

CAPÍTULO V

GRAFITO Ó PLOMBAJINA Y COK

1. Estado natural del grafito.—2. Propiedades, composición y usos del grafito.—3. Cok.—4. Lavado de las hullas.—5. Fabricación del cok.—6. Carbonización en moles.—7. Carbonización en hornos.—8. Propiedades, composición y efecto calorífico de los cokes.

1. ESTADO NATURAL DEL GRAFITO. Ponemos aquí á continuación de la historia de los carbones fósiles (lignito, antracita y hulla) la del grafito ó plombajina, variedad natural del carbono, que aun cuando no se emplea como combustible, ofrece mucho interés bajo el punto de vista de sus aplicaciones industriales.

El grafito ó plombajina se encuentra en rocas cristalinas, tales como el gneis, el micascuisto, la piedra calcárea blanca sacaroides, el granito y los esquistos arcillosos. Presentase en forma de riñones, hojuelas, vetas ó hasta de capas de poca extensión. Sus yacimientos más conocidos son los de Borrowdale y de Kerwich en el Cumberland (Inglaterra); estas minas, sin embargo, están hoy casi agotadas. En Alemania y Austria en-

cuéntrase el grafito en Pasau, Schwarzbach y Mugrau (Bohemia), y en diferentes puntos de Moravia, Baja Austria y Estiria. Rusia tiene en Siberia minas importantes de grafito, principalmente en Jenisei y en el sud de Siberia, en los montes Batougal, donde fueron descubiertas en 1847 por *Alibert*. La isla de Ceilan da tambien magnífico grafito. Encuéntranse poderosos yacimientos de él en la América del Norte, en Sturbridge (Massachusetts), en Ficonderoza (Estado de Nueva Jersey) y en Fishkill (Estado de Nueva York). Recientemente se descubrieron yacimientos de grafito en California; la mina designada con el nombre de *Eureka black lead mine*, que hay cerca de Sonora, da una mena muy pura, y producía en 1868 dos millones de kilogramos de grafito. En Francia no se es-

plota más que un yacimiento de plombajina situado en el departamento de los Altos Alpes, y sin embargo tiene muy poca importancia.

El grafito se produce artificialmente en ciertas circunstancias: por ejemplo, cuando una fundición recargada de carbono se enfría despacio, el exceso de carbono se deposita en forma de grafito. Cuando hierven ciertas combinaciones cianicas con sosa cáustica, una porción del carbono del cianógeno se separa en el estado de grafito: eso sucede, por ejemplo, cuando se evaporan despues de caustificarlas las aguas madres de la fabri-

cación de la sosa cáustica. Puede tambien conseguirse grafito bajo la acción de una temperatura elevada sobre el sulfuro de carbono.

2. PROPIEDADES, COMPOSICION Y USOS DEL GRAFITO. El grafito se cristaliza en prismas exagonales; es de color gris negruzco; tiene cierto brillo metálico; es suave y untoso al tacto; mancha los dedos y deja en el papel huellas de un color gris de plomo; su densidad varía de 2'11 á 2'35. Siempre contiene una cantidad más ó menos importante de materias estrañas, como lo demuestran los análisis siguientes practicados por *Ch. Mene*:

	Origen.	Borrowdale.	Pasau.	Mugrau.	Ceilan.	Schwarzbach.	Ural (Alibert)
Densidad.		2'3455	2'3932	2'1197	2'3501	2'1759	2'1759
Elementos volátiles.		1'10	7'30	4'10	0'10	1'05	0'71
Carbono..		91'55	81'18	91'05	74'4	88'05	94'03
Ceniza.		7'35	11'62	4'85	15'30	10'90	5'25
Silice..		0'525	0'537	0'618	—	0'20	0'643
Alúmina..		0'183	0'356	0'285	—	0'285	0'247
Hierro.		0'120	0'068	0'080	—	0'063	0'100
Cal y magnesia.		0'060	0'017	0'007	—	0'015	0'008
Alcalis y pérdidas		0'012	0'022	0'010	—	0'017	0'003

