

aceración pueden ser: 1o. por carburación del hierro dulce y 2o. por refinación del hierro bruto de fundición, ya sea solo o mezclado con desperdicios de hierro (chatarra). En el primer caso se encuentran dos métodos que presentan modernamente poco interés práctico y que son más bien históricos. El proceso de la Cementación, que produce acero carburizado sin fusión, llamado Acero de Cementación y el Proceso de Crisol, en el cual si se efectúa fusión. En el segundo caso quedan comprendidos dos métodos principales: El Proceso Bessemer y el Proceso de Hogar abierto. Existe un tercer método que tiene mas importancia para la obtención de acero especiales o Aleaciones de Acero y que es el método Electrotérmico.

1.- CARBURIZACION DEL HIERRO DULCE.

PROCESO DE CEMENTACION. Se basa en que el hierro maleable, absorbe carbón a la temperatura del rojo brillante, formando una solución sólida de hierro y carburo de hierro, típico de los aceros de alto carbón; consiste en calentar capas alternadas del material y carbón en forma de grafito, en hornos rectangulares con cubierta especial a base de piedra, la cual permite inicialmente el paso de los gases, pero que se hace mas tarde impermeable. El proceso dura de 9 a 14 días, según el producto deseado (aceros blandos 7 a 8, medios 9 1/2, duros 11), calentándose a una temperatura de 800 a 1,000°C, mas o menos uniforme, lograda en los primeros dos días. Durante la operación se sacan muestras para analizar el contenido de carbón, el cual penetra gradualmente de la superficie al centro; logrado el contenido adecuado se deja enfriar por 5 a 6 días y se saca. El material resulta cubierto de una serie de ampollas, debido al desprendimiento del monóxido de carbono, formado al combinarse el carbón con el óxido de hierro del hierro utilizado. Para darle el acabado final se corta en pequeños trozos, se calienta a 800°C. y se lamina convirtiéndolo en pequeñas barras. Este proceso es muy empleado en América, se emplea algo en Inglaterra para cuchillería y herramientas, también se emplea en otros países de Europa para obtención de ejes, engranes, cojinetes, etc. También se emplea para endurecer la superficie de piezas que van a soportar choques, mientras el núcleo permanece suave, lo cual comunica a las piezas cierta ductilidad que evita las rupturas.

PROCESO DE CRISOL.- Consiste en fundir mezclas de carbón, hierro forjado y ferromanganeso, en recipientes de forma de barriles o vasos (crisoles), hechos de arcilla refractaria, sola o mezclada con grafito; con capacidad de 25 a 50 Kgs., los cuales se colocan en hornos especiales, generalmente de reverbero, con regonadores de calor (véase Pag.). La temperatura se eleva gradualmente hasta la fusión de la carga que dura de 2 a 4 horas, según el material empleado, terminada la fusión se calienta y se añaden ferromanganeso o ferrosilicio, como desoxidante (4 a 5 m.) retirando los crisoles -- cuando termina el desprendimiento de gases, se elimina la escoria y se vacía el acero en moldes de hierro o en formas especiales. Este método da aceros muy puros, de propiedades y composiciones variables, pero que resultan muy costosos, por lo cual se aplican solo para aceros especiales (acero-cromo, acero níquel, acero tungsteno, acero de alto carbón, acero para herramientas, etc.)

2.- PROCESOS POR REFINACION.

