

**LA DESTILACION DE CARBONES CHILENOS A  
BAJA TEMPERATURA**

POR

**P. KRASSA**

---





## LA DESTILACION DE CARBONES CHILENOS A BAJA TEMPERATURA

POR

P. KRASSA.

---

Señores:

Gracias a una subvención que me fué concedida por la comisión del carbón, he podido hacer durante el año último una serie de investigaciones de laboratorio sobre la condición de los carbones chilenos al destilarlos a baja temperatura.— El fin de estos estudios es el de encontrar las bases para la implantación de tal industria en el país. Sabemos todos que la situación de la industria carbonífera deja mucho que desear i no nos podemos satisfacer con el hecho

de que la situación de esta industria en otros países pase también por un período de depresión.— No es este el momento para extenderse sobre consideraciones i causas de esta depresión.— Pero si bien es cierto de que el mejoramiento económico de las industrias mundiales también aportará un nuevo aliciente a la industria carbonera, no debemos olvidar las razones especiales que pueden tener influencia en el desarrollo de la industria chilena. Tenemos el fenómeno que un país muy rico en carbón de buena calidad no es capaz de abastecerse por sus propios medios i que se importan anualmente cantidades grandes de petróleo i de carbón extranjero cuyo valor anual asciende a 30 o 40.000.000 de pesos oro, alcanzando así a formar un factor bastante importante en el balance económico del país.

El hecho de que el competidor más formidable del carbón chileno no es el carbón extranjero sino un combustible líquido, nos indica claramente que la supremacía de éste se debe a la forma inadecuada en que se presenta el producto nacional, lo que naturalmente dificulta su éxito en los mercados.— No hay duda que mejoras introducidas en las bases comerciales podrán i deberán cooperar a dar mayores facilidades a la industria de la cual hablamos. Pero el técnico debe ocuparse en primer término en estudiar las posibilidades de suministrar el producto que elabora en las mejores condiciones posibles. Afortunadamente es mucho lo que puede hacerse en este sentido, porque la situación semejante en la cual— como justamente he mencionado— se encuentran las industrias carboneras de otros países, ha indicado los caminos que se pueden seguir. Entre éstos ocu-

pa el primer lugar la transformación de los carbones— combustibles sólidos— en combustibles líquidos i gaseosos.— Son muchas las causas que hacen recomendable tal transformación. En Inglaterra, por ejemplo, es el deseo de obtener por el tratamiento del carbón un combustible sin humo. Hace poco un diputado de la Cámara de los Comunes de ese país ha interrogado al Ministro del ramo sobre si éste estaría dispuesto a dictar una lei que exigiera esta transformación i ha indicado el procedimiento de destilación del carbón a baja temperatura como el proceso señalado para este fin.

¿Cuál es este procedimiento? Hay que evitar primero un mal entendido posible. La baja temperatura de la cual se habla, es la de unos 500 a 550° C. Es únicamente baja en comparación con la temperatura a la cual se está efectuando la destilación del carbón en las fábricas de gas i de coke, donde se llega más o menos a 1.000° C. Pero esta diferencia de temperatura en los dos procedimientos altera los fenómenos, no sólo cuantitativamente, sino cambia totalmente las cualidades de los productos obtenidos. En las fábricas de gas de alumbrado, el gas que se obtiene es el elemento más importante; en las de coke se trata de obtener un coke duro, el coke metalúrgico. Por esta razón difieren los métodos i los aparatos usados en estas dos industrias, pero, sí coinciden en el deseo de separar en lo posible las partes volátiles de las no volátiles de los carbones, para lo cual hay que emplear altas temperaturas. El alquitrán que se produce junto con el coke i el gas, es un subproducto mui valioso por cierto, cuando se puede elaborar, pero siempre ocupa un lugar secundario.

Esto se explica por el pequeño rendimiento que se obtiene de este producto, que raras veces alcanza al 6% del carbón tratado.— Se debe esta baja lei al hecho de que gran parte del alquitrán formado es destruido por la acción de la alta temperatura con la formación de carbón (coke) i gas.— Evitando esta alta temperatura debe subir la cantidad de alquitrán, pero cambian al mismo tiempo sus propiedades, o más bien dicho, se conservan las cualidades de los productos primarios obtenidos en la destilación.— Es esta la razón por que se ha dado a este alquitrán de baja temperatura el nombre de «alquitrán primario» o «alquitrán orijinal». Aunque su obtención no ha sido el primer objeto de la destilación a baja temperatura, su importancia ha aumentado de modo que hoy día forma junto con el residuo de la destilación— el semi-coke—la base económica del procedimiento. En la fig. 1 se ven esquemáticamente los productos a los cuales se llega en la destilación del carbón a baja temperatura i en la elaboración de estos productos. La mayor cantidad corresponde al semi-coke con un rendimiento de 600 a 700 Klbs., por ton. de carbón. Puede servir como combustible en la misma forma que se obtiene, ya sea en briquetas o bien en polvo de carbón. Para la preparación de las briquetas sirve además la brea, residuo de la destilación del alquitrán. Por fin puede servir el semi-coke para la gasificación completa suministrando gas de agua, gas pobre, i como sub-producto el amoníaco i alcohol metílico.

El alquitrán de baja temperatura puede servir, como indica la tabla para suministrar bencinas, aceites combustibles, aceites para desinfectar e impreg-