Para purificar el grafito puede usarse el siguiente procedimiento indicado por *C. Brodie*: Se muele primero toscamente la materia bruta y se separan las impurezas tales como la ganga, etc.; se reduce luego á polvo fino que se somete á la levigación; y el grafito, como más ligero, se separa así de los productos minerales estraños que todavia puede contener. Si se quiere obtener grafito perfectamente puro, mézclase dicho polvo con 1/16 ó 1/20 de su peso de clorato de potasio y enseguida con el doble de su peso de ácido sulfúrico de la densidad de 1'8; caliéntase en un vaso de hierro á moderada temperatura, hasta que los vapores de gas cloroso acaban de exhalar; se pone á enfriar, se echa la masa en el agua, se lava por decantación, despues se seca y se eleva hasta el rojo, se dilata mucho y se reduce á polvo por extremo fino. Basta entonces tratar el residuo por el agua; el polvo ligero

de grafito flota en la superficie, á la vez que las impurezas caen en el fondo.

Numerosísimas son las aplicaciones del grafito: la más importante es la fabricación de lápices de plomo: los antiguos lápices ingleses tan famosos se cortaban en la misma masa del grafito; hoy los lápices se fabrican por el siguiente sistema ideado por el francés *J. N. Conté*: el grafito reducido á polvo se mezcla íntimamente con arcilla muy fina, y aun húmeda la masa se introduce en un cilindro de hierro, donde se la comprime de modo que salga por una abertura redonda ó cuadrada. Así se obtienen largas varillas que se cortan en fragmentos de la longitud que se quiera, se secan y se calcinan: esas varillas encajadas en cilindros de madera constituyen los lapiceros que todo el mundo conoce. El grafito mezclado con arcilla sirve tambien para hacer crisoles (véase tomo 1, página 641), á cuyo objeto la mezcla homo-

génea y uniformemente húmeda de grafito en polvo y arcilla; se dispone en masas que se dejan por algún tiempo en reposo para aumentar su plasticidad, luego se les da la forma de crisoles, ya sea en un torno de alfarero ya en otro aparato especial. Los crisoles se secan enseguida y se cuecen en un horno de porcelana. La plombajina reducida á polvo fino y diluida con agua se aplica al hierro, al palastro ó fundicion de las estufas y hornillas, para preservarles de la herrumbre y darles un aspecto grato á la vista. Mezclado con un cuerpo graso el grafito, se usa para lubricar piezas frotantes. Sirve también en la galvanoplastia para hacer buenos conductores de la electricidad los moldes, en las fundiciones para revestir los moldes, en la fabricacion de sombreros de fieltro para comunicarles tono y tacto de suavidad especial, para colorar de negro el vidrio, para alisar la pólvora y los perdigones de caza, para engrasar la parte sumergida de pequeñas embarcaciones, y preparar, en fin, una mezcla refractaria destinada á tapar el orificio de salida en los hornos de fundicion.

3. Cok. Designase con el nombre de *cok* el carbon obtenido carbonizando hulla, y segun la especie de hulla empleada para preparar ese carbon, distínguese el *cok de hulla grasa*, el de *hulla semigrasa* y el de *hulla magra*. Se llama *cok de gas* el que se obtiene como residuo en la preparacion del gas de hulla. La preparacion del *cok* tiene por objeto: 1.º, aumentar la riqueza en carbono de la hulla, á fin de producir con el *cok* una temperatura más alta que con ésta; 2.º, eliminar los principios de olor ingrato que se exhalan durante la combustion de la hulla, cuando ésta haya de emplearse para calentar aposentos; 3.º, quitar á la hulla la propiedad de volverse pastosa bajo la influencia del calor, lo cual se opone á la penetracion del aire insuflado, máxime al emplearse en los hornos de cubo; 4.º, hacer

desaparecer una parte del azufre del hierro sulfurado que suele encontrarse en las hullas.

