
BOLETIN
DE LA
Sociedad Nacional de Minería

DIRECTORIO DE LA SOCIEDAD

Presidente
Cárlos Besa

Vice-Presidente
Cesáreo Aguirre

Director Honorario
ALBERTO HERRMANN

Aldunate Solar, Cárlos
Andrada, Telésforo
Avalos, Cárlos G.
Chiapponi, Márcos
Echeverría Blanco, Manuel

Elguin, Lorenzo	Mandiola, Telésforo
Gallardo González, Manuel	Martínez, Aristides
González, José Bruno	Pinto, Joaquín N.
Lecaros, José Luis	Pizarro, Abelardo
Lira, Alejandro	Schneider, Julio

Secretario
ORLANDO GHIGLIOTTO SALAS

Descubrimiento de la Hulla en Chile.—Mineral carbonífero de «Huimpil». — Lautaro. — Provincia de Cautín.—Chile. (1)

Señores:

Séame permitido, ante todo, rendir un justiciero homenaje a la memoria del eminente sabio, jeólogo de reputación universal, señor Alfonso Nogués, autor de los trabajos más completos sobre los yacimientos carboníferos de Chile. Fué su opinión que la hulla debía existir en el sur de Chile, pero que ésta habría de buscarse alejándose de la costa hacia la cordillera de los Andes. A mí me ha cabido la honra de comprobar la exactitud de una opinión tan autorizada. Nada más.

1) La pertenencia carbonífera de Huimpil, de 3.000 hectáreas de extensión, de los señores Bustos i C.^a, está situada a 6 leguas al poniente de la estación de Lautaro. El camino que conduce al mineral es excelente, plano en su mayor parte; solo al llegar a los cerros de Nielol, hai una subida que no impide sea carretero hasta las mismas minas, a donde han llegado también coches en la época en que éstas se trabajaban. Las labores i los reconocimientos están todos concentrados en la parte sur de la pertenencia, que ahí se ve encerrada hacia el norte i el este por los cerros eruptivos de Nielol; al oeste existe también un pequeño cordón de cerros, a cuyo pié se han practicado algunos reconocimientos carboníferos. Hacia el sur, precisamente en la dirección que llevan en esta parte los

(1) Conferencia dada por el profesor don Julio Schneider en la Sociedad Nacional de Minería el 6 de junio de 1905.

mantos carboníferos, se prolongan los lomajes suaves, o sea ondulaciones poco acentuadas del terreno, que caracterizan toda esta rejion i que causan, desde luego, una impresion favorable, con respecto a la importancia de los yacimientos. Esta formacion se estiende con una notable uniformidad, decreciendo lentamente en alturas hácia el oeste, en donde se pierde en el valle recorrido por el Cholchol, rio que distará unas tres i media leguas en esta direccion. Abarca, por consiguiente, una vasta estension de terreno, que se prolonga mucho mas allá de los límites de la pertenencia. Las aguas lluvias, a medida que va creciendo su poder de arrastre, descendiendo por las depresiones del terreno, han formado quebradas angostas, mas o ménos profundas, i se reunen para formar los esteros Llallahuen, Temarucom, Coyingüe, etc., que, siguiendo el declive jeneral del terreno,—primero hácia el norte, despues hácia el oeste,—van a aumentar el caudal del Cholchol. Las ondulaciones del terreno son tambien mas marcadas en la proximidad de la parte mas elevada de los cerros de Nielol e. d. al norte. Pero en ninguna parte de las recoridas me fué posible descubrir indicios de fallas o accidentes estratigráficos, orijen de dificultades en las explotaciones.

Diré ya en este lugar, que al recorrer el mineral me llamaron pronto la atencion una enorme cantidad de rodados que, con esclusion de toda otra roca rodada, son de cuarzo casi puro, i se encuentran desparramados en la tierra vegetal, sin entrar en la composicion misma de las capas superficiales que acompañan el carbon.

El tamaño mayor de estos rodados apénas alcanza el de un puño; si se encuentran, como es de suponer, principalmente reunidos en las quebradas con arena cuarzosa, tampoco faltan en las cumbres de las lomas.

Veremos mas tarde a qué importantísima conclusion debe arribarse de esta circunstancia.

2) *Relacion de los trabajos.*—Pasaré a relacionar entre sí, en cuanto sea posible, los diversos trabajos i sondajes ejecutados en la pertenencia, para lo cual he creido conveniente referirme al excelente plano levantado en 1900 por el señor Enrique A. P. Schumacher; no solo para mayor brevedad i mejor inteligencia, sino porque la casi totalidad de los trabajos están inundados i sus entradas derrumbadas i aterradas. No otra cosa podia esperarse de labores en cerro blando, abandonadas durante mas de cuatro años.

El interior de los laboreos debe haber quedado intacto, a juzgar por las enmaderaciones a la vista en los chiflones núm. 2 i núm. 3, i que nada dejan que desear.

Relacion entre los barrenos núm. 1, 4, 6 i el chiflon núm. 1.—El chiflon núm. 1 es la labor mas importante del mineral. Su entrada está totalmente derrumbada, pero segun los datos del plano i los que pude recojer, tiene 60 m. (los últimos 20 corridos con posterioridad al levantamiento del plano), i a los 21 m. un recorte de 31 m. hácia el sur, pasando la quebrada del Temarucom, sin que en todo el laboreo haya cambiado ni la calidad del carbon, ni la inclinacion, ni la potencia del manto.

Los barrenos núm. 1, núm. 4, la entrada del chiflon núm. 1 i el barreno

núm. 3, se encuentran sucesivamente en una línea ESE. ONO. las distancias son: desde el barreno núm. 1 al chiflon núm. 1: 144 m.; desde el chiflon hasta el barreno núm. 3: 935 m.; las alturas: barreno núm. 1: 275 m.; chiflon: 245 m.;=245 barreno núm. 3: 300 m.

Siendo próximamente 14° la inclinacion al este que tienen los mantos en esta parte, resulta que el barreno núm. 1, que tomó ya dos mantos (a 30 i a 65,5 m.), debe cortar el manto del chiflon núm. 1 a 75 m., fué paralizado cuando le faltaban 10 m. para tomarlo. Los barrenos núm. 4 (situados en línea recta entre el barreno núm. 1 i el chiflon núm. 1) i el 6 (casi al nivel del 1 en la direccion de los mantos), están demas, puesto que en ningun caso pueden tomar otros mantos que los que cortará el núm. 1.

Relacion entre los barrenos núm. 1 i núm. 3.—El barreno núm. 3 está, como queda dicho, a 935 m. ONO de la entrada del chiflon núm. 1. Estando 55 m. mas alto que ésta i dada la inclinacion mencionada, el primer manto tomado por el barreno núm. 3 será tomado a 290 m. i el segundo a 313 m., en el barreno núm. 1.

Relacion entre el barreno núm. 3 i el chiflon núm. 3.—La entrada del chiflon núm. 3 está a 1.680 m. del barreno, en direccion N 15° O—S 15° E.

Encontrándose el barreno núm. 3 a 300 m. i la entrada del chiflon a 185 m. de altura, hai que añadir a la diferencia de 115 m. otros 80 m., producidos en la distancia de 1.680 m. por la inclinacion este, lo que da 195 m. para la hondura a que será tomado el manto del chiflon núm. 3 por el barreno núm. 3.

En resúmen, tenemos en el barreno núm. 1 los siguientes mantos de carbon:

A 30,5 m. el primer manto, su potencia.....	1,20 m.
A 56,5 » el segundo » » »	0,70 »
A 75 » el manto del chiflon núm. 1, potencia.....	2,20 »
A 290 » el primer manto del barreno núm. 3, potencia	1,20 »
A 313 » el segundo » » » » 3, »	90 »
A 480 » el manto del chiflon núm. 3, potencia.....	1,80 »

Potencia total..... 8,00 m.

Debe advertirse que las últimas tres honduras dadas a conocer no están libres de objecion, puesto que resultan del cálculo fundado en la ninguna variacion en la inclinacion de los mantos. Si esto puede admitirse sin temor para la proximidad del chiflon núm. 1, en cambio las ondulaciones que se acentúan hácia el barreno núm. 3, tendrán por resultado aproximar las capas a la superficie en el barreno núm. 1, en unos 150 a 200 m., a mi juicio, lo que seria, por cierto, favorable.

Es de suponer tambien que no son éstos los únicos mantos que, al profundizarlo, cortaria el barreno núm. 1, dada la gran cantidad de afloramientos existentes.

Por ejemplo: figura en el plano el despinte E, cuyo manto debe pasar a

180 m. próximamente por el barreno. Algunos afloramientos no están indicados en el plano, otros quedan por descubrirse.

Así, al inspeccionar el chiflon núm. 3, oí decir a la persona que nos servía de guía, que con motivo de la colocación de un motor, se habían encontrado trozos de carbón en una excavación hecha para la provisión de agua.

Por la dirección i distancias señaladas, sospeché que se trataba del afloramiento del manto del chiflon núm. 3 en ese punto.

Se convino poner dos operarios de la vecindad a escavar en esa parte; i al visitar, al día siguiente, el trabajo, la excavación había dado ya con un manto de carbón de excelente calidad i de regular potencia; pues a pesar de los $1\frac{1}{2}$ m. corridos a pique, no se llegó a su piso. Ese manto resulta no ser el del chiflon núm. 3, por cuanto el afloramiento dista 600 m. al oeste, lo que hace pasar el manto del chiflon con su inclinación este a unos 150 m. sobre el punto del descubrimiento, que yo creí se encontraba a una altura mayor.

3) Si he podido establecer una relación entre los principales trabajos de esta parte de la pertenencia, el problema resulta muy complejo en el resto recorrido. Aun en el caso de haber podido disponer del tiempo necesario, creo muy aventurado pretender establecer relaciones entre los innumerables afloramientos dispuestos en todas direcciones, aterrados o cubiertos de vegetación la mayor parte de ellos, i notándose hacia la parte norte cambios de dirección o de inclinación en las capas, lo que resalta ya al comparar los chiflones núms. 2 i 3. Estos se encuentran separados por una distancia de 1.760 m. en dirección E-O. A pesar de estar el chiflon núm. 3 al oeste a 180 m. de altura. i el núm. 2 a 201 m. en el sentido de la inclinación, se encuentra en el plano la siguiente nota: «chiflon núm. 2, tiene 10,50 m. casi a nivel. La inclinación del manto de carbón es igual a las anteriores, i también miente hacia el oriente. Es el mismo manto del chiflon núm. 3». No dudo de la exactitud de esta afirmación, pero para que se pueda verificar la identidad de los mantos, no hai más que dos casos posibles: o bien existe una falla entre los dos chiflones, o bien ha habido un cambio de dirección e inclinación. Para lo primero no tengo pruebas, pero las encontré para lo segundo. A unos 150 m. del afloramiento M., i como a 160 m. de altura aflora en la quebrada del Temarucó, en un trecho de unos 15 m. una arenisca, cuyo rumbo e inclinación me fué posible determinar aproximadamente.

Su dirección es al rededor de N. NO-S SE, i su inclinación unos 12° O SO-E NE. No muy lejos de este punto i a unos 180 m. de altura atraviesa la quebrada del Llallahuén, sin experimentar desviación, un manto de carbón con los esquistos que forman su cielo i piso. Hasta donde el agua del estero i la espesa vegetación me lo permitieron, me cercioré de que su inclinación i dirección concuerdan con las de la arenisca: los estratos llevan pues aquí rumbo parecido, pero inclinación contraria a la antes mencionada.