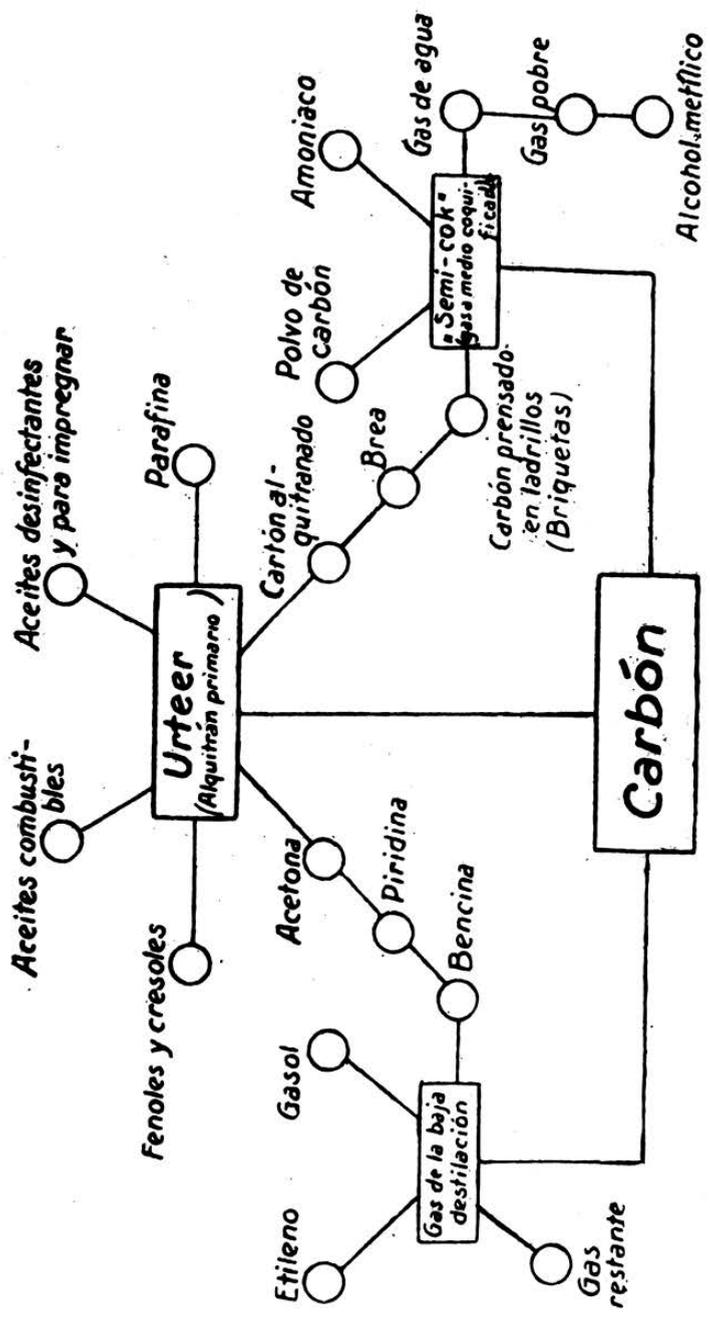


Fig. 1.

nar, aceites para la flotación, parafina sólida, finalmente, acetona, fenoles i piridina como sub-productos. Parte de las bencinas se encuentran en el gas del cual se pueden separar por un lavado o por enfriamiento a temperaturas de bajo 0° C. El gas restante se ocupa en la misma destilación del carbón i del alquitrán. Las cualidades i cantidades de estos productos varían mucho con las de los carbones tratados. Nos ocuparemos de esto al tratar de los ensayos hechos con los carbones chilenos.

Para estos ensayos se han usado los mismos métodos que han servido en los laboratorios europeos i que han sido ideados i desarrollados especialmente por el catedrático profesor Dr. Franz Fischer en el laboratorio de investigaciones del carbón en Mühlheim.

Se dividen estos métodos en dos clases de ensayos. El primero sirve sólo para dar una idea mui general sobre la capacidad de rendimiento de un carbón para su destilación a baja temperatura, pero tiene la ventaja de necesitar tan sólo una pequeña cantidad de carbón. El aparato que se emplea consiste en una retorta de aluminio con una tapa herméticamente cerrada i un tubo para la salida de los gases. Se tratan unos 200 grms. de carbón en la retorta i se calienta ésta durante más o menos una hora hasta 500 a 530° midiéndose la temperatura por medio de un pirómetro puesto en un tubo ad-hoc. Hay también un tubo central por el cual se puede introducir vapor de agua sobre-calentado. Los vapores formados en la destilación se conducen por medio del tubo lateral a un matraz enfriado con agua en el cual se condensa el alquitrán i el agua formada. Para asegurar la con-

densación total de los vapores de los aceites más volátiles se coloca a continuación un enfriador i por fin un tubo lleno con carbón vegetal especial que absorbe las llamadas bencinas de gas. El gas no condensable se recoje en un gasómetro, midiéndose su volumen por medio de la cantidad de agua que desaloja.

Para obtener la separación del agua i del alquitrán recojido en el matraz, se agrega a la mezcla xilol i se hace una destilación fraccionada separándose del residuo los productos que destilan hasta 150° i los que hierven entre 150 i 300°.

La tabla N.° 1 dá un resumen de los resultados obtenidos en estos esperimentos refiriéndose las cifras al rendimiento calculado por ton. de carbón.

Estos primeros esperimentos— aunque no permiten todavía un juicio completo sobre la condición de los carbones—muestran con un rendimiento de alquitrán primario que sube casi hasta 20%, que los carbones chilenos son mui interesantes desde este punto de vista.

Para obtener mayores detalles hubo que seguir las investigaciones en mayor escala. Para este fin sirvió un horno cuyo esquema muestra la figura 2. Consiste de un tubo rotatorio en el cual se coloca el carbón (5.—20 Klbs.), tubo que junto con rotar lentamente ( 3 a 5 vueltas por minuto) es calentado progresivamente hasta temperaturas de 500° más o menos. Los gases formados junto con el alquitrán, pasan por el conducto de salida que va provisto de una prensa estopa, i van a los separadores de alquitrán. El primero de éstos se mantiene a una temperatura de 100° más o menos, mediante vapor de agua, mientras que el segundo se enfría con agua corriente. De este

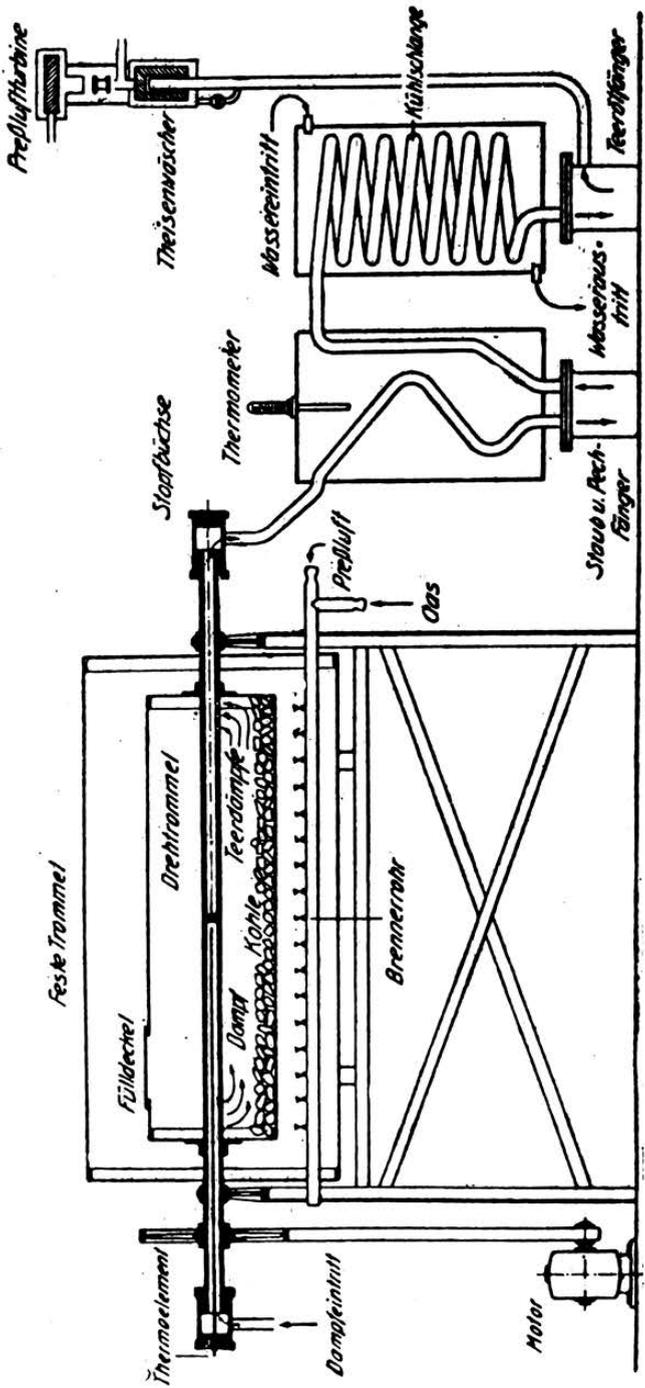


Fig. 2

modo se precipita en el primero el alquitrán con algo de agua, mientras que el resto de ésta, junto con los aceites más volátiles, se condensa en el 2.º separador. Esta medida facilita la separación del agua. Los gases formados entran, al salir de los separadores, por un tubo o una torre de vidrio, llena de carbón vegetal especialmente preparado para absorber las bencinas que no se condensan en los enfriadores; pasan en seguida por un medidor i van finalmente a un gasómetro donde se les acumula o se les quema.

