

de chatarra fina, la cual funde rápidamente y forma una capa líquida que protege la solera de la caliza. A continuación se carga la chatarra en trozos gruesos, o terrones, seguida por el mineral de hierro y finalmente la chatarra de acero. El mineral de hierro y la chatarra proporcionan el óxido de hierro necesario para la oxidación de las impurezas, las reacciones de afinación esencialmente son las mismas que las que tienen lugar en el convertidor bessemer, aunque se realizan con mucha más lentitud. Así mientras el proceso Martin requiere de diez a quince horas para la obtención del acero, el proceso bessemer requiere solamente de diez a quince minutos.

La carga sólida funde al cabo de 2 a 4 horas de calentamiento, y a continuación se adiciona arrabio líquido a través de un canal que se inserta en una de las puertas de carga. Una vez fundida la carga, comienza el período de afinación del metal que comprende tres fases: el hervido debido al mineral, el hervido debido a la cal, y la fase de ajuste del carbono.

Durante el hervido debido al mineral, la reacción entre el mineral y los óxidos de hierro contenidos en la escoria, y el carbono del metal provoca el desprendimiento del óxido de carbono, el cual burbujea a través de la carga líquida. Durante esta fase se oxidan el silicio, manganeso y fósforo, pasando a la escoria.

Durante el hervido debido a la cal, el anhídrido carbónico que se desprende al descomponerse la caliza situada sobre la solera del horno, burbujea a través de la carga fundida, y ayuda a la oxidación. Durante esta fase la mayor parte de la cal sube a la superficie y contribuye a aumentar la viscosidad de la escoria.

Terminando el hervido, la mayor parte de las impurezas con excepción del carbono se han oxidado pasando a la escoria. Durante la fase siguiente se ajusta el contenido de carbono dentro de los límites que se desean. Si el contenido de

carbono del metal es demasiado bajo, se adiciona la cantidad necesaria de arrabio o de lingote de afinación, si por el contrario, el contenido de carbono es demasiado alto se cargan nuevas cantidades de mineral. Cuando las muestras sacadas indican que la composición del metal y de la escoria es la correcta, y la temperatura la justa, se cuele la carga. La piqueta se abre mediante una barra que atraviesa la puerta de carga central y el baño, y tan pronto como se ha perforado, se precipita el colado por el canal de colada al caldero, seguido por la escoria. A medida que va cayendo el acero líquido al caldero, la escoria que es más ligera, asciende a la superficie y fluye a un caldero de escorias colocado al lado del caldero de colada. Durante la colada se efectúan normalmente adiciones de desoxidantes al caldero.

En relación con el proceso bessemer ácido, este procedimiento, presenta las siguientes ventajas:

- 1.- Posibilidad de utilizar una carga sólida.
- 2.- Permite la eliminación del fósforo y del azufre.
- 3.- Como el proceso es más lento, se puede producir un acero de mejor calidad.
- 4.- Posibilidad de controlar más estrechamente la composición del acero, lo que permite la fabricación de aceros aleados.

Se denomina proceso duplex a aquel en el cual las primeras materias para la fabricación del acero se tratan en un tipo de horno, y el producto líquido que se obtiene se carga en otro horno de tipo distinto para su afinación.

El proceso duplex más corriente es el formado por los procedimientos bessemer ácido Martin -- Siemens básico. Este proceso presenta las ventajas de una rápida eliminación del silicio y de la mayor parte del carbono del arrabio, típico del proceso bessemer, junto con la obtención de un producto relativamente alto en fósforo que puede afinar-

se rápidamente en un horno Martin-Siemens básico.

BAÑO ELECTROTÉRMICO

De una manera general se pueden distinguir -- tres tipos de hornos eléctricos.

HORNOS DE RESISTENCIA. -- El calor se desprende en un circuito que rodea, las resistencias usuales -- tienen, sea un punto de fusión demasiado bajo (aleaciones a base de níquel), sea una resistencia a la oxidación insuficiente (grafito tungsteno), para que se puedan realizar hornos de resistencia que permitan la elaboración del acero.