El citado afloramiento de la arenisca es del más alto interés, pues ésta pasa en partes a pudinga, cuyos rodados cementados son exclusivamente de cuarzo; i son absolutamente idénticos a los que a niveles superiores encontré desparramados por todas partes en la tierra vegetal. Por consiguiente, en algún tiempo

anterior a la época en que las capas fueron arqueadas i solevantadas, esa arenisca con sus capas acompañantes ha aflorado en alguna parte, i sufrió con ellas la acción destructora del agua. Por ahora, será ésta la única conclusión a que arribaremos a este respecto; a su tiempo veremos que no es ésta la más importante.

4) *Formación geológica.*—El estudio del mineral de Huimpil me conduce a un resultado cuya importancia no puede ser mayor: es la formación hullera la que ahí existe. Es esta la primera vez que se señala la existencia en Chile de la formación hullera,—tan anhelada, ántes solo oscuramente entrevista, sin que en esta materia se haya logrado salir del campo de las suposiciones para entrar en el de las pruebas.—Antes de dar éstas, creo conveniente tratar de algunas generalidades de la formación hullera, para aplicarlas en seguida al yacimiento de Huimpil.

En el sistema hullero, llamado también *permo-carbónico*, se distinguen dos facies completamente distintas de sedimentación: una *marina* (formación de la caliza carbónica)—sus rocas predominantes son calizas homojéneas, que pasan a Dolomitas, sus fósiles (encrinus, corales, foraminíferas, etc.) pertenecen todos a habitantes del mar.—La otra *terrestre*. De ésta hai que distinguir dos categorías:

a) La formación litoral, que ocupa estensas rejiones, como en Europa la gran zona hullera que abarca Inglaterra, el Norte de Francia, Bélgica, Westfalia i gran parte de la Rusia. A consecuencia de los grandes solevantamientos operados en la época hullera, pudo la formación marina también salir sobre el nivel del mar, cubrirse a su vez de vegetación i dar origen a la hulla. Por esta razón suele encontrarse la formación marina debajo de la litoral en estratificación concordante.

b) La formación en valles u hoyas continentales encerradas por las rocas eruptivas antiguas. A esta categoría pertenecen las cuencas aisladas del centro de Francia.

Las formaciones de una i otra categoría constan de rocas detríticas como pudingas, areniscas, esquitos, arcilla esquitosa, con intercalación de hulla, carbonato ferroso arcilloso, a veces carbonoso. El carbonato de calcio falta casi en absoluto, en cambio predomina la sílice, i produce la silificación de hojas, frutos, tallos, troncos de plantas hulleras; efecto de las fuentes termales que han acompañado la erupción de las rocas eruptivas de la época. Hai, sin embargo, una diferencia notable entre las pudingas que se encuentran en la formación de cuencas aisladas i las de la formación litoral. En la última, el diámetro de sus rodados, cementados raras veces, sobrepasa de diez centímetros, i constan éstos casi exclusivamente de cuarzo, pueden provenir de muy lejos i nó de las rocas vecinas. Las pudingas de la formación en valles aislados adquieren al contrario, a veces, enormes dimensiones, son de variada composición i provienen de las rocas vecinas que encierran las cuencas.

La hulla misma forma capas intercaladas indistintamente en las de la arcilla esquitosa o de la arenisca hullera; en este caso generalmente separado de ella por capas delgadas de arcilla. Capas de hulla de potencia regular son jene-

ralmente continuas i se encuentran en gran número; capas mui potentes son limitadas en estension i en corto número. En las pudingas suelen las capas de hulla no ser explotables por lo delgadas; pudingas de rodados grandes forman jeneralmente la base de la formacion terrestre.

En cuanto a los *fósiles* vejetales del permo-carbónico, casi nunca se encuentran completos: se trata de fragmentos de troncos, de ramas, hojas, tallos, raras veces frutos separados del resto de la planta. Los tejidos han dejado impresiones de su estructura exterior, otras veces se conserva solo la estructura interior; en las hojas, solo en parte se ve la red de sus nervios, etc. Su estudio presenta, pues, dificultades; mui a menudo se presenta la tarea de completar los vacíos que se notan en un hallazgo con las luces que arroja otro.

Como la vejetacion se ha renovado incesantemente, muchas plantas, como las Sijilarias, los Lepidodendron, los Neurópteris de la parte inferior son en la superior reemplazadas por Cordaïtes, Odontopteris, etc. Ultimamente Potonié ha reunido en seis distintas floras la vejetacion hullera. Espuestas brevemente, conviene tener presente estas jeneralidades en el exámen de la formacion de Huimpil, que se hará en el siguiente órden:

- 1.º El carbon.
- 2.º Las rocas.
- 3.º Los fósiles.

5) *El carbon de Huimpil* debe clasificarse mineralójicamente como hulla seca antracitosa i como antracita: como se sabe, la diferencia de estos dos carbonos no es en manera alguna esencial. Las ménos veces su color es negro, algo agrisado i su lustre resplandeciente tira a semi-metálico, su dureza 3 i su densidad próxima a 1,5 (antracita). Mas comunmente el color es negro de terciopelo, el lustre mui vivo es graso, la dureza $2\frac{1}{2}$ i la densidad bordeando 1,3 (hulla antracitosa). Siempre de raspadura negra, quebradizo, su estructura a veces hojosa tabular simple o con separacion paralelipipédica, interponiéndose carbon pulverulento o lo que llaman «bronce» (véase mas tarde) entre las hojas; otras veces compacta. La fractura concoidea, aun en las hojas. Mui notable es la uniformidad de caractéres con que se encuentra el carbon en las mas distintas partes de la pertenencia.

A los diversos análisis conocidos añadiré los practicados por mí, advirtiendo que han sido hechos sobre muestras, sin previa purificacion del carbon. Se analizaron tal como se entregaria al comercio, a las industrias.

	Núm. 1	Núm. 2	Núm. 3	Núm. 4
Humedad.....	1,5	2	2,7	1,5
Gas, betúmen.....	3,2	2,5	2,6	2,2
Carbon fijo.....	93,4	84,3	69,8	88,1
Ceniza.....	1,7	11,0	24,3	7,5
Azufre	0,3	0,3	0,5	0,5
	100,1	100,1	99,9	99,8
Poder calorífico.....	7620	6832	5580	7200 calorías

Es de importancia saber que la insignificante dosis de azufre se encuentra en su totalidad al estado de yeso, i que la ceniza *infusible* consta en su mayor parte de Sílice, con mui poco sulfato cálcico, alumina i sesquióxido férrico: dos grandes ventajas.

La muestra núm. 1 tiene un aspecto particular: es formada por la reunion de un sinnúmero de tallitos en posicion paralela, los mayores de apénas un centímetro de diámetro, interponiéndose entre ellos carbon pulverulento. Estos tallitos que deben ser mui largos se encuentran perpendiculares a la hojosidad, de manera que ésta los corta regularmente en trocitos. Muestras parecidas a ésta del antiguo continente, se consideran formadas por tallos de helechos hulleros.

Tanto esta muestra como la núm. 2 provienen del pozo labrado en el descubrimiento arriba mencionado. De la escavacion se desprendia un lijero olor betuminoso, i en el agua flotaba un indicio de petróleo. Esto es tanto mas raro cuanto la cantidad de betúmen del carbon es insignificante, i parece indicar la presencia de una capa de esquito betuminoso o de hulla grasa a poca profundidad.

La núm. 3. proviene del chiflon núm. 3 i contenia mucho «bronce». Lo que así se llama es tan pronto arcilla carbonosa, tan pronto arenisca negra, tan pronto una mezcla de las dos; su dureza es por consiguiente variable, es sin lustre i contiene, como término medio, 5 a 6 por ciento de carbon.

La muestra núm. 4 es del chiflon núm. 1.

Combustion del carbon.—En la combustion, el carbon de Huimpil se comporta como toda hulla seca o la antracita. Arde sin inflamarse con llama apénas perceptible, para apagarse tan pronto se saque de la corriente. Una muestra compacta de fractura concoidea mui grande, encontrada en la quebrada del Temarucom, cerca de la arenisca hullera, se redujo a trocitos chicos ya al principiar la combustion, lo que constituye un gravísimo inconveniente. La mayoría de las muestras de hojas gruesas i de division paralelipipédica nada sufrieron en su forma, de algunas saltaron trocitos en los bordes. En jeneral, el resultado de la combustion es satisfactorio, si se toma en cuenta que las muestras usadas han estado durante mas de cuatro años a la intemperie. Es de suponer que la mezcla del carbon con nuestras lignitas de inferior calidad dará buenos resultados en la combustion. Se puede esperar, que se aumentaria el efecto calorífico; que se disminuiria el humo, por cuanto, aumentándose para el betúmen la superficie de combustion, se haria ésta mas completa; que se disminuirian o evitarian los inconvenientes de la fusibilidad de la ceniza; que se atenuarian los efectos perjudiciales del azufre.

6) *Las rocas.*—Creyendo inoficioso alargar el informe con detalles petrográficos, me limitaré a lo siguiente:

En la composicion de las capas que acompañan en Huimpil al carbon se nota: 1.º una falta casi absoluta del carbonato de calcio; 2.º la preponderancia de la Sílice (al microscopio en su variedad cuarzo).

Los esquitos arcillosos son gris oscuros o negros, i presentan una esquitosidad mui perfecta, a la vista en la entrada de los chiflones núms. 2 i 3, donde

la intemperie los ha dividido en trocitos romboidales mui pequeños, blanqueándolos esteriormente. Contienen tanto cuarzo que su separacion de la arenisca se hace a veces difícil. Esta última es de grano mui fino, toscamente esquitosa, contiene poca mica blanca, la que se encuentra mui descompuesta. En el afloramiento ántes citado su grano es mui grueso i pasa, como se dijo, a pudinga. Su cuarzo es en la mayor parte blanco, en parte, al contrario, negro opaco, impregnado íntimamente de carbon. Le queda mui poca mica blanca, casi toda se ha descompuesto, dando lugar a manchas ocráceas. Se trata de esquitos i de arenisca hullera bien caracterizados, i la presencia en las pudingas de rodados de pequeñas dimensiones, formados únicamente de cuarzo constituye el fundamento para considerar la formacion de Huimpil como hullera *litoral*.

Inmenso es el horizonte que parece abrirse ante el porvenir industrial del pais, con la existencia de la roca que me ocupará en seguida. Al hacer el reconocimiento químico del esquito arcilloso, que se encuentra sobre el manto del carbon del chiflon núm. 3, encontré 4,3% de carbonato ferroso. Comprendiendo en el acto de lo que se trataba, ensayé una muestra de arenisca del chiflon núm. 1; ésta me dió 5%. Luego ensayé las muestras de los cielos de los chiflones 1 i 3 que tenia a mi disposicion. Las del cielo del carbon del núm. 1 me dieron: una 36,3% de carbonato ferroso i 1,2% de carbon; la otra 37,2 i 2,4% de carbon. Del esquito negro del chiflon núm. 3, la una dió 47% de carbonato ferroso i 3% de carbon; la otra 51% de carbonato ferroso i 2,5% de carbon. Nos encontramos aquí ante el complemento de la hulla: la esferosiderita arcillosa.

Si pudo suceder que anteriormente ni se haya sospechado de su presencia, se esplica esto porque carece de todo carácter distintivo que llame la atencion. En su aspecto no difiere de los esquitos o de la arenisca de granó fino; sus colores varian desde el gris puro al gris negruzco i al negro, i a veces es pardusca.