GENERALIDADES.- Para la obtención de aceros y hierros por fusión, se parte como base del hierro de fundición, el cual debe someterse a un proceso de refinación o aceración, o sea de purificación por eliminación de las impurezas que lo acompañan (S, C, P, Si, Mn.), hasta lograr el por ciento correspondiente a la especificación re-

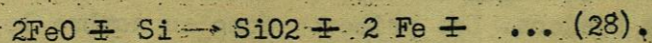
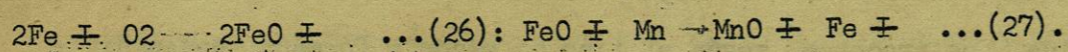
querida. Los procesos, según el tipo de escoria formada pueden dividirse en Ácidos y Básicos. Los primeros como su nombre lo indica, se efectúan en medio ácido y tienden a la eliminación del Silicio - Manganeso y Carbón, pero no así el fósforo y el azufre, por lo cual debe utilizarse materia prima más baja en éstos elementos, por lo mismo, el material del crisol de los hornos empleados, debe ser también ácido (ladrillo sílica). Los procesos básicos forman escoria básica, eliminando fácilmente el fósforo, azufre y manganeso y solo en parte el silicio, por la adición de materiales básicos, principalmente Caliza o Dolomita. El recubrimiento empleado consiste en ladrillos de Dolomita o Magnesita con una capa suelta de las anteriores. Es frecuente emplear para el resto del horno material ácido, separando ambos materiales con una capa de ladrillo neutro o ladrillo Cromita. En el Método ácido la duración es menor, por el menor contenido de impurezas del material y por no necesitar calor para calentar y descomponer el fundente básico (caliza, etc.). Según el tipo de hornos empleados, pueden ser: Bessemer, de hogar abierto y eléctrico, teniendo cada uno dos variedades: Acido y Básico, además un proceso que combina el Bessemer ácido con el de hogar abierto básico y que se llama proceso "Duplox".

El acero producido en cualquiera de éstos procesos se vacía en tinas de hierro recubiertas de ladrillo refractario, de gran capacidad (35 a 60 Tons.), provistas de un orificio en la parte inferior para el vaciado del producto en las lingoteras. Este orificio está obturado por una barra recubierta con una serie de cilindros de arcilla refractaria y que lleva en su parte inferior un tapón de grafito y una palanca en la parte superior para su movimiento. Las lingoteras son una serie de moldes de hierro con una sección interior rectangular, de 18"x 18", mayor en 3" en su parte inferior, las cuales llevan unas orejas laterales para su manejo y descansan sobre una base rectangular colocada sobre unos rieles, para su movimiento y arrastre. El lingote se deja enfriar lo más lento posible, para evitar demasiados defectos y finalmente se separa levantando el molde con una grúa.

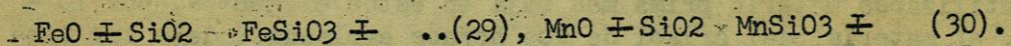
PROCESO BESSEMER.- Se llama también proceso Neumático, porque en él se somete el hierro a la acción oxidante de una fuerte corriente de aire. Los hornos empleados reciben el nombre de Convertidores (Pag.19), Bessemer el ácido y Thomás el básico, siendo este último de mayor tamaño para la misma capacidad. El recubrimiento del primero (ácido), dura alrededor de 800 sopladas el de las paredes y de 25 a 30 el del fondo. El del segundo (básico), dura de 180 a 200 -- operaciones el de las paredes y 20 a 40 el del fondo, además en cada nueva operación debe recubrirse el horno con una capa de Dolomita quemada y alquitrán. La capacidad total del horno debe ser tres veces mayor que la de operación (15 a 25 Tons.) a.-Proceso ácido.-El hierro empleado como materia prima se llama hierro de grado Bessemer, debe ser bajo en fósforo y azufre y de un contenido de Silicio y Manganeso dentro de ciertos límites. Debe ser líquido, de tal modo que si está en lingotes se funde previamente en hornos de cubilote.

Para la operación o Soplo se coloca el convertidor en posición horizontal, se añade la carga y se empieza a elevar poco a poco, al mismo tiempo que se inyecta aire por las toberas del fondo, hasta llegar al máximo cuando el convertidor está vertical. El aire penetra a través del hierro, permitiendo que actúe el Oxígeno como oxidante del Silicio y Manganeso, en presencia del hierro, que actúa como catalizador.

