

No obstante tal concordancia, comprobada por la British Standards Institution según su amable comunicación de 8 de junio de 1953, consideramos conveniente continuar el estudio de las modificaciones capaces de simplificar la estructura y posibles reparaciones del horno, y sobre todo, que permitan la realización de un trabajo de rutina de gran sencillez y con un mínimo de regulaciones, todo ello, naturalmente, sin que queden incumplidas las rigurosas condiciones del ensayo.

Los objetivos perseguidos por los estudios experimentales que resume el presente trabajo fueron:

1.º—Lograr una aún más estrecha concordancia entre las curvas de calentamiento eléctrico y con gas, especialmente en el instante crítico, es decir, el correspondiente a los 90 segundos.

2.º—Conseguir que la temperatura de la tapa del crisol siga, por la radiación recibida, la misma ley de calentamiento que en el ensayo por gas.

3.º—Buscar un medio sencillo de estabilizar el régimen de temperaturas en las distintas partes del horno, de manera que sea posible efectuar series de ensayos sin necesidad de esperar el restablecimiento de aquel régimen entre cada dos ensayos consecutivos. Para ello, es necesaria la compensación automática, tanto del enfriamiento producido por la colocación de un nuevo crisol, como de la elevación de temperatura consiguiente a una permanencia prolongada de un mismo crisol en el horno.

La solución encontrada para el cumplimiento de estos tres objetivos se basa en los siguientes razonamientos:

Alcanzada la temperatura de régimen del horno (830 grados), debe establecerse un equilibrio entre el calor producido por la

* Licenciado en Ciencias Químicas, Becario del Instituto Nacional del Carbón.

** Doctor en Ciencias, Jefe del Departamento de Química del mismo Instituto.

¹ *Boletín Informativo del Instituto Nacional del Carbón*, número 4, julio 1952, página 11.

corriente eléctrica y las pérdidas por radiación. En estas condiciones, la capacidad térmica del horno debe ser suficientemente grande para que la colocación de un crisol frío no provoque un descenso de temperatura apreciable, y para que dicho crisol pueda tomar las calorías necesarias para que su

II es algo escaso. Si inicialmente se hubiera elegido una temperatura de equilibrio más alta, el primer punto se alcanzaría demasiado pronto y la temperatura tendería a estabilizarse demasiado alta, con la consiguiente deformación de los botones. Por esto recomendábamos en nuestro anterior trabajo