HORNOS DE INDUCCIÓN. -- El baño de acero es calentado por el efecto Joule de una corriente que se crea en él por inducción de una corriente alterna.

HORNOS DE ARCO. -- Son en suma hornos de resistencia, en los que éste está constituida sobre todo -- por el medio gaseoso comprendido entre el electrodo y la materia a calentar.

Actualmente sólo se utilizan los dos últimos tipos de hornos, pero los hornos de arco son, con mucho, los más utilizados, se les clasifica en tres categorías según su modo de funcionamiento.

a). -- La corriente no pasa por el baño el arco salta encima del baño y el calentamiento tiene lugar por radiación, convección y por reverberación sobre la bóveda.

b). -- La corriente atraviesa el baño yendo de un electrodo al otro, estando los electrodos fuera -- del baño.

c). -- La corriente conducida por un electrodo, atraviesa el baño y sale por la solera conductora.

Los hornos del primer tipo dan lugar a una mala repartición del calor desprendido.

Los hornos de solera conductora (de los que -- varios tipos están aún en servicio), tienden a ser --

abandonados debido a la fragilidad de la solera que está esencialmente constituida por una capa de sílice.

El Horno Héroult, que pertenece al segundo tipo es con mucho el más empleado.

HORNO HEROULT.- Este horno comprende un crisol formado de chapas, (cilíndrico de eje horizontal) revestido interiormente de refractario. Presenta, diametralmente opuestos, un pico de colada y puertas de carga y desescoriado. El crisol está montado sobre dos sectores dentados que permiten bascularlo hacia adelante para la colada, y hacia atrás para el desescoriado; el movimiento está asegurado por un mando eléctrico o hidráulico.

Refractarios.- Las bóvedas están generalmente revestidas de ladrillos de sílice, poco costosos y que no se reblandecen hasta 1650°C. Se utilizan también ladrillos de cromita-magnesia particularmente para el contorno de la bóveda y las partes laterales del horno. El revestimiento de la cuba está formado en una capa ácido o básico (dolomita cocida en general) que descansa sobre ladrillos silicoaluminosos ordinarios. Durante una marcha continua, el revestimiento se desgasta completamente al cabo de 3 a 4 semanas.

Carga del Horno.- En los hornos modernos, la bóveda se eleva para permitir la colocación de la carga, y el desplazamiento de la bóveda con relación al crisol se hace según diversas formas. La solución más extendida consiste en elevar la bóveda por medio de un gato hidráulico adyacente a la cuba del horno. El vástago de este gato está unido a un bastidor metálico que lleva de un lado la bóveda y del otro los pesantes portaelectrodos. El gato de elevación contiene una rampa helicoidal en combinación con el pistón. De esta manera, la bóveda, al mismo tiempo que es elevada, efectúa un movimiento de rotación de 80 a 90° que despeja completamente la cuba para la carga.

Esta carga se efectúa por medio de cubas de mando mecánico o de electroimanes. A veces, para pequeñas unidades, se carga aún con cuchara, la marcha es generalmente continua.

Características Eléctricas.- Los electrodos atraviesan la bóveda, siendo la alimentación en corriente trifásica la más común hay 3 electrodos verticales dispuestos, en planta, en los vértices de un triángulo equilátero. La altura de los electrodos encima de la superficie del baño es determinada por reguladores automáticos, se consumen 10Kg. de electrodos por tonelada de acero.