El color negro, la presencia del carbon, i la tosca esquitosidad de la esferosiderita del chiflon núm. 3, la hacen asemejarse al «blackband» hullero de Inglaterra, i que en el distrito de Ruhr, en Alemania, forma no ménos de 13 capas.

En cuanto a la potencia i al número de capas de esferosideritas existentes en Huimpil, nada podria precisar, tratándose de labores inhábiles i de muestras recojidas del desmonte. Además de formar el cielo del manto de carbon en los chiflones núm. 1 i núm. 3, parece desprenderse de los datos recojidos que tambien forma los pisos, i la capa de 40 centímetros que figura en el plano entre el manto de carbon del chiflon núm. 1.

7) *Los fósiles*.—Entre las formas de la flora hullera figuran las Lycopodiaceas *Calamites* cuyo tronco cilíndrico i hueco interiormente se encuentra acanalado longitudinalmente i con articulaciones casi equidistantes transversales. En estado de petrificacion, siempre se halla éste deformado, comprimido en forma tabular o prismática, i su interior, relleno por arena i arcilla endurecidas. Ahora bien, de la escavacion hecha en el descubrimiento del manto carbonífero, se estrajeron a mi vista trozos de carbon prismáticos, acanalados longitudinalmente i que

se parten con suma facilidad transversalmente cada 6 a 8 centímetros, a pesar de que su interior consta de «bronce» mui duro, que se trata mas bien de una capa delgada de carbon sobre el bronce. Igual cosa me llamó la atencion en trozos de carbon del desmonte del chiflon núm. 3. La confirmacion que se trata de *troncos petrificados de Calamites* la vine a encontrar en la muestra de esferosiderita, cuya lei en carbonato ferroso era 37,2%. Con admirable perfeccion se encuentran en ella ramas de Calamites, que presentan junto con las rayas longitudinales las articulaciones transversales (*Asterophyllites equisetiformis*). En la quebrada del Temarucom encontré impresiones fibrosas que no pude interpretar sino como partes de hojas de *Annularia stellata* (hojas de Calamites). Impresiones de *Odontopteris Schlotheimi* i de hojas de *Cordaites* existen en el esquito del chiflon núm. 1. En el esquito de uno de los afloramientos de carbon de la parte norte existen impresiones en gran cantidad de hojas fragmentarias del *Odontopteris*. La principal dificultad que se me presentó en el reconocimiento de estos fósiles, fué debida a que varias impresiones se encuentran sobrepuestas, i que la division esquitosa deja bruscamente truncadas las formas. Basta con estos hallazgos, pues existe perfecta concordancia entre ellos. Pertenecen exactamente a la flora VI de Potonié *característica del hullero superior*.

8) Llegándose a esta conclusion ¿cómo se esplica la existencia de hulla seca antracitosa i aun de antracita,—que se encuentran jeneralmente hácia la base de la formacion hullera,—en la parte superior de ésta, donde deberian esperarse hullas grasas?

La respuesta a esta pregunta se va a desprender de la siguiente esplicacion.

Por el proceso de la carbonificacion, la celulosa del tejido vegetal es transformada a traves de los tiempos jeológicos en carbon puro. Tapada la planta por los sedimentos, el acceso del oxígeno del aire requerido para su total oxidacion,—e. d. su transformacion en agua i ácido carbónico,—es mui limitado, i los elementos hidrójeno, oxígeno i carbono de la celulosa se combinan entre sí. Dada la composicion de ésta, son el oxígeno i el hidrójeno los eliminados en primera línea, lo que produce el constante enriquecimiento del residuo en carbon. Producto intermedio de este proceso es el betúmen. Si en las formaciones modernas existe la lignita, que todavía poco se aleja en su composicion de la celulosa, a medida que va en aumento la edad jeológica, tenemos sucesivamente: la hulla, haciéndose ésta siempre ménos betuminosa, la antracita, el grafitoide.

Pero el proceso de carbonificacion puede ser acelerado localmente, e. d. los carbones pueden ser *metamorfosados*:

1.º Por la formacion de fallas, fracturas.

2.º Por el destrozamiento de los campos carboníferos a consecuencia de la erosion; en ámbos casos el acceso del aire es facilitado, i por consiguiente fomentado el proceso de carbonificacion.

3.º Por el calor volcánico.

4.º Por presion orojeénica (Dinamometamorfismo).

Es un hecho comprobado en toda rejion carbonífera, que en la proximidad

de las fallas las capas de hulla grasa no producen sino hullas secas i antracita; que en su proximidad aun las lignitas mas betuminosas son transformadas en un carbon del aspecto i de la composicion de la hulla seca i de la antracita. Igual metamorfismo se opera en el contacto de masas volcánicas con las capas carboníferas, sufriendo ahí el carbon una transformacion natural en coke, a causa de la alta temperatura de la roca en fusion ígnea.

Los efectos de las fallas,—i con mayor razon—los del calor volcánico, están circunscritos a la inmediata proximidad de estas causas. No pueden por esta razon haber orijinado el metamorfismo de la hulla grasa en Huimpil, dada la uniformidad de los caractéres con que se encuentra su carbon en las partes mas distintas i a las mas diversas honduras.

Debe pues ser el resultado del Dinamometamorfismo o el de la erosion.

En las rejiones carboníferas se observa que los carbones, cuando sus capas se encuentran mas o ménos horizontales, son betuminosos (grasos), i se hacen mas i mas secos, a medida que las capas se encuentran mas arqueadas; i finalmente se transforman en Antracita en los puntos donde la arqueadura ha alcanzado su máximum (rejion antracítica de Pensilvania).

Desde los recientes famosos esperimentos de Spring, quien logró transformar mediante enormes presiones polvos metálicos, óxidos, etc. en trozos coherentes, i producir hasta combinaciones químicas cristalinas (v. g. la de una mezcla de azufre en trozos i limaduras gruesas de cobre) por presion, los jeólogos admiten tambieu como causa del metamorfismo la presion orijinada por la plegadura de las capas, *la presion oro-jénica*, i llaman *Dinamometamorfismo* a esta manifestacion metamórfica.

Lo espuesto es perfectamente aplicable al yacimiento de Huimpil: habria sido la presion oro-jénica producida por la arqueadura de las capas, la que transformó la hulla grasa en hulla seca i en antracita.

De donde se desprende lójicamente que habria de buscarse las hullas grasas donde ménos marcadas sean, o donde desaparezcan por completo las ondulaciones del terreno; se entiende, siempre que el jeólogo haya logrado probar que éstas son realmente debidas a las plegaduras de las capas.

Puede pensarse aun en otra esplicacion. Si no se puede hablar propiamente de un *destrozamiento* del campo carbonifero de Huimpil por la erosion, téngase presente lo que dije sub. 1, sobre la accion de las aguas; el resultado de su accion erosiva será una lenta degradacion del terreno i la consiguiente aproximacion de las capas a la superficie. Puesto así el carbon en comunicacion mas espedita con el oxígeno del aire, se acelera el proceso de carbonificacion recordado. El metamorfismo así operado solo alcanzará cierta hondura, pasada la cual se encontrarán las hullas grasas.

Terminaré el informe con algunas breves indicaciones que estimo conveniente tomar en consideracion al emprenderse trabajos en el mineral, cuya inmensa importancia se desprende de lo dicho.

Hácia la parte sur de la pertenencia se ha descubierto esquito betuminoso;

no alcancé a visitar la localidad, pero obtuve una muestra, que me dió la siguiente composición:

Betúmen.....	17,6 %
Agua.....	24, »
Ceniza.....	27,8 »
Carbon fijo.....	30,6 »

La ceniza tiene bastante sulfato cálcico, sílice, alumina i algo de sesquióxido férrico.

Esquito betuminoso en formación hullera no puede ser sino compañero de hulla grasa: hai que hacer aquí un reconocimiento.

En el afloramiento de la arenisca pudinga citado sub. 3 i sub. 6 conviene poner un barreno. Se pueden presentar estos tres casos:

1.º El barreno da con la roca eruptiva de Nielol; en este caso debe abandonarse todo trabajo en la parte norte;

2.º La pudinga puede ser la base de la formación terrestre, entónces el barreno dará con la formación marina, con sus vastas pilas de calizas casi puras. Seria esto muy importante, pues al establecerse la industria siderúrgica en Huimpil, se tendria aquí el fundente a la mano. Sacaria también provecho la agricultura en estas rejiones, cuyo suelo carece notoriamente de cal;

3.º El barreno dará con nuevos mantos de carbon situados a niveles mas bajos i pudiendo esperarse hullas grasas, por razones que no necesito recordar.

Puede pensarse desde luego en la explotación del chiflon núm. 1, siguiéndose con preferencia la dirección sur. Igualmente debe pensarse en la explotación del manto de carbon descubierto en mi viaje. Además de los buenos indicios dados a conocer sub. 5, el terreno ahí apenas presenta ondulaciones, i el manto está a mucho mayor hondura que los demas reconocidos.

JULIO SCHENEIDER,
Profesor de Mineralojía i de Jeolojía de
la Universidad.



Nº 100

Fundición de minerales de cobre en hornos de reverbero de grandes dimensiones

Aunque en la metalurjia moderna del cobre en Chile predomina la tendencia del todo justificada del empleo de los hornos de soplete con chaqueta de agua i de grandes dimensiones, con preferencia a los ántes jeneralmente usados hornos de reverbero, llamamos sin embargo la atención a un notable trabajo del señor Edward D. Peters, profesor de metalurjia en la Universidad «Haward» de Estados Unidos, traducido del alemán de las tres entregas de enero, febrero i

marzo de 1905 del II tomo de la obra: *Metalurgie*, de W. Borchers, Aachen i cuyo título es:

PRÁCTICA DE LA FUNDICION DE MINERALES DE COBRE EN HORNO DE REVERBERO
EN LOS ESTADOS UNIDOS DE NORTE AMÉRICA

Durante los últimos años he recibido un número considerable de preguntas por metalurjistas extranjeros, si los informes dados por revistas profesionales americanas sobre la capacidad productiva de los hornos de reverbero en la fundicion de minerales de cobre eran exajerados, o siendo verídicos, de qué modo seria posible conseguir la fundicion de tan considerablemente mayores cantidades de mineral, en comparacion con los resultados de la anterior práctica.

El objeto del tratado que sigue es la contestacion a ámbas preguntas.

En referencia a los informes publicados en varias partes, puedo asegurar que en ningun diario minero i metalúrgico americano he encontrado noticias sobre la capacidad productiva de nuestros hornos de reverbero, que no me hubiesen parecido aproximadamente verídicas.

La segunda pregunta, de qué modo se alcance i se mantenga este aumento de la capacidad productiva i cómo, al mismo tiempo, se pueden obtener escorias bastante pobres en metales valiosos, que puedan ser desechadas desde luego, mientras que los ejes salgan suficientemente enriquecidos para transformarlos en barras de cobre por el convertidor, exige una contestacion mucho mas minuciosa.

El aumento de la capacidad productiva de los hornos de reverbero obedece a dos diferentes causas:

- 1.º Al empleo de hornos de mayores dimensiones; i
- 2.º Al empeño de eliminar ciertas prácticas erróneas, que hasta hace poco se habian mantenido en la fundicion.

Este segundo punto es de mayor interes i lleno de saludables enseñanzas. Como su discusion exige mayor espacio, vale tambien tratarlo primero.