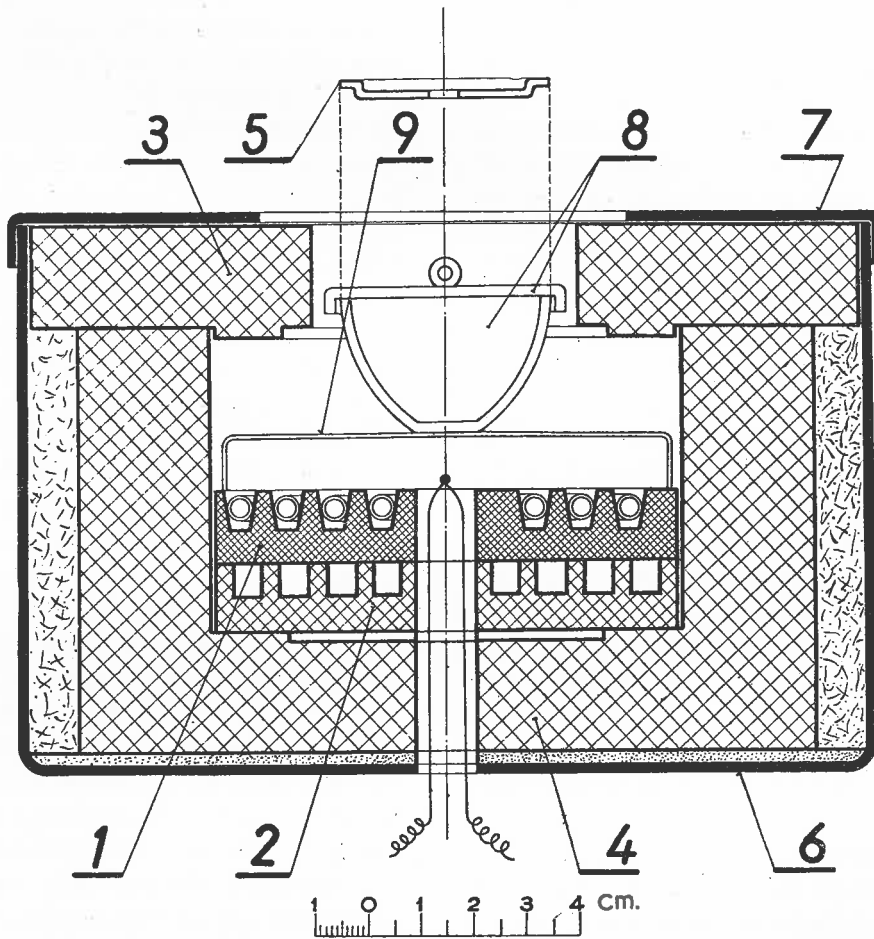


Fig. 1

base alcance 800 grados en 90 segundos y 820 grados en 150 segundos.

La primera de estas dos condiciones es fácil de lograr dando al horno las características adecuadas para que el equilibrio térmico antes citado quede establecido a una temperatura de 830 grados; pero para conseguir la segunda, es decir, para que la base del crisol alcance los 820 grados en 150 segundos, el flujo térmico en los modelos I y

elevar la intensidad en 0,4 amperios al comienzo del ensayo y volver a la intensidad normal de 5,6 amperios a los 60 segundos, o bien disponer de un regulador de temperatura suficientemente sensible y rápido; pero ninguno de los diversos reguladores ensayados por nosotros ofrece la necesaria rapidez de respuesta que para este fin se le exige.

Es decir, que conviene un flujo térmico

de mayor intensidad, pero a temperatura no más alta, y para conseguir esto hemos aumentado la superficie radiante «vista» desde el fondo del crisol. En la disposición que hemos adoptado en el modelo III (figura 1), no sólo actúa como superficie radiante la de la placa estriada que soporta el hilo de resistencia, sino también la superficie interior del horno.

Hemos comprobado que la superficie radiante total más adecuada para que el flujo térmico sea igual al de la llama de gas, se logra cuando la distancia entre el nivel superior de la placa de calefacción y el borde superior de la pieza 4 es de 30 milímetros.

Por otra parte, cuanto mayores sean la intensidad de la corriente eléctrica y la capacidad térmica del horno, menos sensible será éste a las ligeras variaciones de tensión de la red, y más exacta será su estabilización. Pero estas condiciones están limitadas por la necesidad de un mínimo de aislamiento y por no llegar a unas dimensiones desproporcionadas al pequeño volumen del crisol que se ha de calentar.

Planteada así la cuestión, hemos pensado que la mejor solución habrá de ser la de que las pérdidas por radiación, en vez de ser fijas, sean variables, haciéndose tal variación de un modo sencillo y automático al poner un crisol en el horno o al retirarlo de él.

A tal objeto, hemos suprimido totalmente la tapa del horno, pieza de material refractario designada con el número 5 en los esquemas de los modelos I y II, y como tapa del crisol durante los períodos de «puesta en régimen» y de «intervalo» entre varios ensayos consecutivos, hemos utilizado la cubierta de cuarzo designada con el número 5 en el presente esquema del horno modelo III. Esta cubierta tiene un diámetro exactamente igual al exterior de la boca del crisol, de manera que queda alrededor de éste una corona de libre radiación de 635 mm². En estas condiciones, y con el elemento de calefacción adoptado (un hilo de resistencia comercial para 750 vatios a 125

voltios, es decir, de 20,83 ohmios), se logra alcanzar la temperatura de régimen con una intensidad de 3,9 amperios, con corriente alterna a 110 voltios.