En este horno se destilaron doce muestras de carbones de diferentes minas que corresponden a los llamados carbones pesados. Durante la destilación se mide periódicamente la temperatura i la cantidad de gases formados. Se nota que la destilación empieza a unos 350° i alcanza su máximunn a los 400° más o menos. La duración del experimento fué de 3 a 5 horas i la temperatura máxima alcanzó a 526°. El aparato permite también la introducción de vapor de agua durante el experimento, pero ésto no se hizo porque ensayos preliminares habían indicado que el rendimiento no variaba de un modo apreciable al hacerlo.

La tabla N.º 2 dá un resumen de los datos obtenidos. Varía la cantidad de semi-coke obtenido entre 600 i 710 Klgs., el alquitrán puro entre 113 i 174 Klgs, las bencinas de gas entre 3,3 i 5,5 Klgs. i el gas no condensado entre 65 i 107,5 m<sup>3</sup>. por ton. de carbón. En la misma tabla se han agregado las cantidades de los productos brutos que se obtienen en la práctica con carbones extranjeros. Se nota que el rendimiento de alquitrán de los carbones chilenos— es decir, del producto más valioso— alcanza hasta el

doble del valor que dan los carbones extranjeros que se usan con provecho para el mismo fin.

Será conveniente decir ahora algunas palabras sobre los productos obtenidos. Las cualidades del semi-coke dependen en gran parte del carbón usado. En ciertos casos conserva íntegramente la forma del carbón usado, en otras ocasiones se aglomera parcialmente, pero jamás esta aglomeración es tan grande que pueda perturbar la marcha del procedimiento.— En su composición química difiere mucho del coke que se obtiene a alta temperatura. Tiene en el estado seco 12—14 por ciento de materias volátiles, 10 a 14% de ceniza i un poder calorífico superior a 6.500 calorías. Es un combustible que se inflama fácilmente, pero que se quema sin formar humo. En forma de trozos se presta especialmente para usos domésticos. Cuando se usa carboncillo para su fabricación, es claro que gran parte se obtiene en forma menuda. En este caso se le puede emplear moliéndolo i usándolo en forma de polvo de carbón. Como este semi-coke es muy quebradizo, la trituración se hace muy fácilmente. También se podrá emplear para la fabricación de briquetas usándose la brea que se obtiene por destilación del alquitrán como materia aglomerante. Por fin se podrá pensar en usarlo en mezcla del polvo de semi-coke con aceites, obteniéndose un combustible emulsionado, semi-líquido.

El alquitrán se solidifica, como ya se ha mencionado, a la temperatura ordinaria. Se debe esto a su lei relativamente elevada en parafina sólida (cera mineral). Pero como se liquida ya a 35° C. se podría usarlo directamente como combustible líquido. En verdad sería esto un derroche, puesto que contiene productos de un valor mucho más elevado cuando

se les separa. Nos ocuparemos en seguida de esta separación.

Las bencinas de gas, por fin, tienen un peso específico de 0.75 i pueden servir después de una purificación como combustible para los motores de automóviles. Su purificación es relativamente barata, por que tienen sólo indicios de fenoles i por esto requieren mui poca soda cáustica para su eliminación.

Los trabajos descritos hasta ahora no permiten juzgar todavía la cantidad de productos comerciales que se obtienen de los carbones chilenos. Para ello es necesario someter el alquitrán primario a un segundo tratamiento para separar las materias aprovechables.

Este tratamiento consiste en una nueva destilación del alquitrán basada en el hecho que los diversos productos tienen volatilidades distintas i se pueden separar por fraccionamiento. Pero esta destilación puede efectuarse por varios métodos i cada uno de estos métodos dá resultados distintos. Para juzgar cuál es el método más adecuado, habría que someter cada una de las clases de carbón a todos estos métodos. Para esto no alcanzó la cantidad de alquitrán primario, de modo que se usaron los diversos métodos empleando muestras distintas. Por esta razón no se pueden comparar todos los resultados para así formarse una idea exacta sobre los rendimientos que suministran los diversos carbones, sino tan sólo los que se han obtenido con el mismo método.— Pero, aún éstos, muestran diferencias bien apreciables i es por esto por que sería necesario hacer un estudio completo para cada caso especial.

El procedimiento más sencillo es el de la destila-

ción del alquitrán primario con fuego directo. Sirve para esto un alambique de cobre calentado a gas, con un tubo lateral que se conecta con un enfriador. Se mide la temperatura en el alquitrán i en el vapor cerca del tubo de salida de estos vapores. Se ha tratado de mantener estas temperaturas lo más iguales posible. Los productos de la destilación se condensan en un enfriador i se recojen en frascos graduados o pesados. Cuando la temperatura de destilación sube a 300° C. se empieza a solidificar el producto de destilación en el enfriador i es menester mantener entonces el agua que contiene a unos 50° C. Especialmente al principio de la destilación hay que trabajar muy lentamente para impedir la subida del alquitrán debido a la formación de vapores de agua. Cuando se ha separado el agua la destilación marcha muy regularmente. En estos experimentos se obtuvieron los datos reunidos en la tabla 3. Se refieren las cifras de la columna a) al % del alquitrán. Las de la columna b) indican el rendimiento de los productos por ton. de carbón. La columna c) dá los pesos específicos de los productos. La columna d) el % de fenoles en las diversas fracciones.

Todos los aceites que destilan hasta 300° C. son líquidos a la temperatura ordinaria, aunque la cuarta fracción muestra ya cristales de parafina sólida. Se podría evitar esto probablemente terminando la destilación a 280° C. en vez de hacerlo a 300° C.

Resumiendo, se vé que se obtiene por ton. de carbón hasta 18 Kgs. de bencinas livianas, hasta 98 Klbs de aceites líquidos i hasta 20 Klbs. de masa parafinosa que contiene además los aceites viscosos. Queda la brea o pez como residuo.

Esta destilación directa, aunque es el procedimiento más sencillo, tiene el inconveniente que los productos, especialmente los que destilan a alta temperatura, parcialmente se destruyen. Para disminuir esta destrucción bajando la temperatura de volatilización se puede usar la introducción de agua sobrecalentada durante la destilación. Varias destilaciones se hicieron siguiendo este método. Sirvió para ello el mismo alambique de cobre provisto de un tubo que llega hasta el fondo por el cual se introduce el vapor de agua que ha pasado por un sobrecalentador de cobre. La destilación se hizo de tal manera que se empezó con el calentamiento por fuego directo hasta llegar a 120° C. En seguida se introdujo vapor de agua i se separaron bencinas que destilan hasta 200° C. i varias fracciones de aceites. Los datos obtenidos con las muestras 4, 5 i 6 están reunidos en la tabla 4. Se vé que la cantidad de bencina llega hasta 37,5 Klbs., por ton. de carbón. Las fracciones más altas, ya contienen parafina sólida, la que debido a la acción del vapor de agua empieza a destilar a temperatura de 220° C. Desgraciadamente, la pequeña cantidad de los productos no permitió hacer una separación más detallada de las diversas fracciones.

