

TECNICA MODERNA DE LA DEPURACION Y DE LA AGLOMERACION DEL CARBON

POR

C H . B E R T H E L O T

INGENIEUR CONSEIL

(Conferencia pronunciada en esta Universidad el día 27 de Mayo de 1940)

I.—Exposición

En 1.939, se han sometido a la depuración en el mundo entero unos 400 millones de toneladas de carbón; o sea, aproximadamente, la tercera parte de la extracción hullera estimada en 1.200 millones de toneladas. En cuanto a la industria de la aglomeración, alcanza esta actualmente unos 18 millones de toneladas de aglomerados de carbón y aproximadamente, 50 millones de toneladas de lignito.

La depuración y la aglomeración de combustibles sólidos constituyen, por consiguiente, dos técnicas cuyo papel crece sin cesar.

Paralelamente, se han perfeccionado considerablemente los procedimientos de depuración y de aglomeración desde hace algunos años. Al empirismo, aún en boga, han sucedido desde hace cinco años métodos basados en principios científicos que han sido hábilmente utilizados.

Los métodos de control de las operaciones de depuración se han mejorado a su vez. A las rudimentarias incineraciones de las muestras han sucedido el ensayo del «sink and float»; es decir, «flotante y sedimento», gracias al cual se puede apreciar del modo más cierto, más práctico y más preciso, las proporciones respectivas de carbón comercial, de mixtos y de esquistos que contiene la muestra examinada.

Por otra parte, se han concebido aparatos ingeniosos y robustos para la regulación automática de varios modelos de aparatos de depuración, aligerando así la tarea del obrero. Este se aplica más a su trabajo cuando por sí mismo aprecia su calidad. Con frecuencia, hace el mismo el ensayo de «flotante y sedimento». La depuración del carbón toma entonces para él un sentido concreto.

Deliberadamente, hemos hablado de la depuración del carbón y no de lavado del carbón porque otros métodos han venido a completar los procedimientos clásicos, excelentes desde luego, de desesquistado de las hullas por corrientes de agua en las cubas de pistón y los rheolavadores. Estos procedimientos nuevos son las mesas de depuración neumática y la separación por medios densos para los tamaños de 1 a 60 mm. y la flotación y el rheolavador especial para los schlamms.

Como veremos, ha dado esto lugar a un nuevo aspecto del taller para depuración y clasificación del carbón.

II.—Fisonomía y potencia de los talleres modernos para la depuración del carbón

Hasta 1.925, usualmente no se sometía a la depuración por corriente de agua más que los tamaños de calibre inferior a 50 mm. Todos los trozos de mayor calibre eran escogidos a mano. Los salarios eran relativamente bajos y la mano de obra no escaseaba. Hoy se lavan por corriente de agua tamaños hasta de 120 mm. de calibre. Más aún, la depuración por medio denso se aplica al trata-

miento de 3 a 350 mm. Esto es una verdadera revolución en los métodos clásicos de cribado y de lavado.

Antes de la guerra, la potencia horaria de tratamiento de carbón de un lavadero no pasaba de 50 a 60 t. Hoy el lavadero tipo responde a la depuración horaria de 250 t. de menudos y no es raro que se acoplen tres o cuatro unidades semejantes.

Otra tendencia muy digna de atención es la de reemplazar las norias para elevar los menudos brutos que contienen gruesos calibrados por correas transportadoras, para evitar la fragmentación de los gruesos calibrados y se tiende a suprimir, en los últimos diez años, los grandes silos de 2.000 a 3.000 t. de capacidad que hacían de volante regulador de la alimentación de menudos brutos. Actualmente los silos, por su capacidad, apenas bastan para asegurar la marcha del lavadero durante una o dos horas.

III.—Depuración neumática del carbón

En numerosas instalaciones francesas, belgas e inglesas se han conjugado con éxito y provecho la depuración por vía neumática y el lavado por agua. Hay muchas combinaciones posibles. Por ejemplo, se depura por vía seca el 0,5-5 y se mezcla con el 5-10 lavado al agua, en una proporción tal, que el conjunto tenga 8 % de humedad. De este modo, se simplifica considerablemente el escurreido del 0-10, que constituye un problema poco agradable como es sabido.