Al colocar en el horno un nuevo crisol con su carga de carbón, sustituimos la cubierta anterior por la que se señala con el número 8 en el esquema de la figura 1, quedando la corona circular de libre radiación reducida a 298 mm² y produciendo así una concentración de calor que compensa las pérdidas debidas a la presencia del crisol frío. Pasado el tiempo requerido para la terminación del ensayo, se puede colocar un segundo crisol cargado para realizar otra determinación, y así sucesivamente, en la seguridad de que no se han alterado las condiciones de régimen, por estar calculadas a este fin todas las demás características del horno, o bien colocar un crisol vacío con la cubierta 5, si se desea mantener indefinidamente el horno a su temperatura de régimen en tanto se preparan otros ensayos.

El cuadro I, que contiene los datos experimentales relativos a las curvas de calentamiento del fondo del crisol en el horno modelo I, en el horno modelo III y en el caso de utilizarse gas, demuestran la satisfactoria coincidencia entre las dos últimas.

En realidad, como puede verse en el cuadro, era ya bastante buena la coincidencia entre las curvas de calentamiento, con el horno I y con gas; pero entre las curvas de calentamiento de la cubierta había alguna diferencia que convenía reducir.

En los ensayos por gas, las materias volátiles desprendidas del carbón se inflaman en el borde de la cubierta, dando una llama muy luminosa que contribuye a su calentamiento. Para lograr unas condiciones análogas en el horno eléctrico, hemos prescindido en el modelo III, además de la tapa designada con el número 5 en los modelos I y II, del disco que soportaba al crisol; al dejar entonces una radiación libre en torno a éste, las materias volátiles se inflaman al salir del mismo, reproduciendo las condiciones del calentamiento con gas a este respecto y

lográndose así la concordancia muy satisfactoria que indican numéricamente el cuadro II y gráficamente la figura 2.

La temperatura de la cubierta del crisol influye muy apreciablemente en la obtención de un perfil correcto del botón de coque, especialmente en el ápice del mismo. Los botones de coque obtenidos en nuestro horno modelo III son todos de igual perfil que los prototipos correspondientes a los

encontraba en dos cámaras separadas por el disco de sustentación, de temperatura muy diferente. El calor acumulado en la cámara superior era recibido por radiación del crisol caliente, al introducir un crisol frío descendía algo la temperatura de dicha cámara y si se prolongaba demasiado tiempo el período de estabilización, la temperatura resultaba aquí algo más alta de lo conveniente, obligando para normalizar las con-

CUADRO I

Tiempo en segundos	Temperatura del fondo del crisol		
	Modelo I	Modelo III	Gas
60	710	720	730
90	780	795	800
120	800	805	810
150	820	818	820
180	830	825	825
240	825	830	830

ensayos con gas, como puede comprobarse en las fotografías de la figura 3 que informan gráficamente sobre la comparación de los botones obtenidos eléctricamente y con calentamiento por gas sobre las mismas muestras de carbón, abarcando una extensa gama de índices de hinchamiento, desde 1 a 9, e incluyendo también un carbón de hinchamiento anormal, superior a este tope de la escala normalizada.

Una observación importante respecto a los hornos modelos I y II es que el crisol se

diciones del horno a perder algún tiempo entre dos ensayos consecutivos.

Con la nueva disposición del modelo III, las temperaturas ofrecen una transición más suave desde el fondo del crisol a la cubierta, sin perjuicio del carácter preponderantemente unidireccional del calentamiento, lo que permite la obtención de botones de perfil más perfecto.

Para lograr la caída de temperaturas, de velocidad y valor absoluto más convenientes, desde el fondo a la cubierta del crisol,

CUADRO II

Tiempo en segundos	Temperatura de la cubierta		
	Modelo I	Modelo III	Gas
60	250	280	300
90	320	350	350
120	360	390	380
150	395	400	390
240	420	410	400

hemos encontrado que el fondo de éste debe estar situado exactamente a 10 mm de la cara superior de la placa de calentamiento. Se consigue esto de un modo sencillo colocando invertida sobre esta placa una capsula cilíndrica de cuarzo transparente de 10 milímetros de altura y 85 mm de diámetro exterior, sobre la que se pone el crisol.

modelo III cumple sobradamente este objetivo; cualquiera puede desmontarlo, pieza por pieza, y volverlo a armar en pocos minutos. Las piezas 1 y 2, de material refractario de 88-90 mm de diámetro, se encuentran fácilmente en el mercado, y lo mismo el hilo de resistencia, de gran duración puesto que trabaja con una carga muy reducida. Por