Antes que podamos entender con claridad las ventajas que han sido obtenidas en el empleo de los hornos de reverbero por ciertas modificaciones i innovaciones en la manera i modo de su construccion i manejo, será necesario que nos formemos una idea clara de lo que tratamos de conseguir, fundiendo minerales de conveniente composicion química en hornos de reverbero. Examinando los pormenores de las operaciones, como se suele ejecutarlas, podemos determinar con qué clase de impedimentos i atrasos tocamos; así estaremos en situacion de entender con mayor claridad, de qué manera estos impedimentos i atrasos han sido eliminados o sustancialmente reducidos por las modificaciones que luego pasaré a describir.

Creo que lo primero que se debe exigir al horno de reverbero es que produzca con la mayor rapidez posible el calor necesario para la fundicion.

Parece un abuso querer emplear este horno para otros fines que la fundicion.

La espulsion de azufre, arsénico o zinc, como resultado de la descomposicion mutua de sulfuros i sulfatos o de sulfuros i óxidos, que se encuentran en el lecho de fundicion, será jeneralmente provechosa sin causar atrasos; pero cualquiera injerencia para producir reacciones secundarias en perjuicio de la fundicion rápida, es casi siempre censurable. Una preparacion de los minerales en el mismo sentido para la fundicion, podrá efectuarse con mucho mayor provecho en otra clase mas barata de horno.

Adicionalmente sirve el horno de reverbero como medio de separacion del eje i de la escoria, como sucede tambien en los hornos de soplete, mediante el antecrisol o por el crisol interior del horno. Durante el largo i tranquilo período de la fundicion, tiene el eje suficiente ocasion de separarse de la escoria i colejirse sobre el fondo del plan.

Pero esta separacion, aunque en alto grado útil, no debe considerarse como objeto principal del horno de reverbero; éste constituye siempre *la produccion del calor mas alto en el tiempo mas corto*, para que la sílice i las bases de los minerales, que componen el lecho de fundicion, se unan rápidamente en una escoria líquida. Sobre la formacion del eje no hai que hablar, porque ésta procede tan luego que se llene la condicion de la formacion oportuna de una correcta i bien líquida escoria.

Si mantenemos la afirmacion que el horno de reverbero sea solamente un aparato para la produccion de calor i suponemos en seguida que nuestro lecho de fundicion debe ser espuesto a una temperatura de 1.400°C. (1) para liquidarse suficientemente, para permitir la completa separacion de eje i escoria, se nos presenta, desde luego, una de las deficiencias del horno de reverbero, que hasta hace poco ha limitado la cantidad fundida i causado principalmente el aumento del consumo del combustible.

Enuncio el hecho que en trabajo ántes acostumbrado de los hornos de reverbero se empleaba solamente, mas o ménos, una cuarta parte del tiempo para la verdadera fundicion de los minerales; las otras tres cuartas partes se usaban en los trabajos precedentes i subsiguientes a la fundicion, en bogar la escoria, en sangrar el eje, en remendar las paredes etc., del horno, en cargar nuevamente i en calentar otra vez el horno hasta la temperatura en que principia de nuevo la fusion.

Ejemplo: Un horno de moderadas dimensiones trabajado segun la costumbre hace pocos años usada en los Estados Unidos que tenga una capacidad de carga de 4.000 kg. i funda en 24 horas cuatro de estas cargas. Por consiguiente, demora cada carga seis horas i juzgando segun mi propia esperiencia en años pasados, se alcanza i se mantiene la temperatura requerida de 1.400°C solamente en la última hora i media de cada carga, cuando las primeras cuatro horas i media se consumen para elevar la temperatura hasta el grado necesario.

Siempre en la suposicion que no atribuimos valor alguno a las reacciones durante el período largo de la elevacion a la temperatura de fundicion, interesándonos solamente en los efectos producidos durante la última hora i media

(1) Suponemos esta temperatura solamente como ejemplo.

de verdadera fundicion, llegamos a la conclusion que 75 por ciento del combustible consumido i 75 por ciento de los sueldos de operarios pesan sobre los restantes 25 por ciento del tiempo en que se alcanzan los resultados útiles.

El círculo efectivo de las operaciones que se presentan durante la fundicion de una carga de 4.000 kg. en un horno de reverbero, es aproximadamente el siguiente: El horno fuertemente enfriado se remienda al rededor de las paredes del plan por una mezcla de arcilla i cuarzo; esta operacion significa pérdida de tiempo i aumento del enfriamiento. Despues se hace caer desde las tolvas, que se encuentran encima de la bóveda, la nueva carga sobre el plan; los operarios la estienden, quedando las puertas del todo abiertas; al fin se pica i se limpia de escorias el fogon.

Todos estos trabajos ocupan mucho tiempo i causan un enfriamiento del horno frecuentemente hasta el color rojo oscuro.

Ya se cierran las puertas del horno i se apura el fuego del fogon por tres hasta cuatro horas, tanto como sea posible; pero pasa largo rato hasta que se haya restablecido el horno de su fuerte enfriamiento. Otra vez deben abrirse las puertas para despegar por revoltura las masas a medias fundidas del plan. Fuerte fuego i revoltura de la carga se suceden para conseguir que los minerales tenazmente pegados al plan se levanten. Cada vez que se abre la puerta hai que moderar el fuego i cada vez se enfria el horno, exijiendo un largo rato de tiempo para volverlo a su anterior temperatura.

Al fin llega la operacion de bogar la escoria i de sangrar el eje, trabajos que absorben mucho tiempo i enfrian tanto el horno que pasa mucho tiempo hasta que en la siguiente carga se alcance la temperatura de fundicion.

Hai otro punto, no tan resaltante como los ya discutidos, pero mui importante para determinar la capacidad productiva de un horno: las proporciones de las dimensiones entre horno, fogon, canal conductor a la chimenea i chimenea, son tales, que únicamente bajo condiciones favorables i apurando continuamente el fuego del fogon se alcanza al fin la temperatura de 1.400°, que consideramos como indispensable para una fundicion satisfactoria. El horno se encuentra en cierto modo en el último límite de su poder; se le puede comparar con un operario que sin descanso debe empeñar toda su fuerza para cumplir su tarea diaria comun.

La consecuencia es, pues, que el menor impedimento, por ejemplo, tiempo desfavorable, minerales un poco mas resistentes a la fundicion, peor calidad del combustible, desidia de los operarios, puede prolongar la fundicion correcta de la carga por horas. Sin embargo, consume el horno durante este tiempo combustible i los operarios reciben sueldos sin prestar trabajo útil.

Esta descripcion no es un producto de la imaginacion; al contrario representa las condiciones, en que trabajaba muchas veces el horno que yo dirijia, i que he vuelto a encontrar en cualquier otro establecimiento de hornos de reverbero que podia estudiar bastante para imponerme de los detalles.

Aunque aceptamos que necesitamos efectivamente una temperatura de 1,400° para conseguir buena fundicion, parece, sin embargo, que nos hayamos acostumbrado a construir nuestros hornos de modo que despues del enfria-

miento por la bogadura de escoria, la sangría de los ejes, la remienda del horno, la estension de la carga i de la limpia del fogon sea fácil obtener una temperatura de 1.200 hasta 1.300°, pero solamente por el mas cuidadoso empeño i con gran consumo de tiempo, trabajo i combustible una temperatura de 1.400°C. la que es indispensable, que por consiguiente hemos concentrado una gran parte de los altos gastos i de los empeños de trabajo para conseguir este último salto de la temperatura de 100 hasta 200°.

Sin tomar en cuenta los aumentos considerables de las medidas i las varias mejoras en su construccion ha alcanzado el horno moderno de reverbero su aumentada capacidad productiva por dos medios independientes entre sí.

1.º Por una construccion del horno, incluyendo chimenea i canal a chimenea, que permite, cuando por ejemplo se requiere una temperatura de 1.400°C. para una buena fundicion, que se puede llegar a una temperatura de 1.600 hasta 1.700°C. fácil i rápidamente sin perjuicio para el horno.

2.º Por la limitacion mayor posible de todos los trabajos, que causan un enfriamiento del horno.

Los resultados de estas mejoras han sido de los mas sorprendentes, no solamente en relacion a la capacidad productiva de los hornos, sino tambien en relacion a la disminucion de los gastos en combustible, salarios, refaccion por tonelada de minerales fundidos i al fin en relacion a la pureza de las escorias.

1.ª PARTE.—MODO DE LA CONSTRUCCION DEL HORNO PARA PRODUCIR RÁPIDAMENTE UNA TEMPERATURA CERCANA A 1.700°C.

Para poder fundir rápida i económicamente se debe, segun mi opinion, determinar primero una superficie mínima del fogon, cuya disminucion se prohíbe. Es entendido que la superficie del fogon queda siempre dependiente de las calidades del combustible i de la fuerza del tiraje; pero no basta escojer las proporciones debidas entre las dimensiones del fogon, del canal i de la chimenea; éstas podrán ser correctamente determinadas i sin embargo el horno no ejecutará un trabajo igual, rápido i económico, si está construido en dimensiones demasiado chicas.

Un ejemplo instructivo nos da la fundicion de minerales en hornos de soplete.

El ingeniero metalúrgico, cuya esperiencia recuerda los dias de los hornos pequeños de soplete, confirmará cuán difícil i dispendiosa era la fundicion en estos hornos.

Estos hechos se aprecian debidamente por los fabricantes de instalaciones de fundicion.

Estas firmas rehusan del todo la construccion de hornos que a sabiendas darian resultados poco satisfactorios. La «Colorado Iron Works Company, de Denver» dice en la introduccion a su catálogo sobre hornos de soplete con chaqueta de agua, que un horno con una capacidad productiva diaria de 30 toneladas igual a 27 toneladas métricas, debe considerarse como de las dimensiones

mínimas admisibles, apto solamente para fundir minerales de calidad excepcional. Además dice que un crisol de mas o menos 1.000 por 3.000 milímetros corresponde al número mas pequeño que hoy se pide por los fundidores. Un horno de estas dimensiones elaboraría mas o menos 180 toneladas métricas al día.

Una de las principales razones porque un horno grande de soplete puede trabajar con mayor facilidad i provecho que uno chico, consiste en que una masa grande de material caliente es menos perjudicada por irregularidades de las operaciones que una masa mas pequeña del mismo material. Este hecho vale en igual proporción tambien para un horno de reverbero.

Casi es imposible determinar un tamaño mínimo del fogón para todos los casos; pero abrigo fuertes dudas, si la mejor, mas rápida i mas económica combustión del carbon se pueda conseguir con un fogón que tenga menos superficie de $2\frac{1}{2}$ metros cuadrados. Un fogón mas pequeño sufre demasiado por las numerosas irregularidades que suelen ocurrir en el trabajo del horno.

Los medios mas importantes empleados para producción rápida de altos grados de calor consisten en construir el horno i su chimenea de tal manera que quede asegurada una combustión mucho mas rápida que anteriormente. Los antiguos hornos de reverbero se construían siempre bajo el concepto de la mayor economía del combustible; los nuevos hornos, al contrario, contemplan solo una combustión tan rápida como sea posible del carbon.

Un cierto número de calorías debe ser producido para conseguir una determinada temperatura i bajo igualdad de las otras condiciones se alcanza esta temperatura tanto mas rápidamente cuanto mas kilogramos de carbon entran en combustión en un tiempo dado.

El pensamiento fundamental del director de una fundición moderna debe dirigirse a la construcción de un fogón que pueda quemar la necesaria cantidad de carbon en la unidad de tiempo requerida. Si esta condición fundamental no se consigue, será imposible que el horno llegue a la capacidad productiva deseada.