La combinación de estos dos modos de depuración del carbón confiere a las empresas que disponen de ella una gran elasticidad técnica y comercial y tiende a ser una solución de frecuente aplicación.

El favor de que goza la depuración del carbón por vía neumática proviene de las principales causas siguientes:

1.º Permite evitar el secado térmico cuando se destina el carbón a ciertos usos: Aglomeración, calefacción al pulverizado.

2.º Ofrece el medio de suministrar un producto de mejor as-

pecto, especialmente en las clasificaciones de calibre superior a 10 mm., que si hubiera sido depurado por corriente de agua.

3.º Da el medio de cargar directamente en los hornos de coquización bien un producto seco, lo que es esencial si esos hornos son destinados a operaciones de predestilación o bien una mezcla de 8-10 % de humedad que conviene a la fabricación de cok metalúrgico y contiene una proporción apreciable de schlamm y de polvo depurados por flotación, sin que sea preciso secar estos últimos por vía térmica.

4.º Se presta a la preparación de carbón con destino a fábricas de gas que debe ser seco.

Por último, los talleres de depuración del carbón por vía neumática son más fáciles de vigilar que los lavaderos por corriente de agua y la mano de obra es menor porque se le ha desembarazado de las operaciones de escurrido de los carbones lavados, de clarificación de las aguas de lavaje y de extracción de schlamm de las balsas de decantación.

En cuanto al consumo de aire y por consiguiente de fuerza motriz, el tratamiento por vía neumática no conviene generalmente a la depuración de las clasificaciones de calibre superior a 20 mm. Mejoras tales como la depuración en cascada, permiten, sin embargo, escoger el 15-50 o las clasificaciones similares.

Generalmente, el taller de depuración en seco se introduce en un lavadero preexistente para tratar los productos finos (por ejemplo, hasta 7,10 o 15 mm.) reservando el antiguo lavadero para las clasificaciones de calibre mayor.

Por otra parte, las mesas neumáticas no permiten depurar el polvo 0-0,2 para el cual solo la flotación está justificada.

IV.—Depuración del carbón por intermedio de un medio denso

Desde el año 1.937, se registra un movimiento muy marcado en favor del empleo de un medio denso o, dicho de otro modo,

de la suspensión en el agua de un cuerpo muy fino de una densidad notablemente superior a uno y en proporción tal que el conjunto tenga una densidad igual a la del carbón que se quiere separar. Esta densidad está en estrecha relación con el contenido en cenizas. En realidad, este método corresponde a una trasposición a la escala industrial del método de «sink and float».

El buen funcionamiento de una instalación de depuración del carbón por intermedio de un medio denso depende principalmente de la viscosidad del medio.

Esta característica es función:

- a) de la elección del medio.
- b) de la temperatura de la suspensión.
- c) de la cantidad de schlamm que el medio denso es susceptible de dispersar en su seno. Esta cantidad, como veremos, depende a su vez para un carbón determinado de la clasificación sometida al tratamiento.
- d) de la composición del medio.

Los procedimientos que han recibido aplicaciones industriales más seguras emplean una suspensión bien de magnetitas o piritas cincíferas pulverizadas o bien de arena o de limo. Este último es simplemente tierra de ladrillos, que por razón de su finura y de su naturaleza arcillosa se presta particularmente para la preparación de un medio líquido de densidad estable, lo que representa evidentemente una condición esencial para la marcha regular de un taller de depuración de carbón.

Este procedimiento ha sido creado y llevado a cabo por las Minas Fiscales del Estado holandés.

V.—Desenlodado, desarcillado, escurrido y ensilado de los carbones lavados

Las precauciones tomadas en los lavaderos modernos para efectuar estas operaciones tienen por objeto:

Facilitar, es decir, abreviar, la duración del escurrido de los finos.

Evitar la fragmentación de los tamaños gruesos llamados también granos.

Hacer más fácil el cargue de vagones.

A fin de evitar la fragmentación y aún el despuntado de los cribados su manutención se hace únicamente por correas. Estas sirven para llevarlos a torres de pequeña capacidad, bien para su recomposición o para ser cargados en vagones, pasando por un tanque de almacenamiento que permite cambiar de vagón sin necesidad de parar el lavadero. Esta última solución permite preparar granos de mejor aspecto.