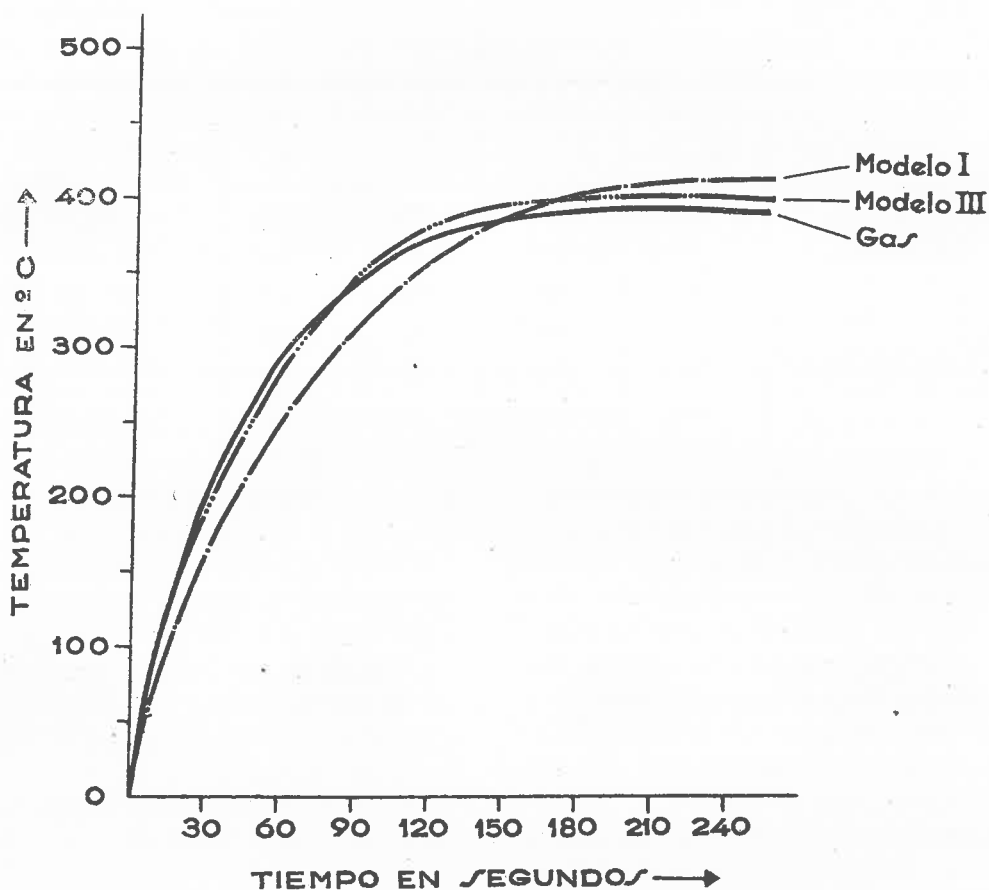


Fig. 2

Esta cápsula de cuarzo ofrece, además, las ventajas de proteger la resistencia metálica del ataque de los gases desprendidos durante el ensayo, y de hacer más homogénea la temperatura.

Nos habíamos propuesto dar al horno la máxima sencillez, para que pudiera ser utilizado, y reparado en caso de necesidad, por personas no muy expertas. Creemos que el

otra parte, no se necesitan más aparatos accesorios que un reostato regulador, de 20 ohmios para 5 amperios, y un amperímetro, también hasta 5 amperios, graduado en décimas.

De todos modos, es conveniente comprobar de vez en cuando el amperaje que se necesita para estabilizar a 830 ± 5 grados la temperatura del fondo del crisol, estando