Si hai la intención de fundir x kilogramos de mineral por minuto i se ha aprendido por cálculos teóricos i por esperiencias prácticas que para esto se requiere un millón de calorías, sería inútil construir el horno con sus partes para que una fundición de x kilogramos de mineral por minuto, sin dar al fogón i a la chimenea las dimensiones que los habilitarian a dar el millón de calorías por minuto.

Solo despues de haber asegurado la necesaria velocidad de la combustión del carbon será el próximo cuidado del constructor, de qué modo pueda ser empleado el calor producido con buen efecto i con economía.

Los medios de quemar el carbon con la rapidez requerida para los hornos modernos de reverbero son estremadamente sencillas i a la mano. Los tres mas importantes puntos que se deben estudiar son los siguientes:

- a) Superficie del fogón;
- b) El tiraje; i
- c) Modo de alimentación del fogón i limpieza del mismo.

a) *Superficie del fogón.*—Dentro de ciertos límites no importa mucho el ta-

maño de el; pero debe ser suficientemente grande. Si es demasiado grande, se podrá refrenar fácilmente su accion o se disminuye el tiraje o se cubre el fogn parcialmente con ceniza i escoria para estrechar la superficie activa.

Al primer remedio se recurrirá con precaucion; porque en los largos hornos hoi en uso es indispensable una cierta velocidad de los gases de combustion tanto para mantener igualdad del fuego cuanto para la combustion completa. Esperiencias que todos que se den el trabajo de estudiar los resultados pueden recojer, han determinado las mas adecuadas dimensiones de la superficie del fogn para la combustion de una cantidad dada de carbon de calidad apta.

Para los siguientes ejemplos de hornos americanos que trabajan con éxito, mencionaré que el fondo del fogn se compone de barras sueltas de hierro dulce con intersticios de 36 milímetros, cuyo espesor es de 32 por 32 hasta de 50 por 50 milímetros.

Es de sentir que la composicion química de los minerales i de los combustibles, lo mismo que las leyes de los ejes obtenidos sean diversas para los hornos descritos en el cuadro mas abajo; pero nos debemos contentar con el material disponible, porque no me permite el espacio de este tratado que reduzca los datos a una base mas uniforme entrando en detalles sobre los minerales, combustibles i las diversas condiciones de los hornos.

En jeneral, se puede afirmar que los tres hornos de reverbero Argo, i a que se refiere el cuadro funden un lecho de la siguiente composicion:

Si O ₂	33,9 %	Mg CO ₃	5,8 %
Fe.....	10,8 »	Zn O.....	6,1 »
Ba SO ₄	15,5 »	Cu.....	2,0 »
Al ₂ O ₃	5,6 »	S.....	5,1 »
Ca CO ₃	8,5 »	O.....	6,4
		Suma	99,7 %

El eje obtenido demuestra el promedio de una lei en cobre de 40 %, ademas valiosas leyes de oro i plata. Casi la mitad de las cargas es mineral calcinado caliente, que procede directamente de los hornos de calcinacion.

El carbon usado en Argo tiene la composicion siguiente:

Agua (pérdida secándolo a 100°C).....	1,40 %
Carbono fijo.....	54,90 »
Id. volátil.....	32,90 »
Ceniza.....	10,80 »

Los hornos de Montana, a que pertenecen los dos hornos mencionados al último en el cuadro, funden por la mayor parte concentrados piritosos calcinados, humos de los canales de condensacion de los hornos de calcinacion i de soplete, minerales crudos cuarzosos con una lei de 8 i mas por ciento en cobre en promedio del lecho de fundicion. Se produce una escoria ferrujinosa con cerca de 42 % Si O₂ i un eje con lei de 45 hasta 48 % en cobre. La escoria es

bastante limpia para ser desechada; el carbon consiste de 50 % carbono fijo, 33 % materia volátil i 10 % de ceniza, es de larga llama, pero no se aglomera.

Una gran parte del lecho de fundicion es formada de concentrados calcinados calientes, provenientes directamente de los hornos de calcinacion. Combustible, salarios i todos los otros materiales tienen mui altos precios; por consiguiente se debe hacer todo esfuerzo posible para sacar de los hornos el máximun de su capacidad productiva i para economizar en los salarios de los operarios.

Teniendo en vista nuestro objeto principal de quemar el carbon con la mayor rapidez posible encontramos que la enseñanza mas importante, que podemos sacar del cuadro precedente, es que el peso del carbon quemado en un cierto tiempo crece a la inversa proporcionalmente a la relacion de las superficie entre chimenea i fogon; lo mismo puede espresarse con otras palabras: tanto mayor sea la superficie del interior de la chimenea en relacion a la del fogon, tanto mayor la rapidez de la combustion del carbon. El cuadro que sigue lo demuestra con claridad:

Proporcion entre superficie interior de chimenea i superficie del fogon	Kilógramos de carbon quemados por minuto sobre el metro cuadrado del fogon
1 : 3,17	2,38
1 : 2,75	2,47
1 : 2,03	2,83
1 : 1,83	4,438

Vemos, pues, que, cuando la superficie del fogon es 3,17 veces mayor que la superficie interior de la chimenea, se ha quemado solamente 2,38 kilógramos de carbon por minuto i hallamos que agrandando la superficie interior de la chimenea hasta cerca de la mitad de la superficie del fogon, se aumenta el consumo del carbon por minuto a 4,438 kilógramos.

Este resultado podia esperarse bajo condiciones, aproximadamente iguales pero de ningun modo prueba que sea ventajoso i económico quemar el carbon con la rapidez mayor posible. Volveré a tocar mas tarde este asunto. Primero quisiera yo constatar el hecho, que los hornos mas antiguos de reverbero fueron jeneralmente construidos con chimeneas que en proporcion a la superficie del fogon eran demasiado estrechas, para permitir una combustion bastante rápida de la cantidad de carbon en el fogon.

Un juicio certero sobre el mismo asunto no se puede formar cuando los hornos remiten sus gases de combustion a un canal comun. Pero en ningun caso existe la menor dificultad para constatar, si un horno esté dotado con bastante fuerte tiraje para quemar el carbon con la suficiente velocidad i puedo aquí espresamente declarar, que raras veces he observado, que un horno, trabajando a un canal comun a varios otros hornos, haya tenido la referida fuerza de tiraje para una fundicion rápida i puedo ademas agregar, que en la mayoría de los casos, cuando fui consultado sobre medidas para mejorar la capacidad productiva de hornos de reverbero, he tropezado con este defecto fundamental de construccion.

ALGUNAS DIMENSIONES I DATOS SOBRE HORNOS DE REVERBERO

HORNOS	Largo del fogón	Ancho del fogón	Superficie del fogón	Carbon quemado en 24 horas	Carbon quemado por minuto sobre m. c. del fogón	Superficie de chimenea obtenida dividiendo superficie fogón por los divisores de abajo.	Superficie interior de chimenea (a)	Largo del lado del cuadrado interior de la chimenea (b)	Largo del lado interior de la chimenea en pulgadas inglesas (c).	Minerales fundidos en 24 horas	Proporción de combustible mineral fundido
	Metros	Metros	m. c.	Kilos	Kilos		m. c.	Metros		Kilos	
Argo, Colorado 1887.....	1,68	1,37	2,30	8.180	2,47	1 : 2,75	0,836	0,915	36,60	31.800	1 : 2,67
» 1891.....	1,83	1,45	2,65	9.072	2,38	1 : 3,17	0,836	0,915	36,60	25.400	1 : 2,80
» 1894.....	1,98	1,52	3,00	12.246	2,83	1 : 2,03	1,477	1,210	48,40	45.300	1 : 3,70
Montana 1903.....	3,05	1,67 ^e	5,11	32.660	4,438	1 : 1,83	2,792	1,650	66,00	101.250	1 : 3,10
Ultimo horno Anaconda 1904	4,88	2,13	10,40	52.615	3,513	1 : *	*	250.000	1 : 4,75

(*) Los gases de combustión i humos son conducidos a un sistema de canales que comunica con una chimenea central muy alta. Dos calderas tubulares, que son calentadas por estos gases, dan una fuerza de 600 caballos. Por lavado concentrante de las cenizas en cribas se gana al día mas o menos 6.000 kilogramos de carbon i coke chico, que se emplean para hacer briquettes mezclándolos con el humo de los hornos de fundición i minerales en polvo.

(a, b, c) Los cálculos de estas tres particiones han sido añadidos para la comodidad de los lectores.

Otro punto en el cuadro, que merece atencion, es la proporcion entre el peso del carbon consumido i el del mineral fundido. Tambien esta proporcion crece en lo jeneral con el aumento de la superficie interior de la chimenea, i por consiguiente con el aumento del peso del carbon consumido por metro cuadrado del fogon. Este aumento sin embargo no es del todo regular, porque depende demasiado de otros factores, i de los cuales el mas importante es el aprovechamiento mayor del carbon. Este otra vez depende de un gran número de influencias, como por ejemplo de la fuerza del tiraje, de la forma i de la superficie del plan del horno i especialmente del cuidado con que se evita el enfriamiento del horno en el círculo comun de los trabajos.

Como regla jeneral, puede adoptarse que la fundicion en los hornos de reverbero americanos se ejecuta con la mayor rapidez i economía, cuando la cantidad mínima de carbon consumido por minuto i por metro cuadrado del fogon llega a lo menos a $3\frac{1}{2}$ kilogramos.

b) *Tiraje*.—Esta condicion está en íntima relacion con los ya discutidos puntos i requiere solamente un corto estudio.

Todo metalurjista que se ha encontrado en la obligacion de fundir minerales, segun un contrato, cuya utilidad depende del número de toneladas de minerales que puede tratar en 24 horas, suscribirá sin demora la opinion que la condicion mas esencial para el trabajo en hornos de reverbero consiste en el tiraje. Si esta opinion llegase a ser adoptada por todos, seria necesario derribar casi todos los antiguos hornos de reverbero que aun trabajan i hasta un gran número de los hornos nuevos para reconstruirlos. El horno de reverbero, en uso jeneral, tiene solamente el bastante tiraje para cumplir su tarea en el tiempo acostumbrado, en la suposicion que todos los otros factores sean favorables i que cada uno de los operarios cumpla su deber segun su mejor entender. Cual quier desidia o cualquier circunstancia desfavorable provocan sérias demoras en la produccion de los últimos 200 hasta 300° de calor, que es objeto final de todo el trabajo precedente i muchos hornos siguen trabajando de año a año de esta manera dispendiosa i nada satisfactoria.

Si un horno es tan defectuoso que no pueda a lo ménos aproximadamente corresponder a las exigencias modernas, será bajo circunstancias comunes mas provechoso para su propietario derribarlo i reconstruirlo conforme a las mejores modernas dimensiones. Una campaña corta del nuevo horno pagará el costo de la reconstruccion.

El medio mas seguro i mas fácil en la determinacion del tiraje de un horno es emplear un manómetro de agua aplicado o a la chimenea o al canal que conduce a la chimenea.