4. LAVADO DE LAS HULLAS. Antes de convertir las hullas en *cok* es á veces necesario hacerles sufrir un *lavado*. Las vetas de hulla suelen estar cruzadas por hendeduras que con el tiempo se llenan de materias minerales (esquisto arcilloso y hierro sulfurado sobre todo). Las capas de arcilla entre las cuales se hallan las vetas, no están claramente separadas del carbon, pues ambas sustancias se compenetran de suerte, que apenas pueden distinguirse esteriormente la hulla gruesa del carbon; y como ésta no encierra más que 30 á 50 por ciento de materia combustible, casi no puede ponerse en el número de las materias de combustion. Como la roca que se adhiere á la hulla aumenta la cantidad de la ceniza, haciendo que ésta pueda escoriar, los pedazos de carbon se envuelven fácilmente y pueden obstruir de igual modo la parrilla de los hogares; amen de que durante la fusion de las menas los elementos de la ceniza pueden ejercer una accion nociva sobre la marcha de la operacion. A fin de obviar esos inconvenientes se han construido en estos últimos años numerosos aparatos de levigacion para quitar á los carbones, antes de trocarse en *cok*, el hierro sulfurado, el esquisto arcilloso, etcétera. Siendo el peso específico de la roca adherida tres veces poco más ó menos tan grande como el del carbon propiamente dicho, la parte más pesada, que es la menos pura, será la primera en precipitarse en el fondo del agua, y podrá separarse, si se echa en un recipiente de agua profundo el carbon tal como se extrae de la mina, es decir, en gruesos fragmentos acompañados de una gran cantidad de carbon menudo. Mas como en la práctica son más cómodos recipientes poco hondos, se prefieren éstos, y con reiteradas sacudidas que se imprimen á los aparatos se logra producir la separacion de los diversos elementos. Los aparatos de le-

vigacion y de lavado que se han construido, ofrecen la misma disposicion que los empleados en la preparacion mecánica de las menas por vía húmeda. Empleando ese procedimiento puede separarse carbon que contiene 10 á 12 por ciento de elementos minerales (que forman la ceniza), 4 ó 5 y hasta 7 ú 8 por ciento de los mismos; pero no debe olvidarse que esa preparacion preliminar acarrea una pérdida de 7 á 8 por ciento de carbon en forma de polvo. *Bessemer* propuso emplear, en vez del agua para la preparacion preliminar de la hulla, una disolucion de cloruro de calcio, que tiene un peso específico tal, que deja flotar el carbon, en tanto que las materias estrañas caen al fondo. El residuo del tratamiento húmedo de las hullas ha de tostarse cuando es rico en hierro sulfurado y emplearse en la preparacion del ácido sulfúrico (véase tom. 1, pág. 401).

5. FABRICACION DEL COK. La fabricacion del *cok* puede practicarse como la carbonizacion de la leña en moles, montones ó masas, hornos y retortas. En este último caso, que aquí no debe ocuparnos, se tiene la intencion de recoger los productos volátiles que se exhalan (gas de alumbrado, agua amoniacal, alquitran). Pero en la fabricacion por medio de hornos se pretende (como en el horno de *Knab*) obtener accesoriamente alquitran, que se emplea para la fabricacion de colores de alquitran, que han venido á ser tan importantes, y sales amoníacas.

6. CARBONIZACION EN MOLES. La carbonizacion de las hullas en moles ofrece mucha semejanza con la carbonizacion de la leña segun el mismo procedimiento. Constrúyese en el suelo en que debe alzarse la *mole* una chimenea *aa* (figura 14, COMBUSTIBLES Y CALEFACCION) de 1 metro á 1'50 de alto próximamente; esa chimenea sirve sucesivamente para todas las moles construidas en el mismo suelo; mide un diámetro de 30 centímetros, y está dotada de varias series de orificios destinados á favorecer el tiro, y por

medio de los cuales está en comunicacion con la masa de hulla. Colócanse los pedazos mayores de carbon al rededor de la chimenea y los más pequeños hácia la periferia, á fin de redondear la mole. Los intervalos que resultan libres entre los pedazos grandes se rellenan con carbon menudo. En el suelo se abren canales dirigidos de la periferia á la chimenea. La mole se cubre enseguida con una mezcla de bálago y tierra húmeda. Para encender el fuego se echan por arriba de la chimenea virutas y astillas de leña seca. La carbonizacion es completa cuando ya no sale humo, y entonces se cierra el orificio de la chimenea con una tapa de hierro y se cierran también los canales con cisco. En Inglaterra se apresura el enfrio empleando agua fria, que da también por resultado hacer más completa la desulfuracion del *cok*.

La carbonizacion de la hulla en monton es enteramente semejante á la carbonizacion de la leña por el mismo procedimiento.