Carbón núm. 158
Hinchamiento $2\frac{1}{2}$



Gas



Carbón núm. 158
Hinchamiento $2\frac{1}{2}$

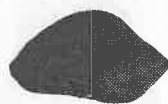


Horno eléctrico

Fig. 3 a



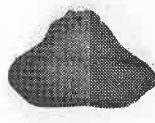
Carbón núm. 173
Hinchamiento 3



Gas



Carbón núm. 173
Hinchamiento 3



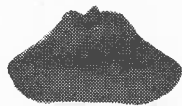
Horno eléctrico

Fig. 3 b



Carbón núm. 459
Hinchamiento $3\frac{1}{2}$

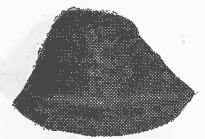
Gas



Carbón núm. 459
Hinchamiento $3\frac{1}{2}$

Horno eléctrico

Fig. 3 c



Carbón núm. TM-45
Hinchamiento 5

Gas



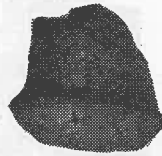
Carbón núm. TM-45
Hinchamiento 5

Horno eléctrico

Fig. 3 d



Carbón núm. 334
Hinchamiento $5\frac{1}{2}$



Gas

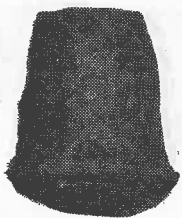


Carbón núm. 334
Hinchamiento $5\frac{1}{2}$

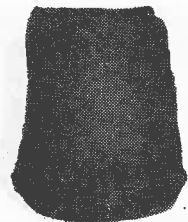
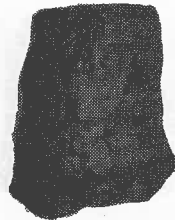
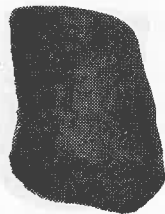


Horno eléctrico

Fig. 3 e



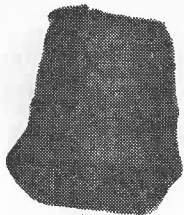
Carbón núm. 266
Hinchamiento $7\frac{1}{2}$