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
"ALFONSO REYES"
Cada. 1971. MONTES DE MARÍA



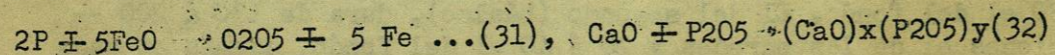
Los óxidos de Manganeso y fierro reaccionan con el anhídrido silícico (sílice) para formar silicatos que pasan a la escoria.



El calor desprendido () en éstas reacciones, aumenta notablemente la temperatura de la carga, produciendo una dilatación, (de aquí que el volumen del Horno sea mayor que su capacidad). La temperatura se controla agregando Ferrosilicio cuando se quiera aumentar y pedacería de fierro cuando se quiera disminuir, o también inclinando el Horno para que algunas toberas queden al descubierto, disminuyendo así la cantidad de aire y por lo tanto la combustión del silicio y manganeso. En esta parte del proceso se produce una llama roja obscura, no muy grande, que comenza a brillantarse a los 5-6 m, indicando la oxidación del carbón a óxido de carbono, al mismo tiempo que aumentan su temperatura y tamaño, hasta alcanzar una longitud de 10 o más metros. Hacia el final del "Soplo" empieza a acortarse, cambiando su color y el número de chispas, al llegar éste momento, se inclina el convertidor y se vacía el producto en tinas. El tiempo total del proceso varía de 10 a 20 m, según la clase de fierro utilizado y el producto deseado.

Generalmente el soplo se continúa hasta eliminación total del carbón, recarburizando más tarde, ya sea en el mismo horno o en la tina, con la adición de productos tales como: Cok, Antracita, Ferromanganeso, (80% de Mn) Spiegeleisen (12 a 20% de Mn, 5 a 7% de C), carburo de silicio, Silico-Manganeso y Silico-Spiegel. Estos agentes actúan también como desoxidantes, reduciendo los óxidos presentes y dando un producto homogéneo. Cuando se requieren algunos elementos en determinado porcentaje, se adicionan éstos en forma libre (Cu), o de compuestos (S, Mn, Al,).

b.- Proceso Básico.- El fierro empleado debe ser alto en Fósforo y Manganeso, ocasionalmente en azufre y bajo en carbón y silicio. El Manganeso produce el calor necesario y ayuda a la eliminación del azufre. La primera parte del proceso es análoga al anterior, oxidándose rápidamente el Silicio y parcial y lentamente el Manganeso y más tarde el carbón, después de lo cual el fósforo presente se oxida a pentóxido, combinándose con la cal añadida y dando fosfato tricálcico reversible, que pasa a la escoria; al mismo tiempo se elimina la mitad del azufre.



El proceso básico es mas costoso y dura un poco más, ya que la primera parte dura de 9 a 12 m, y la segunda de 5 a 6 m, además se requiere gran habilidad, ya que no hay indicación de la terminación del "Soplo" y el tiempo se juzga por la experiencia. Para la recarburización requiere la eliminación de la escoria, porque el fósforo, en presencia del manganeso recarburizante, vuelve a ser reabsorbido por la carga.

PROCESO DE HOGAR ABIERTO.-Se le llama también proceso Siemens Martín, porque emplea el principio regenerativo del calor de los Hermanos Siemens (1862) (empleando gas producido para obtener altas temperaturas, precalentando el gas y el aire por regeneración) para la producción de acero (1862-1868) por oxidación de fierro de fundición con óxido de fierro y la modificación introducida por Mar-

tín de dilución del fierro bruto con desperdicios de fierro (chatarra) y subsecuente refinación, empleando minerales de fierro. El proceso difiere del Bessemer en que se desarrolla muy lentamente (8 a 10 horas) por la baja velocidad de oxidación de las impurezas, de aquí que se requiera calentar para mantener el estado de fusión, sin embargo, su capacidad mucho mayor (50 a 250 tons.), la producción de aceros de diferentes calidades y el empleo de desperdicios, ha hecho que el proceso se coloque en primer lugar en la producción de aceros (1910). Actualmente se obtiene 10 veces más acero que por el método Bessemer, a pesar de que éste se desarrolló mas rápidamente.