7. CARBONIZACION DE HORNOS. Desde algún tiempo se efectúa la carbonizacion de la hulla casi exclusivamente en hornos verdaderos (*hornos de cok*), porque en este procedimiento es más fácil mantener el fuego y evitar que cueza demasiado vivamente el carbon, por cuya razon además el rendimiento en *cok* es generalmente mayor. Se han construido hornos de *cok* de diferentes formas; en los unos se exhalan los vapores y gases sin utilizarse, y los otros se disponen de manera que los gases combustibles sirven para calentar las hullas que han de carbonizarse (á veces se usan gases para producir vapor, que se utiliza para poner en actividad fuelles de altos hornos ó de las máquinas de extraccion). Los hornos de *cok*, si se consideran sólo los más importantes, pueden clasificarse de la siguiente manera:

A Hornos en que los gases que se desprenden no se utilizan para calentar los hornos mismos. Se hacen en forma de hornos de pan cocer y pueden recibir una carga de

750 á 5.000 kilogramos. Dejan mucho que desear.

B Hornos en que los gases sirven para calentar el suelo y las paredes laterales: subdividense en

a Hornos con una puerta. El cok se saca del horno y las cámaras de carbonizacion están dispuestas:

1 Paralelamente unas *al lado* de otras, sistemas *Tarlot* y *Talabot*;

2 Paralelamente unos *encima* de otros, sistema *Gendebien*;

3 *En radios* los unos sobre otros, sistema *Laumonier* y *Eaton*.

b Hornos con dos puertas. Están dotados:

1 De cámaras de carbonizacion *horizontales* colocadas unas al lado de otras. El cok se estraee con una pala, sistemas *Coppee*, *Haldy*, *François-Rexroth*, *Smet*, *Fabry*;

2 De cámaras de carbonizacion *inclinadas* colocadas unas al lado de otras, en las que el cok cae por sí solo al abrir la puerta de abajo; sistema *Dubochet*.

3 De cámaras de carbonizacion *verticales* colocadas unas al lado de otras; el cok cae por sí solo cuando se abre la puerta inferior, sistema *Appolt*.

c Hornos en que los gases antes de servir para la calefaccion pasan por condensadores, sistemas *Knab* y *Pernolet*.

Los hornos más generalizados son: el horno *Appolt*, que consiste esencialmente en una especie de retorta de gas, vertical, provista sólo de orificios destinados al escape de los gases, y de algun tiempo á esta parte el horno *Coppee* (1). En otra especie de horno se intenta estraer de los gases y vapores antes de su combustion, las sales amoníacas y el alquitran (que desde la creacion de la nueva rama de industria basada en el tra-

(1) A principios de 1874 habia en actividad:

En Prusia	1.443 hornos <i>Coppee</i> .
— Bélgica	716 —
— Francia	186 —
— Inglaterra	60 —

tamiento del alquitran, ó sea en la preparacion de los colores de anilina, ácido fénico, naftalina y antraceno, ha tomado tanta importancia, que en ciertas localidades la produccion del alquitran puede ser tan lucrativa como la preparacion del cok). Como ejemplo de esa última especie de horno describiremos el de *Knab*.

De los hornos de cok *cerrados*, de construccion antigua, citaremos el que sirve en la herrería de *Gleiwitz* en Silesia, para la carbonizacion de la hulla semigrasa: está representado en corte vertical por la fig. 15. A, es una capacidad cilíndrica coronada con una bóveda que tiene una abertura y cuyas paredes están taladradas de orificios *o, o, o*, que pueden cerrarse esteriormente con tapones. En el suelo del horno hay tambien aberturas de ese género, pareciendo así convertido en una especie de emparrillado. Sin embargo, es más ventajoso un suelo macizo; pero entonces es preciso proceder de modo que la série más baja de los orificios se abra inmediatamente arriba del suelo. La hulla que ha de carbonizarse se introduce por la abertura de la bóveda *b* ó por la puerta *a*: se meten primero los pedazos grandes de carbon, cuidando de dejar libre el canal cuyo orificio anterior está al lado de la puerta y sirve para apagar el fuego. Cuando el horno está lleno hasta el orificio del tubo de exhalacion *f*, la puerta está tapiada hasta el orificio esterior del canal que sirve para encender; todos los orificios de la pared del horno están cerrados, excepto los de la série más baja, y la abertura de la bóveda se tapa tambien con una plancha de hierro *d*. Al notarse por los orificios inferiores destapados que el carbon ha adquirido un color anaranjado, se cierran esos orificios y se abren los de la série superior, lo cual suele hacerse en diez horas despues de empezada la operacion; diez horas más tarde se tapa la segunda série, al cabo de otras diez y seis la tercera, y trece horas despues la