Gas

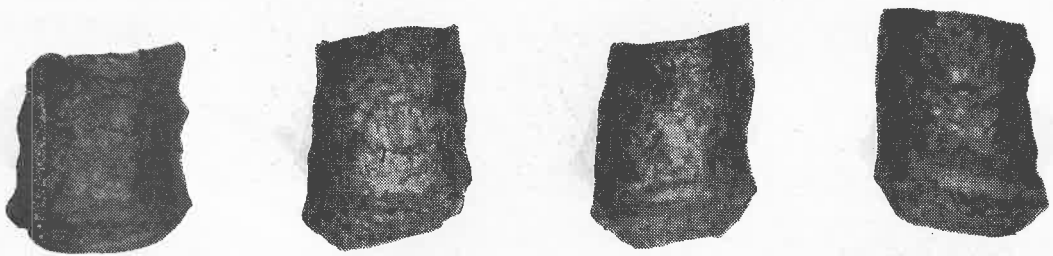


Carbón núm. 266
Hinchamiento $7\frac{1}{2}$



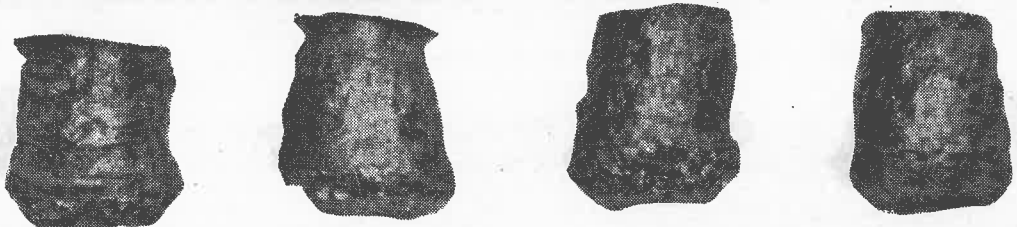
Horno eléctrico

Fig. 3 f



Carbón núm. 375
Hinchamiento 8

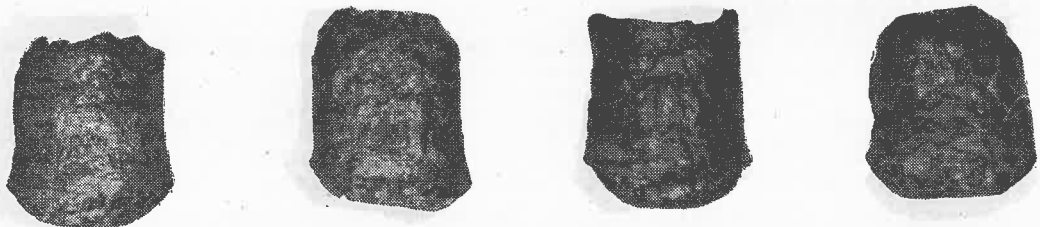
Gas



Carbón núm. 375
Hinchamiento 8

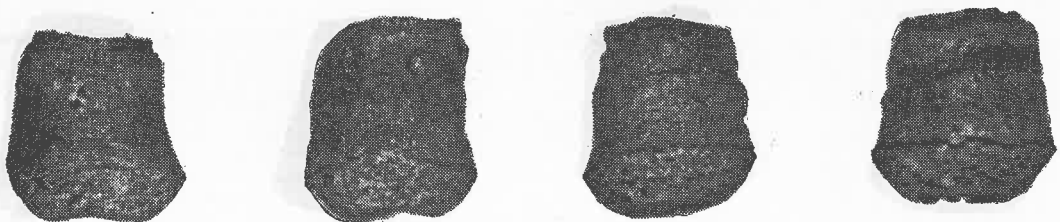
Horno eléctrico

Fig. 3 g



Carbón núm. 156
Hinchamiento $8\frac{1}{4}$

Gas



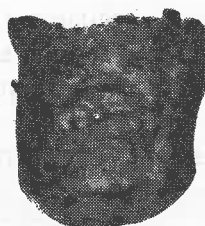
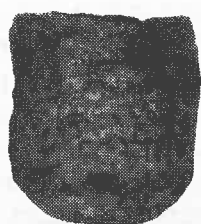
Carbón núm. 156
Hinchamiento $8\frac{1}{4}$

Horno eléctrico

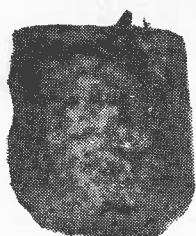
Fig. 3 h



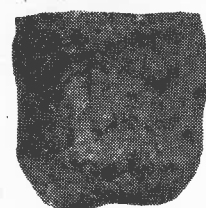
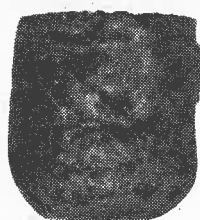
Carbón núm. 205
Hinchamiento $8\frac{1}{2}$



Gas



Carbón núm. 205
Hinchamiento $8\frac{1}{2}$

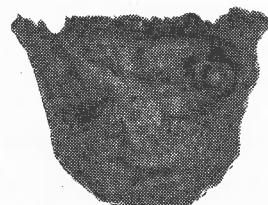
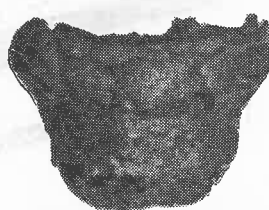


Horno eléctrico

Fig. 3 i



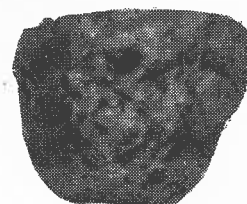
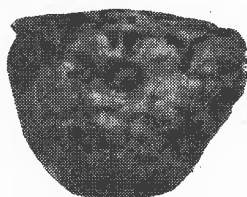
Carbón núm. 386
Hinchamiento > 9



Gas



Carbón núm. 386
Hinchamiento > 9



Horno eléctrico

Fig. 3 j

éste vacío y con su cubierta número 5, a través de la cual puede pasar una delgada caña pirométrica cuya soldadura debe quedar en contacto directo con el fondo del crisol. Una variación de $\pm 0,05$ amperios no altera prácticamente el régimen del horno.

Mediante la colocación fija y permanente de una caña pirométrica en la posición

que indica la figura 1, es fácil hallar de una vez para siempre la relación entre la temperatura marcada por este pirómetro y la que indicaría otro par cuya soldadura esté en contacto con la cara superior del fondo del crisol. En lo sucesivo bastará entonces observar las indicaciones del primero para saber cuando está el horno a su temperatura de régimen.