Descripción del horno.- (Véase fig. 22). Es un Horno de reverbero, fijo o móvil, tipo rectangular, de ladrillo refractario, rodeado de ángulos y tirantes de acero, su capacidad varía de 50 a 250 tns. con un promedio de 100, con las dimensiones siguientes: Largo, 24 mts. ancho, 6.7 mts.; profundidad del crisol, 60 a 90 cms. El crisol puede ser de ladrillo refractario recubierto con arena sílica (50 cms.) en capas sucesivas, en el ácido, o bien de ladrillo magnesita cubierto con magnesita o dolomita calcinada y alquitrán (10%), en el básico. El resto es de ladrillo sílice, con una capa de cromita (neutro) alrededor del crisol, en el básico. Las porciones laterales del horno se llaman Cabezales y en ellas se introducen los quemadores (cuando los tiene), tienen un nivel exterior é interior mayor que el centro, elevado interiormente, dos conductos rectangulares para la salida de los gases de combustión y entrada del aire (de mayor tamaño), los cuales conducen a las cámaras de regeneración, pasando por cámaras intermedias llamadas recogedores de escoria. Los regeneradores están en número de dos, abajo del piso de carga y a cada lado del horno, son cámaras rectangulares rellenas de ladrillo refractario en forma tal que dejen conductos para la circulación de los gases. Operan alternadamente, saliendo por un lado los gases calientes de combustión (ceden su calor a los ladrillos) y entrando por el otro el aire y el gas combustible (cámara chica) (toman el calor absorbido por los ladrillos); cada 20 m. se invierte el proceso. Cuando se emplean quemadores para la inyección del combustible, el aire entra por las dos cámaras. Las cámaras comunican con una chimenea o directamente al aire, por medio de un sistema de compuertas.

a.- Proceso Básico.- Es el empleado para la producción de la mayor parte del acero, ya que se producen 150 veces mas acero que por el ácido. Después de cada operación el crisol se recubre de una capa de caliza o dolomita. Se carga la chatarra y cuando está parcialmente fundida ú oxidada, se añade el fierro (1 a dos horas después), en este momento se efectúa una violenta acción entre las impurezas de aquella y el óxido de fierro, oxidándose la carga y reaccionando con el óxido de calcio (Pag. 54) de la caliza descompuesta, formando una escoria poco básica, pero muy viscosa, que se eleva a la superficie por el óxido de carbono formado y se elimina al terminar este período, por un orificio situado por encima del nivel normal de la escoria. Después de esto se eleva la temperatura del horno, completándose la descomposición de la caliza y la fusión de la chatarra, se produce una violenta agitación debido al anhídrido carbónico desprendido formándose una escoria muy básica que arrastra la mayor parte del fósforo: Finalmente, se regula la eliminación de las impurezas (fósforo, carbón y azufre) con adiciones de mineral (oxidación del carbón) o caliza (eliminación del fósforo), indicados por análisis rápidos de muestras. Terminada la operación se vacía la carga por un orificio situado en la parte posterior del horno,

UNIVERSIDAD DE MEXICO
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
"ALFONSO REYES"
Cada. 1925. MONTENEGRO, MEXICO

en tinas de gran capacidad colocadas a un nivel inferior, se desoxida con Ferrosilicio o Ferromanganeso y se carburiza con carbón en polvo, también pueden añadirse otros materiales, según el acero requerido. La escoria se deja rebosar, recogiendo en una tina mas pequeña.

b.- Proceso Acido.- Se asemeja al Bessemer ácido o sea; eliminación del Silicio y parte del Manganeso en el período de fusión (3 á 4 horas.) y oxidación del carbón en proporción inversa del contenido de aquellos, en general, 2/3 del total de éste se eliminan hasta fusión completa de la carga y el resto se oxida lentamente, acelerándose con adición de mineral. El tiempo de operación es menor que en el básico. La recarburización y desoxidación pueden desarrollarse en la tina, pues no hay el peligro de inversión de la escoria, añadiéndose los materiales 20 á 40 . antes de la picada.