En una tercera serie de experimentos se hizo por fin un estudio más detenido. Consiste el método empleado en una combinación de las destilaciones directas i con vapor de agua, con una separación química de una parte de los productos. La marcha seguida se explica mejor con el esquema indicado en la tabla 5. El alquitrán se destila primero con fuego directo hasta 120° C. i con vapor de agua hasta

200° C. Los productos así obtenidos son: agua, bencina, aceites livianos i un residuo de esta destilación. Bencinas i aceites se purifican sucesivamente con soda cáustica i ácido sulfúrico, separando fenoles, bases i aceites neutros los que se llevan a una destilación fraccionada.

La parte del alquitrán cuya temperatura de ebullición es más alta que 200° C., se trata con bencina pesada, la que precipita los asfaltos, mientras que disuelve los aceites. Después de eliminar esta bencina por destilación, se purifican los aceites con soda cáustica para eliminar los fenoles. Estos aceites purificados que son sólidos a la temperatura ordinaria debido a su alto contenido en parafina sólida se juntaron con el residuo de la destilación fraccionada de los aceites livianos (1). Se trató de destilar esta mezcla en el vacío, pero no se logró subir bastante la temperatura como para obtener un buen resultado. Fué preciso, pues, recurrir a una destilación destructiva de estos productos, aunque con ella se pierde parte de los productos valiosos. Se conoce tal destilación bajo el nombre de «Crack-process» i se emplea mucho en la industria del petróleo para aumentar el rendimiento en bencinas. Sirvió para este fin un alambique de fierro fundido provisto de una tapa con un tubo vertical bastante largo, en el cual se destruyen los aceites parcialmente, saliendo los vapores por un tubo lateral enfriado por un enfriador doble. A pesar de un enfriamiento intenso, parte de los productos de la destilación salen en forma de gases.

---

(1) No fué posible separar la parafina sólida de estos aceites debido al pequeño tamaño de sus cristales. Se facilita esta separación cuando se ha vuelto a destilar la masa parafinosa.

Igual destilación por el «Crack-process» se hizo con los asfaltos i se reunieron los productos destilados así obtenidos. En ellos se separó la parafina por enfriamiento i presión en una prensa de parafina. Los aceites que en ella se obtuvieron se llevaron a una nueva destilación hasta 250° C. resultando aceites livianos como destilado i aceites viscosos como residuo.

En la tabla 6 hai un resúmen de los resultados de estos esperimentos, señalándose nuevamente las cantidades de los productos obtenidos en % del alquitrán i en Klgs. por ton. de carbón. Al contemplar estas cifras se nota la diferencia enorme existente entre los diversos carbones, i es ésta la razón por que es imposible generalizar los resultados. Los mejores carbones dan hasta 50 Klgs. de bencina i aceites purificados para motores de combustión interna, hasta 43 Klgs. de aceites viscosos utilizables como lubricantes, hasta 35 Klgs. de parafina sólida (Cera mineral) i, por fin, hasta 29 Klgs. de fenoles, cresoles, etc. Estos últimos pueden servir como desinfectantes i especialmente para impregnar madera protejiéndola así contra la putrefacción. Este procedimiento se usa en gran escala en los durmientes. Como la separación de estos fenoles es bastante costosa, será probablemente preferible dejarlos mezclados con los aceites livianos. Esta mezcla podrá servir sin inconveniente para quemarla en motores de combustión i para la impregnación que acabo de mencionar. Además tendrá otra ocupación provechosa; ensayos hechos en el laboratorio de la «Mineral Separation», cuya amabilidad tengo que agradecer, muestran que son mui aptos para la flotación, i como tal procedimiento metalúrgico está mui divulgado en el

país, habrá probablemente buen mercado para estos productos.

Los métodos de laboratorio descritos permiten ya hacer un cálculo más o menos exacto sobre el rendimiento que se obtiene al llevar un carbón a la destilación a baja temperatura. Pero hai que hacer una salvedad; es preciso buscar el sistema más adecuado para cada carbón especial. La conducta diferente de los diversos carbones al calentarse, especialmente el mayor o menor poder cokificante, el tanto por ciento del azufre que contienen, etc., hace necesario adaptar el sistema a las necesidades del caso. Con el sistema naturalmente varían hasta cierto punto las cualidades i cantidades de los productos obtenidos.

Me permitiré dar algunos datos sobre los sistemas usados, limitándome a los que trabajan ya en escala industrial.

La dificultad con la cual todos los sistemas tienen que luchar es la necesidad de calentar una sustancia como el carbón que tiene un coeficiente de conductibilidad de calor mui bajo—a una temperatura de unos 550° C. en toda su masa, sin que la temperatura de las capas exteriores y de los recipientes que la contiene suba mucho. Para lograr este fin existen principalmente tres posibilidades.

La primera consiste en disminuir en cuanto sea posible el ancho de la capa de carbón que se calienta, manteniéndose así el sistema de cámaras usado en la industria del coque, pero disminuyendo el ancho de estas retortas i cámaras. Pero esta medida tiene el gran inconveniente de disminuir la cantidad de carbón que se puede tratar en estas cámaras, con lo que

la economía de tal instalación disminuye notablemente. A pesar de esto se han construido hornos basados en este sistema, de los cuales los más conocidos son los de la Soc. Inglesa Coalite. El dibujo (figura 3) muestra la instalación que consiste de retortas verticales rectangulares de arcilla, que tienen

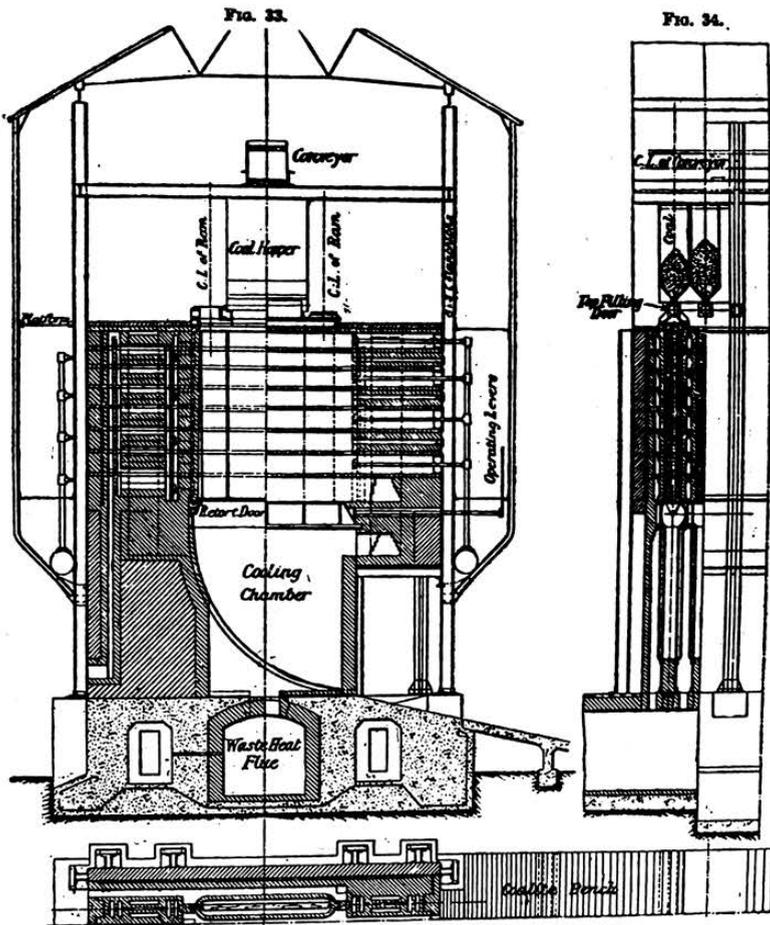


Fig. 3.