Respecto al escurrido que es una de las operaciones más engorrosas de la explotación de los lavaderos, se recurre a las soluciones más apropiadas para hacerla económica y rápida, a saber:

1.º Quitar el polvo lo más completamente posible al carbón bruto eliminando especialmente las partículas de tamaño inferior a 0,2 mm. Estas son, en efecto, las que retienen más energicamente la humedad.

2.º Escurrir lo mejor posible los finos a su salida de los aparatos de depuración por corriente de agua.

3.º Escurrir y desarcillar, a parte, los schlamms brutos y lavados.

4.º Drenar el agua a diferentes alturas en la torre de escurrido.

VI.—Depuración y desarcillado de los schlamms

A causa de su tamaño comprendido generalmente entre 0 y 0,5 mm. de su contenido en agua y en cenizas, que son ambos del orden de 25 a 30 % del schlamm bruto, ensuciado por arcilla y fuseno, el schlamm es un combustible muy malo. Por esto, el problema de la utilización racional de los schlamms; es decir, de modo distinto a su mezcla directa con los menudos lavados o por combustión, al estado bruto, sobre la parrilla de generadores de vapor, permanece aún a la orden del día.

Frecuentemente, se depura el schlamm en canales de aluviona-

miento que ofrecen la ventaja de la sencillez y un precio de coste bajo estimado, generalmente en unos 0,50 francos por tonelada de schlamm depurado y evacuado en estado seco.

VII.—Depuración del carbón por flotación

Aplicado a los carbones de flotación da buenos resultados cuando se observan los siete principios siguientes:

1.º *Clasificación volumétrica cuidadosa antes de la flotación* afin de que las partículas más gruesas de carbón no se pierdan en los esteriles por razón, bien sea de la intervención del fenómeno de la equivalencia, o bien de su revestimiento incompleto por una película de aceite. Conviene tratar un schlamm 0-1 que no contenga más de 5 % aproximadamente de granos de un calibre superior a 1 mm.

2.º *Regulación de la dilución o de la densidad de la pulpa* Los schlamms cuyo calibre acabamos de definir deben encontrarse en suspensión en un líquido de densidad determinada y constante. Esta mezcla de agua y de carbón es llamada pulpa. Generalmente está constituida por 3 partes de agua y una de sustancias sólidas. Debe prestarse una atención extremada a la densidad de la pulpa. Este factor de explotación influye sobre el consumo de reactivos y sobre el rendimiento de la operación. En general, es necesario y suficiente que esta pulpa contenga en suspensión 12 % de sustancias sólidas.

3.º *Conservación de la homogeneidad de la pulpa.* Un cono de regulación de la alimentación debe estar dispuesto en cabeza de los aparatos de flotación. Es esencial, como acabamos de indicar, que la pulpa que entra en los aparatos de flotación tenga una densidad constante. A este efecto, conviene disponer en ese cono regulador un batidor. Su papel consiste en mantener en todo momento la homogeneidad de composición de la pulpa.

4.º *Enriquecimiento de los productos flotantes o espumas.* Después de haber sometido el carbón a dos operaciones sucesivas de flotación,

se recomienda tomar la precaución siguiente: «Acidificar la pulpa o mantenerla muy debilmente alcalina. El valor de su pH no debe descender por debajo de 7. Es preferible hasta llevarlo a 8,5 para impedir la flotación de las piritas».

Comprendida así, la flotación permite reducir de 80 a 90 % la cantidad de azufre contenida en el carbón al estado de pirita o de marcasita. Por el contrario, es ineficaz respecto del azufre que se encuentra en estado de sulfato calcico o en forma orgánica.

5.º *Circuito de agua especial para el taller de flotación.* Es preciso dedicar un circuito especial a las aguas que provienen del taller de flotación. Conteniendo estas aguas más o menos barro y grasa, sería una verdadera calamidad introducirlas en el circuito de aguas para el tratamiento de menudos y de granos.

6.º *Espesamiento de los esteriles.* No se deben echar a la escombrera los esteriles sin antes desembarazarlos lo más completamente posible de las aguas que los acompañan. A este efecto se pueden utilizar espesadores que dan, por una parte, una masa compacta que se podrá verter en la escombrera y de otra parte agua que se recogerá en el circuito de flotación.