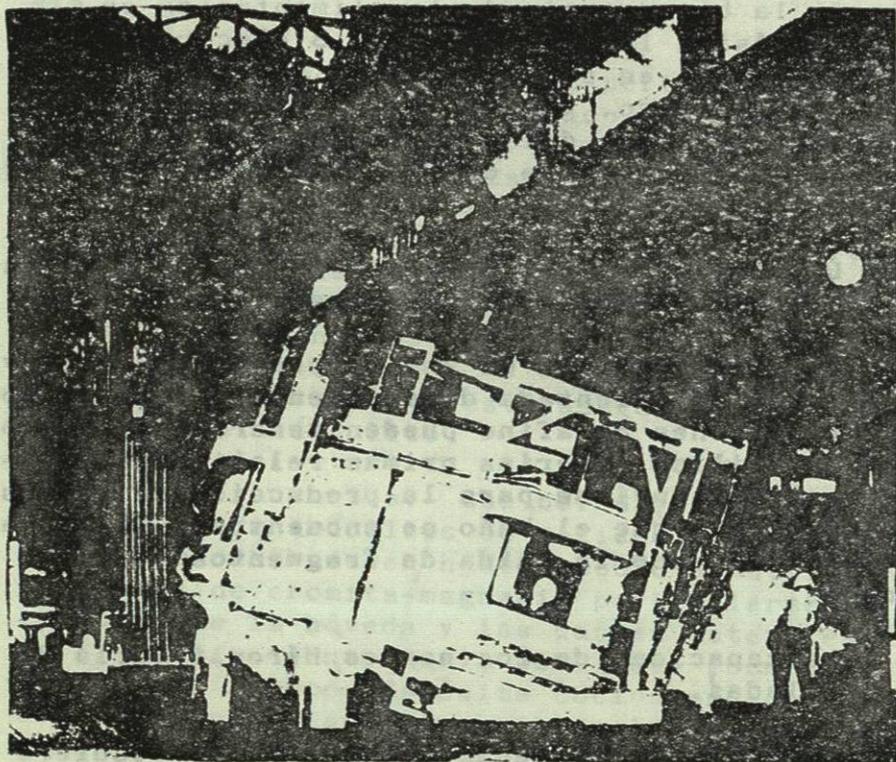
La tensión es del orden de 100 a 200 V la intensidad alcanza 15000 A por electrodo.

El horno Héroult da una temperatura muy elevada en la escoria calentada directamente por el acero así las reacciones de afino pueden tener una gran importancia. Utiliza materias primas relativamente impuras, pero no conviene para la producción de aceros extra suaves, porque el baño se encuentra automáticamente carburado por la caída de fragmentos de los electrodos.

La capacidad de los hornos Héroult varía de 5 a 180 toneladas.

Como el horno eléctrico de arco no requiere para su funcionamiento ningún combustible, puede utilizarse el tipo de atmósfera que se desee, neutra ó reductora, ya que no existe ninguna contaminación del baño por el aceite combustible o por los gases de la combustión. Debido al control que se ejerce sobre la atmósfera del horno, y a la posibilidad de producir primero una escoria fuertemente oxidante, y a continuación una escoria reductora, se pueden obtener productos de gran calidad.

La carga, normalmente está compuesta por chatarra de acero de composición conocida en estado sólido. La primera fase de la marcha operatoria requiere de la formación de una escoria básica oxidante, cuyo objeto es eliminar el fósforo y otros constituyentes oxidables. Para ello, se cargan sobre el acero fundido cal y mineral de hierro. Cuando el contenido de fósforo del metal se ha reducido al valor deseado, se efectúa el desescoriado del baño o eliminación de la escoria formada. La segunda fase consiste en la desul-



HORNO ELECTRICO EN OPERACION DE COLADO.

furación y desoxidación del metal. Esta fase requiere una escoria básica reductora, la cual se forma mediante la adición de cal, coque en polvo y espato flour. La gran cantidad de cal de la escoria y sus condiciones reductoras favorecen la eliminación del azufre del baño bajo la forma de sulfuro de calcio que pasa a formar parte de la escoria para obtener el acero de la composición requerida, se efectúan las oportunas adiciones de elementos de aleación.

Cuando el análisis indica que la composición del acero es la correcta, se bascula el horno y se cuela el acero en un caldero.