en su interior dos planchas de fierro fundido cuya distancia es variable. En las últimas instalaciones se usan retortas de fierro fundido en vez de arcilla. El calentamiento se efectúa por medio de mecheros de gas situados a los lados de la retorta. Se están construyendo dos plantas importantes según este sistema en Nottingham i en Yorkshire, la última para tratar 1.000 ton. de carbón al día.

El segundo sistema evita la dificultad mencionada, usando sólo una capa delgada del carbón, pero aumentando a la vez la capacidad de los hornos i manteniendo el carbón en un movimiento continuo. Se asegura así un contacto íntimo entre las paredes calientes i los trozos del carbón.

Para asegurar este movimiento se pueden usar paletas agitadoras. Así está construido el horno en el procedimiento llamado carbocoal que muestra la figura. 4). La retorta construida de carborundo tiene la forma de un corazón invertido i contiene dos ejes provistos de paletas. Se tratan en una retorta de 6 mts. de largo unas 36 tons. al día. El calentamiento también se efectúa por gas.

Algo semejante es la construcción de los hornos sistema Marshall. Las retortas que tienen forma de 8 son verticales en este caso. El carbón es movido por medio de hélices. El calentamiento se efectúa con gas de generador i en parte por gases que se introducen en la misma retorta.

Algo diferente es el sistema que se ha empleado en una planta construída por la «Ford Motor C<sup>o</sup>». En ésta se emplea un baño de plomo fundido calentado a unos 650° C. El carbón se hace pasar encima de este baño colocado en una capa delgada sobre una

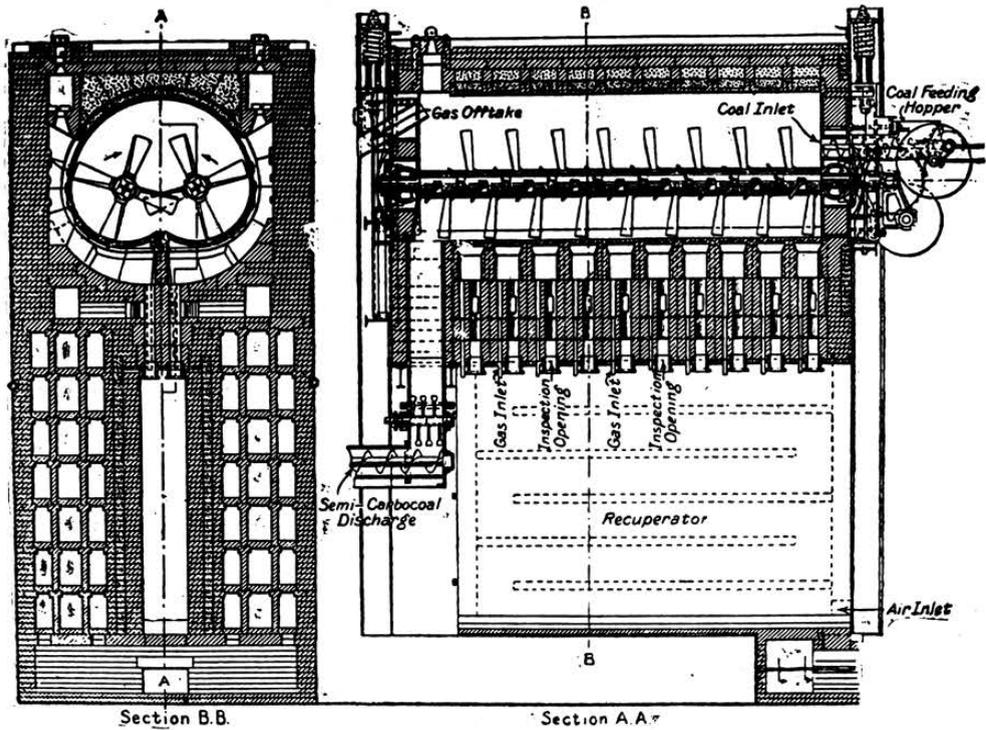


Fig. 1.

cinta metálica. El proceso se realiza según los datos publicados, en el tiempo muy corto de cinco minutos. El plomo se encuentra en un recipiente de arcilla refractaria calentado exteriormente por medio de gas. Siento no tener un dibujo de esta instalación.

El movimiento del carbón puede efectuarse, por fin, moviendo todo el recipiente que lo contiene. Se obtiene así el horno rotatorio que se usa especialmente en Alemania.

TABLA 1

DESTILACIÓN DE CARBONES CHILENOS EN LA RETORTA DE ALUMINIO

Rendimiento por tonelada de carbón:		
1) Semi-coke.....	610-710 Kg.	pulverizado hasta bien aglomerado. sólido; a temperatura ordinaria ; casi negro.
2) Alquitrán puro .....	30-197 »	
3) Bencinas de gas.....	3- 6.7 »	peso específico: 0.7408; poder calorífico inf.: 7.195 calorías.
4) Gases.....	65- 91 m3	
5) Bencinas brutas hasta 160° .....	8- 25 Kg.	sólidos a la temperatura ordinaria.
6) Aceites entre 160-300°.	25- 75 »	
7) Brea .....	60-121 »	

TABLA 2

DESTILACIÓN DE CARBONES EN EL HORNO ROTATORIO

Rendimiento por tonelada de carbón:

	Carbones chilenos	Carbón inglés	Carbón alemán
1) Semi-coke.....	600 -710 kg.	746 kg.	820 kg.
2) Alquitrán puro .....	113 -174 »	87 »	50,5 »
3) Bencinas de gas.....	3,3- 5,5 »		4,3 »
4) Gases.....	65 -107,5 m3	167 m3	69 m3

**TABLA 3**  
DESTILACIÓN DEL ALQUITRÁN CON FUEGO DIRECTO

	% del alquitrán	kg. por ton. de carbón	Peso especit.	Porcent de fenol.
1) Bencinas hasta 150° .....	3,79-11,3 %	5 -18 kg.	0,750	2%
2) Aceites entre 150-200° .....	3,74-29,0 »	5 -46 »	0,840	32 »
3) Aceites entre 200-250° .....	12,4 -18,0 »	15,9-29,5 »	0,906	38 »
4) Aceites entre 250-300° .....	10,7 -19,0 »	14 -22,3 »	0,935	33 »
5) Masa parafinosa hasta 350° .....	12,7 -40,7 »	20, -52 »	sólida	no deter- minado.
6) Residuo de la destilación .....	10,5 -24,9 »	16 -32 »	»	»

**TABLA 4**  
DESTILACIÓN DE ALQUITRANES CON VAPOR DE AGUA

Número de las muestras	4		5		6	
	a	b	a	b	a	b
Bencinas hasta 200° ..	25,1	3,75	66,1	7,51	18,2	3,03
Aceites desde 200-250°	53,0	8,00	.....	.....	34,1	5,77
Aceites desde 250-280°					21,8	3,64
Aceites desde 280-360°						
Residuo .....	13,5	2,03	29,7	3,35	21,3	3,55
Pérdidas .....	8,4	1,27	4,2	0,47	4,6	0,76

a)—% de alquitrán.  
b)—% del carbón.