7.º *Secado del schlamms.* Para llevar a un 20-24 % el contenido en agua de los schlamms flotados que se eleva a un 80 % aproximadamente a la salida de los aparatos de flotación, se emplean únicamente filtros rotativos que funcionan bajo el vacío barométrico. Hasta ahora no se ha encontrado medios más económicos. Por sí solo, el filtrado necesita un consumo de 3 kwh por tonelada de concentrado evaluada en estado seco.

VIII.—Caracteres de los talleres modernos de aglomeración

Las instalaciones para la fabricación de ovoides y de briquetas presentan hoy cuatro características esenciales; a saber:

Mejoramiento del aspecto de los productos obtenidos. Se quieren actualmente ovoides brillantes, de forma regular y sin rebar-

bas. La resistencia al aplastamiento de un ovoide puede alcanzar 140-150 kg.

Aumento de la producción de las prensas. Antes la producción de una prensa de ovoides no pasaba apenas de 5 toneladas por hora. Actualmente, se emplean corrientemente unidades que producen 20 toneladas y a veces hasta 60 toneladas de ovoides por hora.

Alimentación de la prensa en mezcla de carbón y brea por medio de distribuidores fácilmente regulables mediante correderas de desplazamiento rectilíneo o angular.

Empleo de máquinas cuyos moldes de acero especial cromo-niquel o por lo menos de acero duro son capaces de asegurar una fabricación de 100.000 toneladas de ovoides antes de que sea preciso reemplazarlas. Su duración de servicio es pues dos veces mayor que en las prensas empleadas hasta el año 1935 aproximadamente.

Señalamos incidentalmente que la brea de petróleo goza de un gran favor actualmente en concurrencia con la brea de hulla.

IX.—Principios generales de las prensas modernas para la fabricación de briquetas

La práctica más corriente en Francia y en Bélgica consiste en preparar briquetas de un peso unitario de 10 kg. tal como son solitadas por los ferrocarriles y las compañías navieras.

La prensa de briquetas que se utiliza, casi exclusivamente hoy en el mundo entero para la aglomeración del carbón es la llamada «Couffinhal», que poco a poco ha reemplazado a los otros tipos existentes.

Esta creación francesa lleva el nombre de su inventor, ingeniero jefe de las fábricas de la Chaléassiere, en Saint-Etienne, donde fué ideada en 1865, perfeccionada y construída siempre hasta hoy.

Existe aún otro tipo de prensa llamado de molde abierto, que ha recibido numerosas aplicaciones, especialmente para la fabricación de briquetas de lignito rhenano, marca «Unión».



En las prensas de molde abierto se regula la intensidad de la compresión por el frotamiento del aglomerado contra las paredes del molde.

En general, la máquina lleva dos moldes paralelos y horizontales de 1,70 m. de longitud; constan de dos partes, la inferior fija y la otra móvil y prensada por palancas con contrapesos. En cada uno de los moldes penetra un pistón que tiene una carrera de 30 cm.

En las máquinas más recientes, la separación de las briquetas se obtiene de la manera siguiente:

A cada golpe de pistón se comprimen 5 kilogramos de mezcla y al retirarse el pistón se inyecta, por medio de aire comprimido, una pequeña cantidad de polvo de carbón sobre la cara de la briqueta. Este polvo impide que la briqueta siguiente se pegue a la que acaba de formarse. Inyectando polvo de carbón cada segundo golpe de pistón se obtienen briquetas de 10 kilogramos.

A causa del frotamiento del carbón, los moldes se gastan bastante rápidamente. Como este desgaste es irregular, hay que rectificarlos cada seis semanas de uso.

X.—Ejemplo de un acoplamiento bien dispuesto entre un taller de depuración y una fábrica de aglomerados

Esta instalación se refiere a las explotaciones belgas de Mariemont-Bascoup (cuenca de Mons). La fábrica de briquetas comprende dos prensas Couffinhal. Cada una de ellas satisface una producción horaria de 15 t. de briquetas cuyo peso unitario es de 10 kg. Las mayores prensas que se emplean actualmente en las explotaciones del Norte y del Paso de Calais corresponden a esta producción horaria de 15 t. de briquetas. Trabajan bajo una presión del orden de 115-120 kg. por centímetro cuadrado.