Donde un horno depende de *tiraje natural*, creo que la opinion unánime de los ingenieros metalúrgicos mejores de este pais afirma que aunque se puede fundir bastante bien i rápidamente con un tiraje de chimenea correspondiente a una depresion de agua no menor de 18 milímetros, sin embargo, el trabajo mas lijero i mas económico pide una depresion de 36 milímetros. Para los mui largos planos de los hornos que entran ahora en uso es mui probable que aun un tiraje mas fuerte se será mas provechoso. Muchos hornos, es verdad,

funden 90 i mas toneladas en 24 horas con menor tiraje, pero malgastan así calor, lo que demuestran por sí solas las cantidades de carbon consumidas en estos hornos comparadas con los minerales fundidos. Para producir el tiraje necesario para la fundicion en hornos de reverbero hai dos medios:

1. Produccion de tiraje natural.
2. Empleo de tiraje artificial.

1. *Tiraje natural*.—Para no dar demasiada estension a este trabajo, desisto de la discusion de los detalles i me limito a citar el hecho, que la mayoría de los fundidores americanos prefieren el tiraje natural. Esto exige, ciertamente, una chimenea alta, ancha i costosa i ademas canales de conexion subterráneas dispendiosas, pero que siempre importan ménos que la construccion para cada horno de una chimenea alta i eficaz. Algunos de los establecimientos mas antiguos, sin embargo, no permiten sino con mui considerables gastos la construccion de una chimenea central del deseado efecto. En conversacion con los directores de establecimientos grandes modernos no he encontrado a ninguno que no hubiera dado una preferencia decidida al tiraje natural i mi propia experiencia confirma el mismo parecer.

2. *Tiraje artificial*.—En este empleo un ventilador u otro aparato idóneo introduce el viento comprimido en el espacio del todo cerrado debajo del fogon. Sin considerar el costo de la maquinaria necesaria i de la fuerza empleada, causa este método perjuicios serios, porque entran interrupciones demorosas durante la limpia del fogon; se agrega, ademas, el defecto que el efecto local aumentado del viento comprimido se traduce en escorificacion mui sólida de las cenizas del carbon, que con dificultad grande se puedan quebrar i estraer. En el establecimiento de la Compañía «Utah Consolidated, Salt City» se obtienen resultados buenos, porque se introduce el carbon al hogar en estado pulverizado.

Un horno de reverbero puede únicamente trabajar barato con gran capacidad productiva; debe fundir al dia un gran número de toneladas para rebajar el costo de la fundicion de cada tonelada tanto como sea posible.

El horno de reverbero no alcanzará una gran capacidad productiva sin quemar el carbon con gran rapidez; no puede nunca quemar el carbon con gran rapidez sin poseer un tiraje fuerte.

Todo esto constituye condiciones fundamentales i sencillas. En la suposicion que se hayan llenado estas condiciones, queda para conseguir el aprovechamiento de la gran cantidad de calor producido hasta los límites posibles; este aprovechamiento se puede obtener dando al plan del horno la mayor superficie, con la cual se podrá mantener en todo el espacio del plan, la temperatura deseada.

El ancho del plan está sin embargo limitado por el largo de los útiles, que aun permite un manejo relativamente fácil. Actualmente se cree que 6 metros sea su límite. Para aumentar la superficie del horno es, pues, necesaria una prolongacion del plan. La experiencia enseña que el límite admisible del largo del plan se alcanza, cuando en el punto mas lejano desde el hogar se reduce la temperatura tanto, que ya no basta para mantener en este punto una perfecta fusion de la escoria. La exacta situacion de este punto aun no está determinada.

Durante una serie de años se ha considerado en los grandes hornos de reverbero en Montana i Colorado el largo de 16 metros del plan como conveniente; en estos hornos se fundió con un kilogramo de carbon 2,7 hasta 3,7 kilogramos de mineral.

Pero como se advirtió, que el calor no se aprovechaba suficientemente, aumentó E. P. Mathewson, director de la Fundicion de Anaconda, ayudado por W. M. Kelly el largo de los planos primero a 18,3, despues a 24,5. metros i el último horno grande de Anaconda, cuyas dimensiones estan detalladas en el primer cuadro, posee un largo efectivo del plan de 31 metros. Los gases aun tienen demasiado calor, así es que Mathewson está por construir un nuevo horno con un largo del plan de 34 metros, i no lo hace mas largo, porque causaria demasiado grandes modificaciones en todos los edificios del establecimiento. El horno con largo del plan de 31 metros funde con 1 kilogramo de carbon 4,75 kilogramos de mineral i alcanzará probablemente la proporcion de 1 a 5.

c) *Alimentacion i limpia del fogon.*—Casi todos los resultados, que constituyen los fundamentos de nuestras observaciones, se relacionan con el consumo de un carbon medio graso de llama larga con un contenido de 10% de ceniza i de poca tendencia a aglomerarse. No dudo en manera alguna, que con el uso de un carbon mas graso i aglomerante se podrian obtener los mismos resultados; pero probablemente exigiria mayor hondura del fogon, alimentacion mas cuidadosa i mayores frecuencias de la misma i algunas modificaciones en la manera de la introduccion del aire encima del fogon.

Pequeños fogones tienen solamente lugar para un pequeño cuerpo de carbon encendido, así que la produccion del calor está impidiéndose por la frecuente alimentacion con combustible fresco, por tapadura paulatina de los intersticios entre las barras del fogon mediante la ceniza, que se amontona i funde, i por los trabajos de la limpia del fogon para quebrar i extraer las masas fundidas de la ceniza.

He constatado por mediciones del calor, que este último trabajo, aunque se haga con la rapidez i enerjía mayor posible, puede enfriar el horno tanto, que pase una hora entera, ántes que haya recuperado su temperatura i como la extraccion de las escorias del hogar debe repetirse dos o tres veces durante las 24 horas, es evidente que se disminuye sensiblemente la capacidad productiva del horno. Cada vez que el fogon recibe carbon fresco, baja la temperatura mas o ménos por el tiempo de cinco minutos i se necesitan otros diez minutos para alcanzar la temperatura anterior.

La causa no es solamente la absorcion de calor por el combustible frio i la obstruccion de los canales de aire, que cruzan las masas del carbon en combustion, por el combustible recién introducido, sino mas aun el consumo del carbon por la carbonizacion acompañada por el súbito desenvolvimiento de un gran volúmen de carburos hidrogenados, que para su combustion exigen aumento de introduccion de aire, cuando de hecho esta es disminuida por el efecto del carbon fresco adicionado. Tambien en los hornos antiguos mas chicos se trataba de enmendar este efecto introduciendo aire por aberturas en la bóveda o en el puente. En los hornos grandes modernos se atribuye la mayor importancia a

esta introduccion secundaria de aire; se vijila cuidadosamente, así que el fundidor, salvo desidia vituperable no permite nunca que aparezca una llama roja o humosa en el canal conductor a la chimenea.

En los hornos grandes que ahora se emplean es la temperatura en el fogon tan alta i la masa de carbon incandescente tan grande, que una súbita introduccion, digamos de 1.500 kilógramos de carbon sobre esta masa mediante las tolvas encima del fogon solamente causa una pequeña diferencia en el calor de la llama a su salida del plan para el canal. Por algunos momentos tendrá la llama una colorizacion debilmente amarilla i perderá de su claridad un poco, pero dentro de 3 a 4 minutos recuperará su color vivo blanco azulejo i se pondrá tan trasparente que se perciben las líneas entre los ladrillos al otro lado con todos sus detalles, como si fuesen iluminadas por luz eléctrica. Una llama de esta naturaleza o mas bien la ausencia total de una llama en la significacion jeneral de esta palabra indica que la combustion de todos los gases oxidables haya sido completa en todo el espacio del plan i que los gases blancos incandescentes, que vemos salir por el canal, ya no pueden producir reacciones i con cada metro de su retirada pierden calor i, por consiguiente, dejan de atacar los ladrillos del canal i de la chimenea.

Una combustion tan perfecta se debe a la educacion *ad hoc* de los operarios i a que se da solamente ocupacion a aquellos, que demuestran el deseo i la capacidad de dirigir la combustion del carbon de un modo correcto. Los pesos de cada carrada de carbon i de minerales son determinados por mayordomos independientes i entrados en el libro respectivo separadamente por cada una de las tres mitas, que constituyen las 24 horas diarias. Este proceder incita la ambicion de los fundidores i produce el empeño de fundir el mayor peso posible de minerales con la cantidad menor posible de carbon.

En hornos con tiraje natural ya no se pierde tiempo por estraer las escorias del fogon i las cenizas fundidas se estraen de tiempo en tiempo desde abajo de las barras del fogon sin estorbar el trabajo del horno. En hornos grandes son arrastradas por una corriente de agua i llegan de este modo, por ejemplo, en Anaconda, automáticamente sobre cribas para obtener las partes de carbon sin quemar i de coke.

Donde se usa aire comprimido para tiraje artificial, se limpia el fogon durante el tiempo en que se vacía una nueva carga de minerales, 12.000 hasta 15.000 kilógramos, desde las tolvas sobre el plan.

Donde la composicion de la ceniza es tal que se forma una mezcla fusible, se forman, con el uso del tiraje artificial, escorias de ceniza fundida que cubren las barras del fogon. Escorias de esta clase son mui adherentes i dificiles para quebrar hasta que caigan en pedazos entre las barras. El director Charles de la «Montana Ore Purchasing Company» ha encontrado que un enfriamiento por un chorro fuerte de agua de estas capas de escoria las ^hhace quebradizas facilitando su estraccion. Para este fin se introduce un tubo de fierro algo estrechado en su apertura, que se junta por medio de un cañon de goma a la cañería de agua a lo largo de las escorias en las barras bajo el carbon encendido, hasta que

las escorias estén bien mojadas. Esta operacion casi no tiene efecto sobre la marcha del horno i no causa demoras notables.

Los hornos de reverbero, a que se refiere este trabajo poseen un fagon de corta profundidad; las barras distan solo 0,35 hasta 0,40 metro debajo de la superficie del puente. La carga fresca de carbon se vacia de tolvas encima del fagon; en algunos casos sin aplanar los montones de carbon, que así se forman. Este modo de alimentacion del fagon con la estraccion de las escorias del carbon debajo de las barras elimina la necesidad de abrir la puerta lateral del fagon, i por consiguiente, la entrada de aire al fagon con recepcion del aire, que debe entrar por las barras i el carbon encendido con el fin de una buena combustion.

El empeño principal en todos los trabajos del horno se dirige a evitar cualquier entrada inútil de aire en cualquier lugar que sea i arreglar cada operacion de manera que de ningun modo impida la produccion de los grados mas altos posibles de calor.

En una palabra, todo el plan de trabajo se sujeta a la regla, que se evite cualquier interrupcion en la produccion de las cantidades mas grandes posibles de calor durante el total de las 24 horas i que exceptuando los trabajos absolutamente necesarios para la fundicion no se haga nada que pudiera malgastar la mas mínima parte del calor producido o que pudiera disminuir la temperatura en el horno. La intencion ulterior es conseguir que la fundicion en hornos de reverbero sea una operacion continua en lo posible i si estudiamos el trabajo ejecutado hoi por el horno Anaconda del largo de 31 metros, podemos ya afirmar que el procedimiento usual de fundicion con interrupciones, que hasta hoi ha sido la regla en la aplicacion de esta clase de hornos, ha dado lugar a un círculo de operaciones, que se aproxima en su continuidad a la fundicion en hornos de soplete.

Despues de haber hablado de aquellas partes del horno, que segun su construccion influyen principalmente en la produccion de un calor vivo i regular, fagon i chimenea, puedo pasar a ocuparme de los detalles mas importantes de construccion, que mantienen el calor producido i lo aprovechan en lo posible.

No trataré de hacer mas que una descripcion jeneral de la construccion de estos hornos grandes de reverbero, porque está limitado el espacio de este trabajo. Examinaré desde luego los caminos, por donde el calor se pierde durante las operaciones de fundicion, despues mencionaré las remedios hoi empleadas para disminuir estas pérdidas o evitarlas. Con este fin estudiaré todas las partes constructivas, que son de la mayor importancia.