TABLA 5

TRATAMIENTO COMBINADO DEL ALQUITRÁN

Agua	Destilación en seco hasta 120° y con vapor de agua hasta 200°		Alquitrán (1)						
	Bencinas (2)	Aceites livianos (3)	Purificación con NaOH		Residuo (4)	Pérdidas (5)			
	Fenoles (9)	Aceites sin fenoles	Pérdidas	Purificación con SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub>		Tratamiento con bencina pasada			
	Bases (10)	Aceites livianos neutros (11)	Pérdidas	Destilación por fuego directo		Pérdidas (8)	Aceites libres de asfaltos (7)	Asfaltos (6)	
	Bencinas (13)	Aceites (14)	Aceites (15)	Aceites (16)	Residuos (17)	Pérdidas (18)	Purificación con NaOH		Crack-Process
	destiladas hasta 150°	150°-200°	200-250°	250-300°	(17)	(18)	Pérdidas (24)	Aceites sin fenoles (22)	Fenoles (23)
							Destilación en vacío y en seguida por cracking		
							Pérdidas (26)	Destilado (19)	Coke (20)
							Destilación en vacío y en seguida por cracking		Pérdidas (21)
							Destilado (26) por cracking en vacío (25)		
							Separación de la parafina por presión		
							Parafina (29)	Aceites (30)	Pérdidas (31)
							Destilación hasta 250°		
							Aceites livianos (32)		Aceites viscosos (33)

TABLA 6

DESTILACIÓN COMBINADA DE ALQUITRANES

	% del alquitrán	Kgs. por ton. carbón
Bencinas y aceites hasta 250° .....	15,5-19,9 %	11,6-33,9 kg.
Aceites de 250-300° .....	3,3- 9,9 >	2,5-17,2 >
Aceites viscosos .....	16,0-24,7 >	13,5-43,3 >
Parafinas .....	7,0-14,9 >	4,9-25,6 >
Fenoles, cresoles, etc. ....	12,1-27,3 >	19,2-29,4 >

Se asemejan estos hornos en su construcción a los hornos que sirven para la fabricación del cemento. El horno rotativo de laboratorio que he descrito es semejante a tales aparatos. El material de los hornos es de acero, el que resiste bastante bien a las temperaturas necesarias siempre que la carga de carbón no sea excesiva. Existen en Alemania i en Estados Unidos varios tipos de tales hornos que trabajan en escala industrial. La figura 5 muestra un tubo de tal horno. Tiene 24 mts. de largo i 2.5 mts. de diámetro. Es de una sola pieza. La figura 6 es una fotografía de tal instalación hecha por la casa Thyssen. La figura 7, el esquema de una instalación. Estos hornos tienen el inconveniente que el fierro baja mucho en su resistencia a los 600° C. i que por ésto la carga del horno no puede aumentar mucho. En los últimos tiempos se han perfeccionado las construcciones, usando hornos que tienen dos tubos concéntricos un poco inclinados, sirviendo el tubo interior

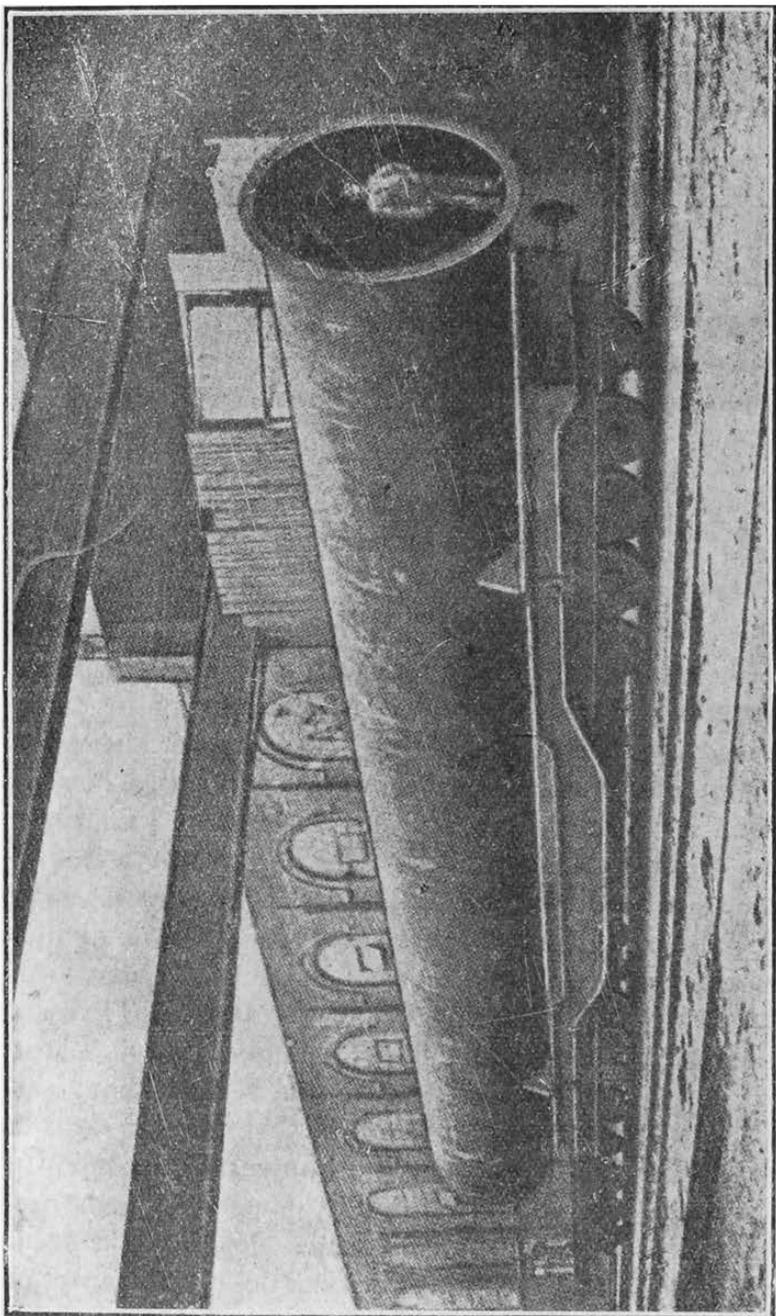


Fig. 5.