El carbón destinado a la aglomeración está constituido bien por 0-8, lavado por corriente de agua y conteniendo 12-13 por ciento de humedad, o bien 0-8 depurado por mesas de depuración neumática.

La brea procede de la destilación de alquitrán hulla y es de origen belga, inglés o alemán. Esta brea, antes de ser empleada, es primero triturada y luego pulverizada en molinos Carr.

En cuanto al carbón, es sometido primeramente a un secado si proviene del lavadero por corriente de agua para reducir su contenido en humedad de 12-13 por ciento a 3 por ciento aproximadamente. Esta operación previa es innecesaria para el carbón depurado por vía neumática.

El secado de los finos lavados es llevado a cabo en el horno vertical Leflaive constituido por pisos alternativamente fijos y móviles. Estos últimos están calados en un árbol vertical animado de un movimiento de rotación mandado por engranajes colocados en la parte inferior.

El principio del horno Leflaive consiste en hacer circular de una manera continuada el carbón, que llega por una tolva situada en la parte superior, en sentido inverso a los gases calientes producidos por un hogar adosado al horno y aspirados por un ventilador colocado sobre el horno.

El desplazamiento del carbón de arriba a bajo es producido por medio de racletas regulables dispuestas sobre cada piso que revuelven la carga al mismo tiempo que la desplazan.

Por encima de los pisos móviles las racletas están fijas y hacen avanzar al carbón del centro a la periferia.

Por encima de los pisos fijos, por el contrario, las racletas suspendidas de los pisos móviles desplazan el material de la periferia hacia el centro donde hay un orificio en los pisos fijos.

En Mariemont-Bascoup, la calefacción de los hornos se hace por combustión de carbón pulverizado. De este último, se consume 2 por ciento con relación al peso de finos sometidos al secado.

Los dos elementos de las briquetas a elaborar, el carbón y la brea pulverizada, pasan después de dosificadas a los molinos Carr donde su mezcla se hace más perfecta. En ellos, el calibre del carbón se reduce de 0-8 a 0-3 mm.

La mezcla íntima de carbón y de brea se recibe después en las

amasadoras donde una inyección de vapor recalentado a 250° la pone en estado pastoso atravesando entonces las cubas de mezcla. La elaboración de las briquetas se lleva a cabo en las prensas Couffinhal y, finalmente, unos transportadores de correas las conducen bien a los vagones de expedición o al parque de almacenamiento.

En Mariemont-Bascoup, para la fabricación de briquetas con 80 por ciento de cohesión, se consume de 7,5 a 8 por ciento de su peso de brea.

Estas briquetas que son destinadas especialmente a la marina, a los ferrocarriles y a las fábricas de productos refractarios están muy acreditadas. En efecto, presentan una fuerte cohesión, tienen pocas cenizas y éstas tienen un punto de fusión elevado.

En definitiva, la fabricación de aglomerados, ovoides y briquetas, ha experimentado considerables progresos en el curso de estos últimos años. Cada una de sus fases, secado, dosificación, molido, amasado, aglomeración y manutención se ha determinado cuidadosamente y se lleva a cabo con método y simplicidad. Se ha procurado preparar una pasta homogénea que se reparte uniformemente a todo lo ancho de los rodillos moldeadores de ovoides.

Conclusiones generales

Especialmente desde 1930, la técnica de la depuración del carbón ha dado lugar a perfeccionamientos muy notables concernientes a la construcción, a la mayor capacidad de producción, al automatismo y, sobre todo, al mayor rendimiento de los aparatos de depuración del carbón.

Aparte de las cajas de pistón y de los reheolavadores clásicos, se han hecho entrar definitivamente en la gran práctica industrial: Las mesas de depuración neumática.

Los aparatos (rheolavadores, máquinas de flotación), permiten reducir a 7-8 por ciento el contenido medio en cenizas de los schlamms.

Los dispositivos de depuración por medios densos que se aplican al tratamiento de los tamaños superiores a 3 mm.

El taller moderno de depuración del carbón corresponde, en general, a la conjugación de varios de estos procedimientos.

Las hulleras de Asturias han gozado siempre de un gran prestigio. Mejor que nunca hacen honor a sus tradiciones por su renovación experta y rápida y a ellas van los votos más cordiales de sus colegas de Francia.