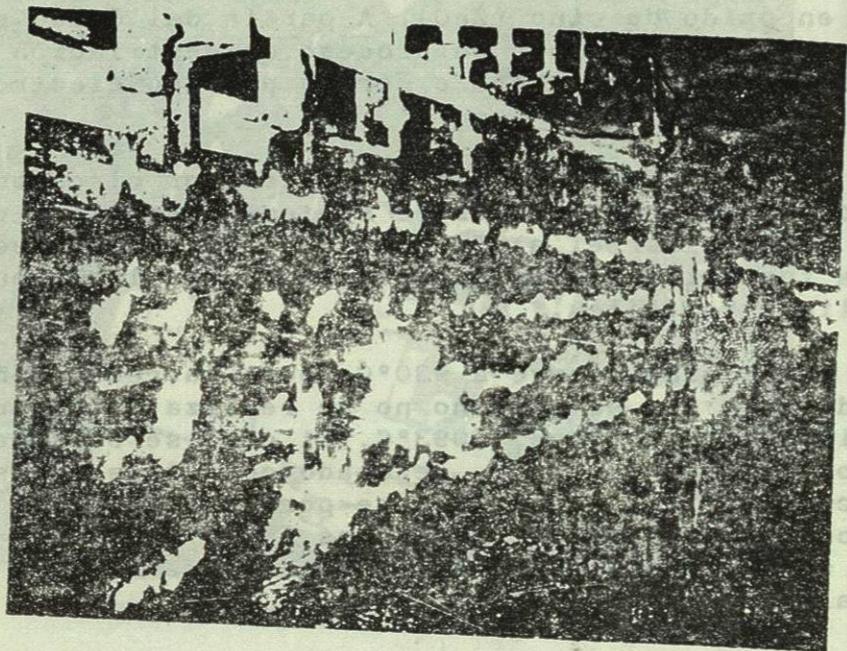
DESTILACIÓN.— Con este nombre se conoce el proceso pirometalúrgico que se utiliza para separar los metales volátiles de las impurezas no volátiles. Este procedimiento es el utilizado para la obtención del cinc. Este procedimiento no puede aplicarse directamente al mineral y requiere la ejecución previa de las operaciones de concentración y tostación con objeto de transformar los minerales compuestos por sulfuro de cinc en óxido de cinc (ZnO). A partir del óxido se puede extraer el cinc por un proceso de destilación por reducción por el carbono o por un proceso electrolítico.

Antes de sufrir la reducción por el carbono, los concentrados tostados se suelen sinterizar, con objeto de eliminar el azufre que hubiera podido quedar en la tostación y para que se desprendan las impurezas metálicas volátiles.

El cinc hierve a $930^{\circ}C$, pero la reducción total del ZnO por el carbono no se realiza a temperaturas inferiores a unos $1.093^{\circ}C$. El cinc se obtiene por tanto en forma de vapor, mezclado con otros gases, de los cuales tiene que separarse por condensación. Los hornos más comúnmente utilizados en la obtención del cinc son de dos tipos principalmente, de retorta horizontal y de retorta vertical.

Si se utilizan los primeros se colocan en un horno alimentado con gas de cuatro a seis filas horizontales de retortas de arcilla refractaria de alrededor de 1,5 m de longitud y 0,23 de diámetro. Las retortas se llenan con una mezcla de carbón y de ZnO sinterizado y se prolongan por su extremo abierto en un condensador de arcilla situado fuera del horno, cuya temperatura, al estar al aire, es de unos $500^{\circ}C$. El carbono reduce el óxido de cinc y el óxido de carbono, obteniéndose una mezcla compuesta por vapor de cinc y el óxido de carbono, la cual pasa al condensador a menor temperatura, donde el cinc se condensa, siguiendo el óxido de carbono hasta la boca del condensador, donde se quema. La figura muestra la parte anterior de un horno de cinc de retortas horizontales. El cinc líquido se saca de los condensadores tres veces en un ciclo de veinticuatro horas. Al final del ciclo se quitan