cuarta. Se deja el horno completamente cerrado por espacio de 12 horas á fin de que se enfrie; luego se abre la puerta *t*, se saca el cok encendido con un garfio y se apaga inmediatamente con agua. El horno que se acaba de describir contiene de 1.750 á 2.000 kilogramos de hulla; segun un promedio de varios meses se obtiene en ese horno 53 por ciento de cok en peso y 74 en volúmen. Los gases y vapores van por el tubo *f*, á un condensador que es comun á los dos hornos; se condensan y recogen los vapores de alquitran dejando exhalar los gases: 100 kilogramos de carbon dan unos 10 litros de alquitran.

La *carbonizacion de la hulla menuda* se practica encima de suelos abovedados como en una especie de hornos de pan cocer. Los desperdicios que resultan del trabajo de las minas pueden utilizarse con gran ventaja por carbonizacion cuando provienen de hulla grasa, porque bajo la influencia del calor las partículas se aglutinan y dan un cok tan coherente como las hullas semigrasas. En muchos casos la hulla menuda debe antes de carbonizarse (como hemos observado poco há) despojarse de la piedra adherente por medio de un lavado, porque entonces exigen casi todos los consumidores que se les entregue el cok así purificado, y se hacen garantizar un máximo de ceniza de 6 por ciento por regla general.

El modo de construccion del horno para carbonizar la hulla menuda es bastante variable. La administracion del ferrocarril de Leipzig á Dresde se sirve del horno representado en corte vertical por la fig. 16. El espacio en que se efectúa la carbonizacion mide 3'30 metros de altura y el mismo diámetro al nivel del suelo. La abertura *d*, que tiene un metro en cuadro, puede cerrarse con una puerta de hierro, en cuya parte superior hay cuatro orificios al lado unos de otros. La chimenea *b* tiene un poco más de 1 metro de alto. A cada lado de la puerta está empotra-

do en la albañilería un garfio de hierro *e*; y esos garfios sostienen una barra de hierro en la que el obrero apoya el mango férreo de la pala con que estraee el cok. En un horno de ese género se carbonizan en 24 horas con tres operaciones, unos 52 hectólitros de hulla menuda. El cok así obtenido es muy compacto; pero si se disminuye la carga y por ende la presion, se obtiene un cok más ligero. El horno de cok empleado en la fábrica de *Zaukerode*, cerca de *Dresde*, tiene la forma siguiente (fig. 17). El suelo *a* es circular y sólo se estrecha un poco hácia la puerta. Su diámetro es de 3'6 metros; y la altura de las paredes verticales del horno no es la misma en todas partes á causa de la existencia de la bóveda cilíndrica *c*, que en las partes más altas se eleva á 3'08 metros de la superficie del suelo. Los gases y vapores se escapan al aire por dos chimeneas *b, b* altas de 1'30 metros poco más ó menos. La puerta de hierro colado que tapa la abertura *d*, se compone de dos hojas que cerrando incompletamente el horno dejan abierta la parte superior por la cual puede penetrar el aire dentro: *e* es uno de los ganchos de hierro descritos en el horno anterior.

En los talleres de *Saar* y de las cercanías de *Sulzbach* (así como antes en algunas herrerías de la *Lorena*) se usa el horno de cok representado en las figuras 18 y 19. La primera ostenta su corte vertical y la segunda la planta al nivel de la línea. A B. Ese horno se distingue de los antiguos en que la corriente de aire se produce por medio de hendeduras practicadas en la puerta, y con el auxilio de la chimenea, porque el acceso del aire está regulado por medio de aberturas practicadas en la bóveda. El suelo es oval; uno de sus diámetros mide 3 metros y el otro 2; el horno no tiene más que 1 metro de alto en su punto más elevado. La chimenea *b*, alta de 1'75 metros, sirve tambien para introducir carbon menudo. Lo que caracteriza ese horno es la manera cómo