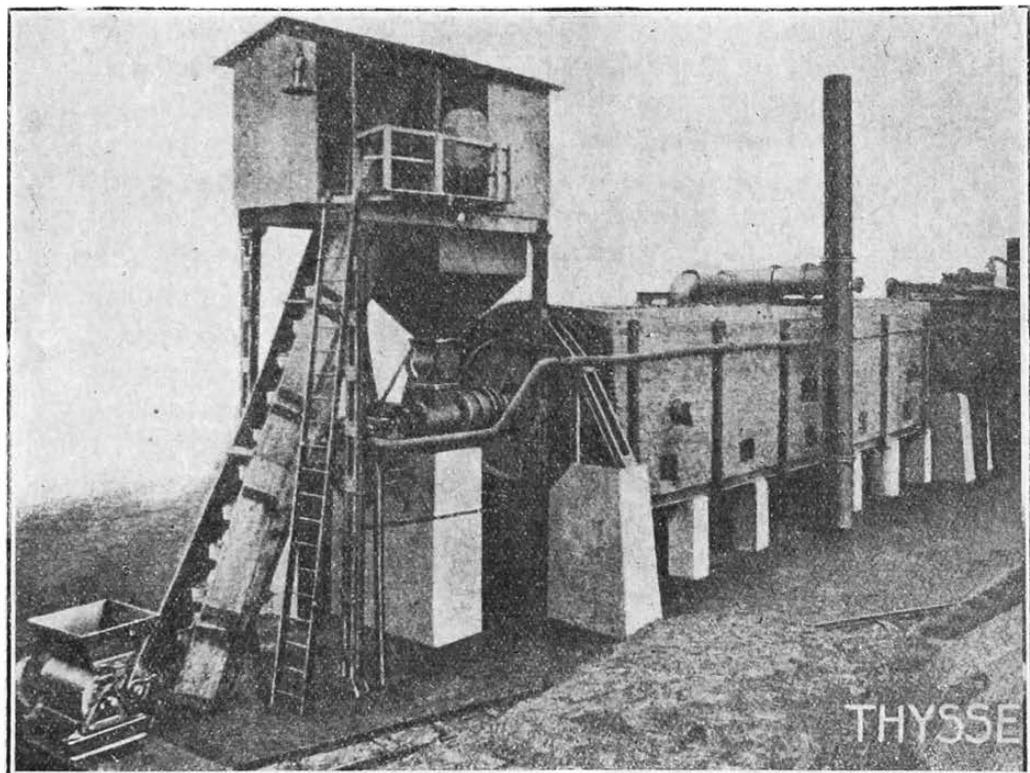


Fig. 6.



para la primera parte del procedimiento, mientras que en el tubo exterior, calentado desde afuera se completa la destilación. En este caso el tubo interior sirve para sostener la carga i como sólo se calienta a 200°C su resistencia es grande. La fig. 8 muestra tal horno. El tubo interior contiene una hélice para mover el carbón. Este entra por el extremo inferior i cae por aperturas del tubo en el espacio entre los dos tubos. El gas se elimina en el extremo superior del tambor. De este modo se evita el sobre calentamiento.

Otra casa ha construido un horno vertical que también tiene dos cilindros concéntricos mantenidos en un movimiento rotativo continuo. (figura 9). El carbón se encuentra en el espacio entre los dos tubos, manteniéndose en contacto con el tubo exterior caliente por la fuerza centrífuga del movimiento. El tubo interior es perforado i así se facilita la salida de los gases que se forman en la destilación evitando que éstos se pongan en contacto con las partes calientes i que disminuya de este modo la cantidad de los hidrocarburos líquidos.

Una tercera posibilidad se realiza en los hornos que trabajan con calentamiento interior. Para este fin sirven gases inertes calientes que pasan a través del carbón por destilar elevando su temperatura. Existen también varias construcciones (véase fig. 10) que se basan en este sistema. Sirven como gases inertes los que se obtienen en la combustión del gas formado en la destilación, eliminándose el sobrante de este gas. Este sistema tiene la gran ventaja de ser mucho más económico en cuanto se refiere al gasto de calor para la destilación.

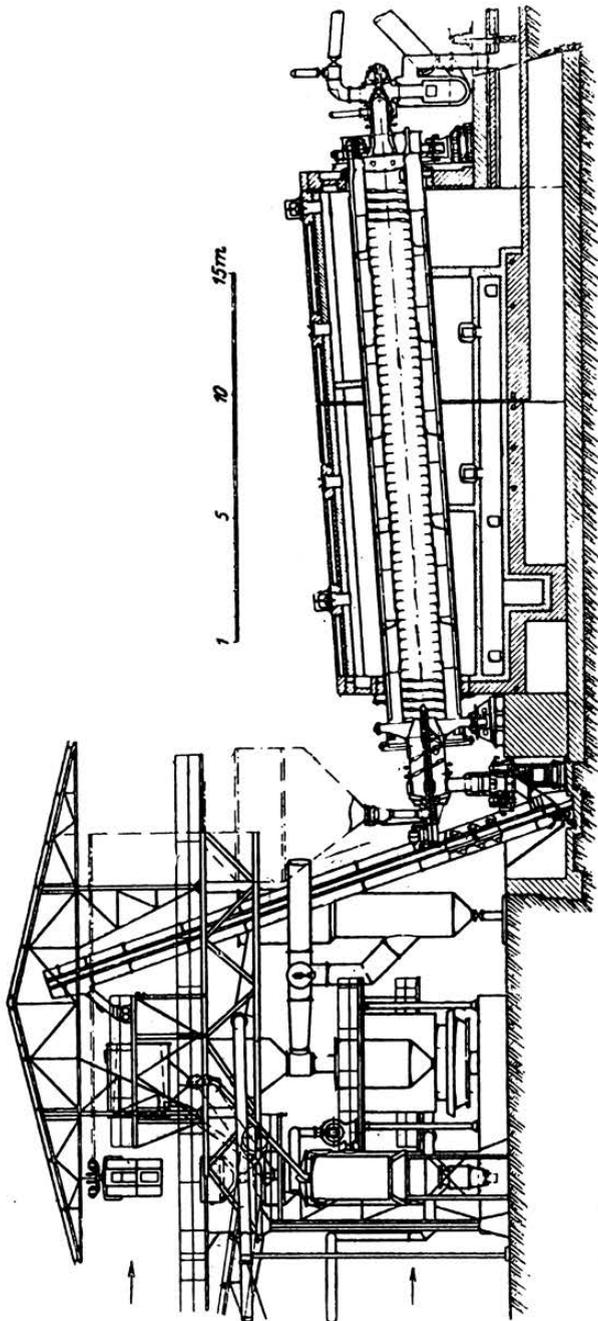


Fig. 8.