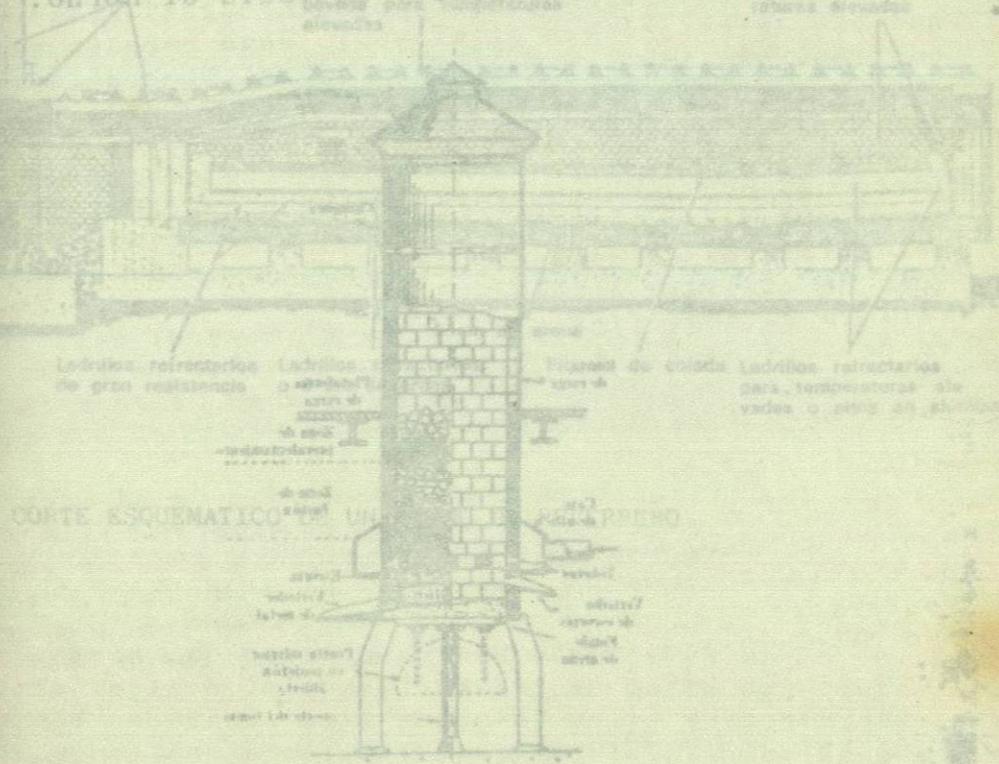
os condensadores, se eliminan de las retortas de los residuos de la carga consumida y se inicia un nuevo ciclo.



PARTE ANTERIOR DE UN HORNO DE RETORTA HORIZONTAL PARA LA EXTRACCION DEL CINCO

En contraste con el proceso que se lleva a cabo en las retortas horizontales, el cual es de tipo discontinuo, el proceso que tiene lugar en los hornos de retorta verticales permite la extracción continua del cinc. La carga se compone de briquetas formadas por una mezcla de concentrados sinterizados y carbón coquizado. El horno se carga totalmente con briquetas que se introducen por la parte superior. A medida que

descienden por el horno son atravesados por el vapor de cinc producido, el cual se recoge en un gran condensador situado en las proximidades de la parte superior del horno, donde se condensa al estado líquido. El óxido de carbono que acompaña al cinc se prepara para su empleo como combustible. Las briquetas consumidas se retiran continuamente por la parte inferior del horno. El calor necesario para que se verifique la reacción es suministrado mediante quemadores de gas.