Las pérdidas principales de calor, que se refieren a partes de la construccion de los hornos, reconocen como causas las siguientes:

1. Entrada de aire superfluo a los hornos.
2. Irradiacion de calor.

1. *Entrada de aire superfluo a los hornos.*—Este defecto es tan fácilmente explicable i tan fácil de disminuir, que no necesita discusion. Donde se emplea tiraje natural seria inútil el empeño de fundir lijera i económicamente, cuando las puertas de trabajo no cierran herméticamente, cuando intersticios o rasgaduras abiertas existen en las paredes i en la bóveda. En corto tiempo he visto

trabajar un número de hornos, cuyas barras del fogon estaban tan cubiertas por una capa de escorias de ceniza, que quedaban solo pocos canales grandes, por donde pasaban demasiado grandes cantidades de aire en dos o tres puntos, cuando la otra parte de la superficie del fogon estaba del todo escludida del contacto con el aire. Estos hornos fundian ménos de $2\frac{1}{2}$ kilogramos de mineral por kilogramo de carbon con gran asombro de los propietarios por los resultados nada satisfactorios de sus hornos.

2. *Irradiacion del calor.*—En hornos bien contruidos la irradiacion es la fuente principal de las pérdidas del calor i se efectúa en dos puntos, de los cuales el segundo causa mayor reflexion:

a) Irradiacion por las paredes i por la bóveda.

b) Irradiacion por el plan del horno.

a) *Irradiacion por las paredes i por la bóveda.*—El único remedio para limitar esta irradiacion en los hornos grandes, en lo posible, consiste en el aumento del grueso de las paredes i de la bóveda.

En la construccion de la bóveda se emplean hoy jeneralmente ladrillos Dinas de 305 mm. en lo largo en lugar de los antiguos de 230 mm. Este aumento del grueso de la bóveda se probará como decididamente útil, no solamente disminuye la irradiacion, pero prolonga tambien la duracion de esta parte del horno.

Las consecuencias perjudiciales de la dilatacion en el largo de la bóveda en los hornos tambien hoy tan largos, se mitigan, haciendo la bóveda en varios compartimientos independientes, entre los cuales los intersticios se llenan con ladrillos sueltos i masa de arcilla quemada. El horno Anaconda de 31 metros tiene 11 intersticios de expansion.

La duracion de las paredes i de la bóveda se asegura por aplicacion frecuente de amarras fuertes de fierro. Con escepcion del espacio, que ocupan las puertas laterales de trabajo, distantes 3 metros una de la otra i no debiendo abrirse sino muy raras veces, todas las paredes del plan i del fogon se encuentran encerradas por amarras de la forma I, que casi se tocan.

Las partes bajas de estas amarras cerca del suelo no están unidas a traves del horno por barras con tuercas, pero se apoyan contra una fuerte masa de muralla de piedras grandes o contra un lecho macizo de escoria, que otro horno ha fundido, así que a cada lado del horno existe un solo bloque macizo de escoria. Todas las partes interiores del horno, que están espuestas al directo contacto de los gases de combustion, se construyen con ladrillos Dinas tan cerrados como sea posible.

b) *Irradiacion por el plan.*—Todo fundidor práctico conoce desde el principio de su ejercicio profesional, que la parte mas fria del horno es su plan. Cada nueva carga de minerales le sustrae rápidamente calor i se pega despues firmemente en el plan. La mayor parte de las cargas demoran en su fundicion por las masas medio fundidas, que se adhieren tenazmente al plan; parece, por consiguiente, muy estraño, que por muchos años fuese usanza enfriar esta parte del horno, por si fria, i aun mas por situar debajo canales destinados para calentar el aire para la combustion del carbon; hace tiempo ya que se ha aban-

donado en los hornos americanos de reverbero esta errónea construcción; el fundamento de los planes de estos se forma o por un bloque macizo de escoria corrida en otros hornos o por otra masa maciza impermeable.

El verdadero plan se hace de la manera conocida de arena, piedra arenisca molida o cuarzo molido; i talvez hoy se gasta ménos tiempo i cuidado en hacerlo que ántes. Con la manera de las operaciones que describiré luego, dura mucho tiempo del modo mas satisfactorio.

Hemos dicho todo sobre los primeros medios que se emplean en los Estados Unidos para aumentar la capacidad productiva i la economía en el trabajo de los hornos de reverbero, en cuanto se refiere a las mejoras en la construcción.

2.ª PARTE. — LIMITACION DE TODO TRABAJO QUE PUEDA ENFRIAR EL HORNO O DEMORAR EL PROCEDIMIENTO DE LA FUNDICION

En esta parte podré hablar principalmente sobre la dirección práctica de la fundición, en cuanto no la he tomado ya en consideración describiendo el modo de la alimentación i de la limpia del fogón i otras operaciones.

Las causas que influyen para enfriar el horno i para demorar la fundición completa de los minerales son muchas i de distinto carácter. Algunas pueden ser eliminadas totalmente, otras parcialmente. A las mas importantes pertenecen.

a. Carga del horno con minerales frios.—Una parte considerable de la carga consiste jeneralmente de minerales pulverizados que vienen de los hornos de calcinación. En lugar de hacer enfriar estos minerales entre horno de calcinación i horno de fundición se arregla hoy que trabajen los hornos de calcinación en íntima unión con los de fundición, de manera que los primeros entregan los minerales calcinados en estado caliente directamente a las tolvas de carga para los segundos. Como en estas tolvas hai masas grandes de minerales éstas pierden muy poco de su calor i llegan al plan de fundición con una temperatura mayor en varios centenares de grados, que cuando se dejan enfriar entre ámbos hornos; por consiguiente, se disminuye en mucho el efecto enfriante de la carga nueva sobre el plan de fundición i al mismo tiempo para que alcance la temperatura de fusión.

En el año 1893 solía fundir R. Pearce en un horno de reverbero del establecimiento Argo, Colorado, al día 32 toneladas métricas de minerales, que por mitad se componían de minerales crudos cuarzosos i por mitad de piritas calcinadas frias. Cuando se habían hecho los arreglos para que llegasen los minerales calcinados en estado caliente sobre el plan de fundición se elevó la cantidad fundida a 39 toneladas métricas; el empleo de la mitad de la carga en estado caliente aumentó en 22% la cantidad fundida.

En algunos establecimientos norte-americanos se hace pasar hasta los minerales cuarzosos junto con las piritas por la calcinación. Así se alcanzan varias ventajas.

1. Los minerales cuarzosos se calientan en preparación para su fundición

con mui pocos gastos porque los minerales azufrados no exigen aumento de combustible i espiden un sobrante de calor miéntras que la cantidad total calcinada no se disminuye ni cerca en proporcion al peso de los minerales cuarzosos adicionados.

2. Se efectúa una mezcla íntima de los minerales ácidos i básicos, la que facilita la fundicion.

3. Se puede calcinar con mas calor i mas rapidez; porque los minerales cuarzosos impiden la fundicion parcial en las partes mas calientes del horno de calcinacion.

4. Las cargas del mineral caliente cuando caen sobre el plan de fundicion, se aplanan solas estendiéndose de un modo mui singular, casi como una sustancia líquida.

Naturalmente se trata de hacer llegar los minerales calientes del horno de calcinacion al de fundicion de modo que se eviten pérdidas de polvo.

b. Las operaciones de hacer caer i de aplanar las cargas.—Presumo que casi en todos los hornos de reverbero la carga se vacia desde grandes tolvas ordenadas encima de la bóveda i que estas tolvas están dispuestas de manera que la carga se reparta con cierta regularidad sobre el plan; pero jeneralmente la carga se amontona debajo de las bocas de las tolvas, exijiendo bastante empleo de trabajo para estenderla i aplanarla. Esto no puede hacerse sin tener abiertas las puertas, lo que causa un fuerte enfriamiento del plan. Un defecto aun mayor, pero no tan ostensible, consiste en la compresion del mineral en los mismos puntos por el peso del chorro de la carga que lo transforma casi en una capa maciza, la que permite solamente una lenta entrada del calor; esto favorece que se peguen al plan masas a medias fundidas i demora notablemente la fusion de la carga.

Si estas dos causas de demora i las de ellas resultantes pérdidas en trabajo i combustible pudieran espresarse por su valor en dinero causarían ciertamente sorpresa i provocarían serios esperimentos para evitarlas.

Felizmente es sencillo su remedio, que en su aplicacion está acompañado por otras ventajas.

En los hornos de reverbero que se dirijen segun ideas modernas, no se vacia la carga sobre el plan del horno, sino sobre un hondo baño de eje líquido. Por la misma razon, podemos decir que ya no fundimos mas sobre un plan de arena como fué uso jeneral hace 15 a 20 años, sino sobre un estenso i hondo baño de eje líquido. Ademas afirmamos que un plan de arena representa un fundamento fácilmente preparado para este plan líquido; porque la arena es barata, a prueba de fuego i químicamente indiferente para el eje i ademas un mal conductor de calor.

Como la preparacion i mantencion de este baño de eje es uno de los mas valiosos i eficientes medios para aumentar la capacidad productiva del horno, debo entrar a esponer algunos pormenores.

En años anteriores se asustaron muchos fundidores, tratándose de mantener grandes cantidades de eje líquido sobre el plan de un horno. El gran peso, la tendencia del eje de penetrar en el plan, de levantar el material del plan

causaron siempre temor i aprehension. Hace 20 años que los fundidores progresistas principiaron a aprender que el eje en sí no ofrecia ningun peligro cuando se impedía que entrara debajo del plan de arena i que efectivamente un plan de arena no se destruía ni se hollaba cuando se le mantenía constantemente cubierto por una capa de eje, aun de eje con contenido corto de cobre, mientras que estos deterioros se efectúan fácilmente donde se funden cargas oxidadas directamente sobre el plan de arena.

Sin entrar en los detalles del progreso de la práctica moderna, solamente daré los resultados mas importantes a que el conjunto de experiencias de muchos metalurjistas prácticos ha conducido i en que el presente sistema del tratamiento de los hornos de reverbero se apoya.

Uno de los primeros hechos que tenemos que reconocer i observar antes de que un progreso haya podido conseguirse es el que el eje no tiene ninguna acción química sobre el plan de arena que el efecto perjudicial sobre el revestimiento del plan o sobre las paredes del horno era de naturaleza mecánica i que, por consiguiente, podía ser evitado por medidas apropiadas mecánicas de prevision.

Los resultados desfavorables que se observaron en experimentos de mantener grandes cantidades de eje líquido en el horno eran:

1. Que el eje entraba por agujeros o por partes imperfectamente preparadas en el plan de arena i levantaba capas de este último; o
2. Que el eje penetraba entre el plan i las paredes del horno elevando el plan o causando erupcion del eje a través de las paredes exteriores.

La razón por que el eje podía entrar por agujeros en el plan consistía en que estos agujeros eran preexistentes i la razón por que se podían formar agujeros o lugares débiles en el plan consistía otra vez en que la masa maciza i al parecer homogénea del plan de arena fuera atacada i escoriificada por el contacto con óxidos metálicos.

Cuando se vacía una carga fresca de minerales calcinados sobre el plan desnudo, rijiendo una temperatura de calor blanco en el horno, i se sigue alimentando con energía el fogon, se combinará cada molécula de óxido de hierro con la sílice, en cuyo contacto se encuentra sin distincion, si la sílice pertenece al plan de arena o a la masa de la carga. Este efecto escoriificante es sensiblemente aumentado en el caso de que la carga contenga óxido de plomo i en todo caso progresa un desgaste repetido del plan por la escoriificacion de la sílice, hasta que lugares blandos se hayan trasformado en verdaderos agujeros con las consecuencias arriba mencionadas.