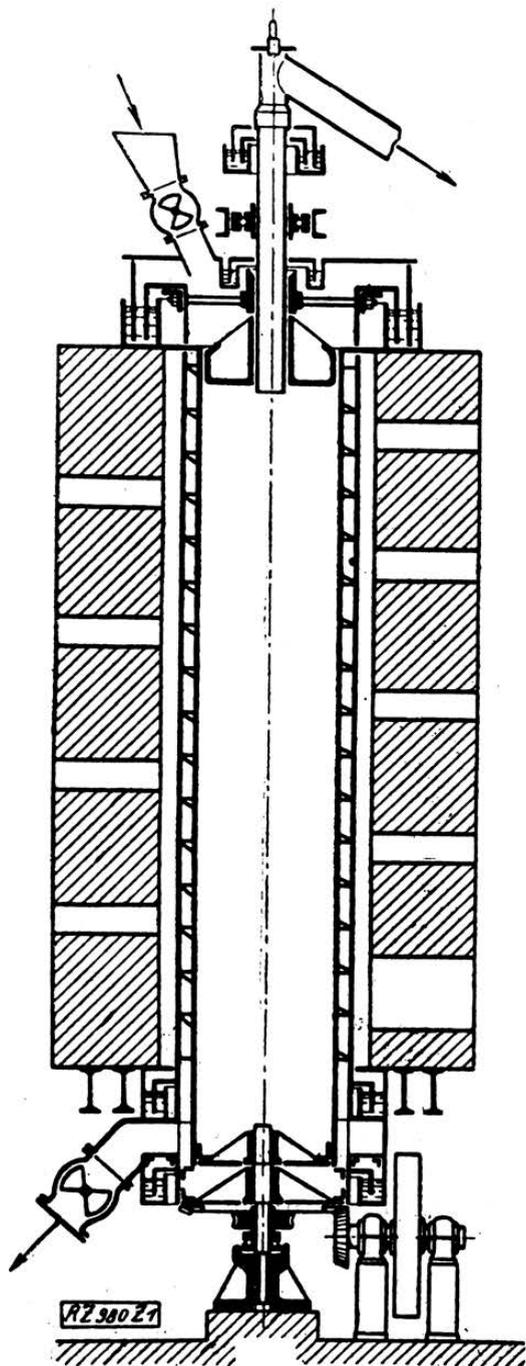


Fig. 9.

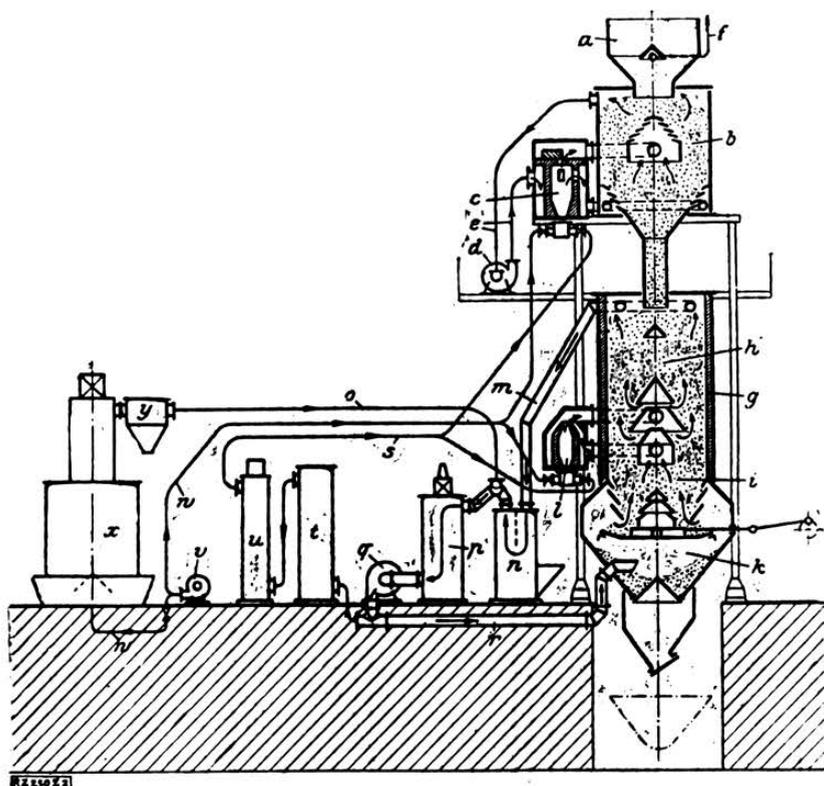


Fig. 10.

Otra ventaja es que las unidades que pueden construirse no necesitan ser tan grandes como las del segundo sistema mencionado, construyéndose hornos que sólo tratan unas 20 ton. al día. Cierta desventaja consistirá en la imposibilidad de obtener un gas de alto poder calorífico, debido a la dilución de los gases de destilación por el gas inerte que sirve para el calentamiento. Esta dilución igualmente dificultará la condensación de los hidrocarburos livianos que se encuentran en el gas, sin hacerla imposible.

Al lado de este procedimiento de destilar el carbón a baja temperatura se ha desarrollado otro procedimiento que también merece todo interés. Me refiero a los métodos que tienen por fin la transformación total del carbón sólido en un combustible líquido, lo que se obtiene sólo parcialmente en la destilación a baja temperatura. Si se compara la composición del combustible líquido más usado, el petróleo, con la de los combustibles sólidos, se nota una mayor lei en hidrógeno del primero. Parece, pues, posible liquidar las materias combustibles del carbón, haciéndolas reaccionar con hidrógeno, es decir, hidrogenizándolas. La hidrogenización de sustancias sólidas orgánicas ya se conoce desde mucho tiempo. Ha sido especialmente Sabatier quien ha mostrado los métodos para obtener este resultado. Pero la primera aplicación de tal proceso a los carbones se debe al químico Bergius i aunque mientras tanto muchos otros se han ocupado de tal cuestión, su método es hasta ahora el único que se ha empleado en gran escala i que parece introducirse con éxito en la práctica. Se basa este procedimiento en el tratamiento de una mezcla de carbón pulverizado i de aceite con hidrógeno a temperaturas de 400 a 480°C i presiones de 150 atmósferas. Según los últimos datos publicados se efectúa la liquefacción bajo estas condiciones en unos 15 minutos. Usando 5% de hidrógeno i un carbón de 4% de cenizas se obtuvieron de una tonelada de carbón 455 Klbs. de aceites, 210 klbs. de gas, 75 Klbs. de agua, 5 Klbs. de amoníaco i 350 Klbs. de residuo, lo que suministró al destilarlo otros 80 Klbs. de aceite, 240 Klbs. de coke i 25 Klbs. de gas. Los aceites dieron 150 Klbs. de bencina rectificada, 200

Klgs. de aceite para motores Diesel, 60 Klgs. de aceites lubricantes i el resto aceite para combustión. La reacción se efectúa en grandes recipientes de acero cerrados i se necesitan 3 litros de capacidad por kilogramo de carbón tratado por hora (es decir, a 1 ton. de carbón diaria corresponden 125 lts. de capacidad). No es necesario que el hidrógeno usado sea puro. Bastan los gases ricos en hidrógeno, como se obtienen en la destilación del carbón.

En resumen, este procedimiento es bastante difícil desde el punto de vista mecánico. Pero parece que estas dificultades se han podido vencer i se vé fácilmente su gran importancia económica, sólo tomando en cuenta el valor de los 150 Klgs. de bencina que suministra la tonelada de carbón. Según datos que he obtenido se ha constituido en España una sociedad en la cual el Gobierno está interesado, para la instalación de esta industria en gran escala. Es claro que también en este procedimiento las cualidades del carbón tendrán gran influencia. Desgraciadamente no se ha podido todavía hacer esperimentos con carbones chilenos según este método. Espero, sin embargo, poder efectuarlos luego i tener el agrado de informarlos sobre los resultados obtenidos.

---