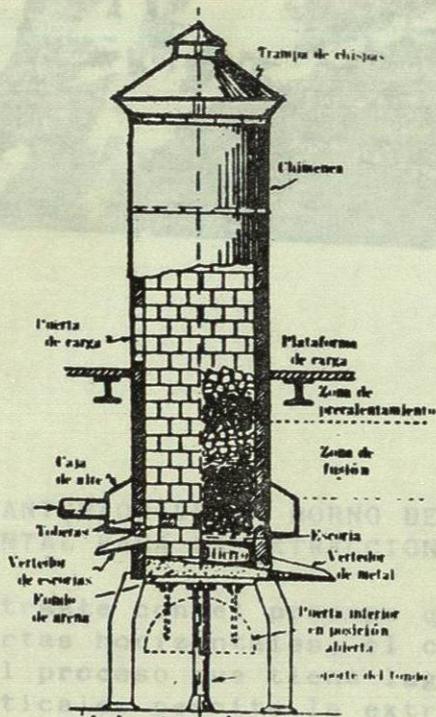


HORNO DE RETORTA

FUNDICIONES

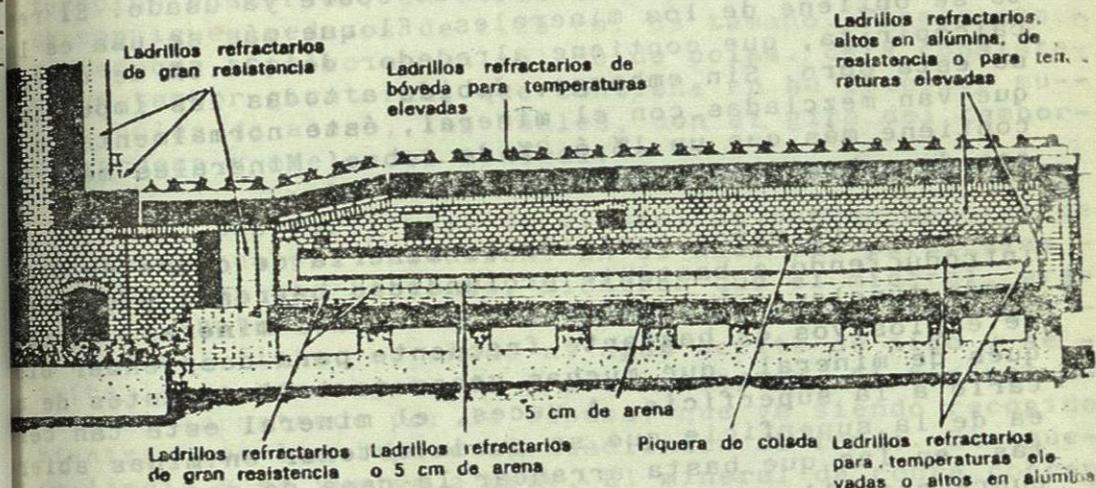
Las fundiciones se obtienen a partir del arrabio, en cubilotes o en hornos de reverbero.

El Cubilote. - Es similar a un horno alto, solo que más pequeño; funciona con presiones de soplado mucho menor; para operar el cubilote, se carga con pedacería de madera y una carga normal de carbón coque, que se enciende al "rojo vivo", en ese momento se carga con arrabio y chatarra de fundición y el coque, que actúa como combustible, en capas alternadas hasta la altura de la puerta de carga, en cada carga se coloca piedra caliza que actúa como fundente de las cenizas del carbón, cuando se funde la cantidad de metal que se requiere, cesa de cargarse el horno y se sangra todo el metal fundido, parandose el funcionamiento del horno. Después se abre la tapa del fondo del cubilote y se vacía el horno.



HORNO DE CUBILOTE

Horno de Reverbero. - En este horno la carga metálica se calienta por reflexión del calor de la bóveda. La carga se realiza cuando el horno está frío y se compone de chatarra de fundición. Los quemadores utilizan carbón pulverizado ó combustibles líquidos. Fundida la carga, la composición de la misma se puede ajustar con las adiciones de los elementos necesarios, luego se cuela en las ollas apropiadas. En este horno el metal no está en contacto con el combustible, por lo tanto, absorbe menos azufre y carbono que el de cubilote, obteniendo un metal más resistente y de mayor calidad, permite además utilizar más tipos de chatarra y llevar un control más preciso de la operación, sin embargo el cubilote es más económico por su instalación y servicio.



CORTE ESQUEMATICO DE UN HORNO DE REVERBERO