Debemos fijar nuestra atención en que son solo los óxidos, que causan estos perjuicios, mientras que los sulfuros carecen del todo de efecto destructivo sobre la masa del plan.

Si por consiguiente se pudiese mantener constantemente i en todas sus partes el plan cubierto por una capa de eje fundido, resultaría perfectamente protegido; pero era imposible mantener continuamente esta capa de eje con seguridad sobre el plan, antes que fueran eliminados los peligros citados bajo número 2. Estos peligros consisten en que penetre el eje entre costados del

plan i las paredes de horno, lo que o levanta partes del plan o causa una erupcion de la masa fundida por las paredes exteriores del horno. Estas dificultades han sido vencidas dando mas firmeza i resistencia al horno por una construccion mas perfecta de la obra de ladrillo i por amarras mas pesadas i mas frecuentes, principalmente tambien por la mantencion del interior del horno en un estado que impide al eje llegar a los puntos débiles de los confines del plan, donde se apoya la arena contra las paredes, Despues que se consiguió todo esto de una manera satisfactoria i que se profundizó el plan hasta contener bien su relleno con eje, se hizo luego posible mantener constantemente una gran cantidad de eje líquido sobre el plan, que protejia satisfactoriamente su superficie.

Aunque esta proteccion del plan es de sumo valor, sin embargo resultan mucho mas importantes las ventajas conseguidas por la mantencion de un plan de eje fundido,

En primera línea, exige la carga fresca, mas cuando es introducida en estado caliente, despues de caer sobre esta superficie líquida, mui corta ayuda para estenderse ; en muchos casos no hai necesidad de aplanarla. En el horno grande Anaconda, por ejemplo, se vacian 14 toneladas métricas de minerales por cuatro tolvas sobre la superficie de eje fundido i esto sobre los primeros 6 metros de los 31 del largo total. La carga no está aplanada; queda nadando encima de la superficie del eje, que llena el plan en todo su largo. Como las puertas de trabajo no se abren i la alimentacion del fogon no se interrumpe, se reduce el único enfriamiento, que sufre el interior del horno con cada carga nueva, a la diferencia de temperatura entre la carga caliente i el interior del horno.

El plan posee al tiempo de recibir la carga nueva aproximadamente su temperatura máxima, porque la bogadura precedente de la escoria, que mas abajo describiremos, causa mui poca pérdida de calor, abstrayendo de la cantidad de calor que la escoria bogada encierra.

El baño grande de eje, que llena aun el plan, posee una temperatura mui alta, igual a la de la escoria que cubria un rato ántes el eje, miéntras que los costados i la bóveda del horno que se hallan en contacto indirecto con la llama, aun demuestran mas alto calor.

Merced a la gran superficie del fogon i al fuerte tiraje queda la temperatura mas elevada que la de la fusion de la escoria i se elevaria luego a un grado que podria ser peligroso para el horno. Antes que alcance a este grado, se vacian 14 toneladas métricas en el baño del eje sobrecalentado; los minerales, aunque de un cojor rojo oscuro, son frios en comparacion con los costados, la bóveda i el baño del eje, sobre el cual nada.

Principia al momento una irradiacion del calor de los costados i de la bóveda i en corto tiempo baja la temperatura de estas partes del horno desde el color blanco azulejo hasta blanco amarillento. Las capas superiores de minerales reciben esta intensiva irradiacion de calor i la absorben; en un corto tiempo increíble llegan a un grado, donde principia la fundicion; pero minerales pulverizados, que consisten principalmente de sílice i óxidos de hierro son conductores mui malos de calor i miéntras que su superficie entra en fusión, quedarian

las capas inferiores proporcionalmente frias, si no recibiesen una enorme cantidad por el eje líquido, donde nadan.

La superficie inferior de la carga absorbe con mucha rapidez calor del baño del eje en que se apoya; porque este eje es tan sobrecalentado que puede perder varios centenares de grados sin solidificarse i donde esté el plan grande i hondo, conteniendo una cantidad suficiente de eje fundido, no se solidificará nunca. Eje, principalmente cuando contiene 40% o mas de cobre, como sucede con los ejes de Montana, es un conductor mui bueno de calor i a medida que el eje en inmediato contacto con la carga nueva le entrega su calor, éste se reemplaza por el restante baño líquido. En el plan de un horno grande se encuentra un exceso tan grande de calor almacenado en el eje líquido, que este último puede absorber continuamente calor de su próxima vecindad i comunicarlo a los minerales mas frios manteniéndose en temperatura suficientemente alta para quedar en estado líquido, hasta que el calor proveniente de los costados i bóveda sobrecalentados, ayudado por la llama, que llena todo el horno, haya penetrado las capas superiores de la carga nueva i llegue a las capas inferiores, que hasta entonces debian su aumento de calor al baño de eje, donde nadaban.

En este tiempo se cambia la irradiacion del calor. Las capas inferiores de la carga adquieren una temperatura mas alta, que el baño de eje, i devuelven al eje el calor que le habian quitado, así es que, cuando esté fundida del todo la carga i lista la escoria para ser bogada, el baño grande de eje ha recuperado i almacenado el exceso necesario de calor. Los costados i la bóveda alcanzan otra vez un grado casi peligroso de calor i el horno vuelve a estar preparado para recibir una carga nueva.

La gran cantidad de eje líquido mantenida siempre en el horno, llena, pues, muchas diversas e importantes condiciones.

1. Proteje al plan contra el contacto inmediato con la llama del combustible, contra el efecto destructivo de los óxidos metálicos i contra el desgaste mecánico.

2. Estiende la carga nueva automáticamente.

3. Obra como regulador de calor, acumulando el exceso de calor durante la fundicion del último resto de la carga vieja para despues devolverlo, cuando hai gran necesidad de calor para la carga nueva.

4. Forma una importante bodega para las exigencias muchas veces mui irregulares de los convertidores.

5. Facilita la separacion i la reunion de los glóbulos del eje, para dejar limpia la escoria.

c. Alimentacion i limpia del fogon. Ya se ha hablado detalladamente de la alimentacion del hogar, como lo permitia el espacio de esta esposicion.

Los dos ideales mas importantes que debemos alcanzar en estas operaciones, son:

Combustion completa.

Eliminacion de toda interrupcion en la produccion de las temperaturas mas altas obtenibles.

La introduccion de aire encima del fogon, por una serie de agujeros en la

bóveda encima del puente, es un medio importante para conseguir una combustion satisfactoria de los gases del carbon; se arregla mediante válvulas. Raras veces se emplea aire calentado en canales debajo del plan del horno, porque la mayoría de los fundidores creen que el provecho así ganado sea menor que la pérdida del calor en el plan del horno.

d. Abertura de las puertas de trabajo. Pocas costumbres en las operaciones de fundicion son mas equivalentes a un derroche inútil de dinero, que la manera descuidada i negligente, como estas puertas se abren i se dejan abiertas. En 5 minutos puede derrocharse mas calor que puede ser recuperado en media hora. He determinado en varias ocasiones esta pérdida por experimentos.

En los establecimientos, que han sido nombrados en esta esposicion, se abren solamente raras veces las puertas de trabajo, nunca sin motivo obligatorio.

El gran baño del eje sobre el plan aplana la carga nueva e impide que masas medio fundidas se apeguen al plan. Como estos ántes inevitables trabajos ahora se hacen automáticamente, queda mui poca ocasion de abrir una de las puertas laterales. Que se abra la puerta en frente debajo del canal conductor a la chimenea, es mucho ménos peligroso, porque el aire frio, que por aquí entra, es llevado inmediatamente por el fuerte tiraje existente a este canal, sin perjudicar en mucho el procedimiento de combustion.

e. La adhesion de masas medio fundidas al plan era ántes una de las causas mas serias de las demoras en la fundicion por hornos de reverbero, ahora está casi del todo eliminada mediante:

Mantencion de una gran cantidad de eje líquido sobre el plan.

Produccion de una temperatura mucho mas alta que la necesaria para formar escoria.

Cuidadosa composicion química de las cargas.

f. Bogadura de escoria i sangría del eje. Cuando aun era costumbre de limpiar de toda escoria cuidadosamente el baño de eje i despues sangrar la totalidad de eje, era inevitable un enfriamiento considerable del horno i una interrupcion de su trabajo, hasta que se restableciera la temperatura anterior gastando tiempo i combustible.

Ahora el empeño es ejecutar estos trabajos sin interrupcion de la alimentacion del fogon, de la fundicion en jeneral i sin enfriamiento notable del horno. Como el eje estraído del horno se conduce jeneralmente en estado líquido al convertidor, se sangra la cantidad necesaria, cuando el convertidor está preparado a recibirla. La sangría se practica mediante un canal de hierro, que lleva el eje a un fondo de una capacidad de 6 hasta 8 toneladas métricas; el transporte de este fondo es efectuado por grua eléctrica. La sangradera del horno se mantiene a altura igual por una planchuela de cobre fundido del grueso de 60 mm. (1)

Esta planchuela se funde directamente del convertidor; su borde superior recibe un corte rebajado, por donde sale la sangría. La sangría se efectúa de la

(1) Tambien se emplean planchuelas de hierro.

manera conocida, pero sin perjudicar en lo mas mínimo la marcha del horno. La planchuela de cobre dura varios meses i cuando la corriente del eje al fin la ha inutilizado, se repone en pocos minutos por una nueva sin perjuicio de la fundicion.

En la estraccion de la escoria se procede de la manera, que corra por sí sola sobre la puerta bogadora; escepcionalmente de la antigua manera i raras veces se trata de éstraerla en su totalidad. Se permite que corra una cantidad suficiente hasta bajar el nivel de la carga a cierta altura deseada i se vacia despues la carga nueva sobre las masas fundidas, que quedan en el horno.

La escoria estraída corre primero por dos particiones para aclararla i despues en grandes conos que se conducen por locomotora eléctrica al desmonte o cae en una corriente fuerte de agua, que la granula i la arrastra para el desmonte.

La estraccion de la escoria del horno es, pues, una operacion lijera, que apénas influye sobre la continuidad de la fundicion.

g. Reparacion del plan. Este trabajo se limita principalmente a los bordes del plan, donde la escoria ha principiado a formar algunas hoquedades, que mas tarde dañarian los costados i la base del puente. Anteriormente fueron frecuentes estas reparaciones i causaron pérdidas considerables de tiempo i calor; hoi se ha limitado la necesidad de reparacion a que solamente cada 4 a 6 semanas se proceda a ella.

La circunstancia que hoi los hornos de reverbero trabajan con una temperatura mucho mas alta que ántes, permite formar una escoria mas ácida (con 40 a 47 % de sílice) i una escoria de esta naturaleza no solamente es mui pobre de partes metálicas sino posee ademas mui poco poder para atacar el revestimiento del plan i de los costados, que constan tambien de sílice. La proteccion continua que recibe el revestimiento del horno por un baño grande de eje, reduce el efecto dañino de la escoria ademas a un nivel que es fácil de alcanzar en su necesaria reparacion. Como material de reparacion se emplean muchas veces minerales cuarzosos de oro i plata.

h. Mantencion del horno en buen estado. La construccion fuerte i las amarras mas pesadas de los hornos, lo mismo la conservacion de una casi igual temperatura ha disminuido esencialmente la necesidad de refacciones.

Oscilaciones de temperatura son las que destruyen los hornos, no las temperaturas altas.

(Continuará.)

ALBERTO HEERMANN