PROCESO DUPLEX.- Es una combinación del proceso Bessemer ácido y del de Hogar abierto básico. Puede desarrollarse de dos maneras, o bien se eliminan el Silicio y Manganeso y parte del carbón en el Bessemer (5 a 6 m.) y el resto se trata en el de hogar abierto o se baja el carbón hasta unos décimos y se mezcla con hierro de fundición. En ambos casos se procede en el horno de hogar abierto como ya se explicó.

PROCESO ELECTROTÉRMICO.- Se emplea para la producción de aceros especiales y aleaciones de acero (acero Stainless, Acero manganeso, acero para imanes, etc.) a partir de acero Bessemer o de Hogar abierto. Se pueden emplear los tres tipos de hornos descritos (Pag. 19) pero el mas empleado es el horno Heroult que es un horno del tipo de arco de resistencia, formando la carga parte del circuito eléctrico y siendo los arcos operados en serie. Emplean corriente alterna de tres fases (conductores con 3 corrientes de fase simple, con un desplazamiento angular de 120°) y tres electrodos para los tipos pequeños, con sección horizontal circular y de 6 electrodos para los de gran tamaño, empleando dos circuitos trifásicos y de sección horizontal oval. También se emplea mucho el horno Lectromelts para trabajos de hierro y acero vaciado, similar al de Heroult, diseñado para rápida fusión y de recubrimiento generalmente ácido, pero fácilmente intercambiable. Emplea tres electrodos ajustables en formación triangular y corriente trifásica conectada en estrella, además, está dotado de movimiento como los hornos de Heroult, los chicos giran sobre muñones y cremalleras y los grandes en un sistema basculante. La electrotermia presenta grandes ventajas, como son: a.- El calor puede suministrarse rápidamente, de tal modo que pronto se alcanzan altas temperaturas, b.- La temperatura puede regularse fácilmente y mantenerse por cualquier período de tiempo. c.- La carga puede tratarse en atmósferas reductora ú oxidante, según las impurezas a eliminar y se puede sustituir una escoria por otra sin dificultad, d.- Se puede controlar fácilmente la eliminación o permanencia de ciertos constituyentes en el baño, introduciendo metales por la reducción de sus óxidos, e.- El material no es impurificado por gases de combustión, de tal modo que se obtiene un acero mas puro. Sin embargo, el alto costo de la corriente eléctrica lo hace inapropiado para producir acero directamente del hierro bruto.

Operación.- Si el acero se va a obtener de carga fría se añade pedacería de hierro de propiedades físicas y composición adecuada, fundiéndose lo mas rápidamente posible; una vez fundida la carga, se adiciona cal mezclada con espato fluor o arena como fundentes, con el objeto de formar una escoria mas flúida. La escoria resultante es muy básica y oxidante, debido al óxido de hierro de la carga formado

durante la fusión, llamándosele "Escoria negra". Si se van a eliminar grandes cantidades de fósforo, manganeso, etc. se debe añadir mineral de hierro para aumentar la oxidación, o eliminar la primera escoria una vez fosforizada y formar otra nueva, cuyo carácter vá a ser también básico; pero reductora en lugar de oxidante, formada principalmente por cal con espato fluor, arena y carbón de cok en polvo; a ésta escoria se le da el nombre de "Escoria blanca". En este segundo período se desarrollan las siguientes operaciones: a.- El azufre se elimina casi totalmente por formación de sulfuro de calcio, aumentando su eliminación con la presencia de manganeso, b.- Se produce una desoxidación del baño, por la reacción del óxido de hierro con el carburo de calcio formado al reaccionar la cal con el carbón, c.- Los metales que se desean alear con hierro pueden añadirse en forma de ferroaleaciones o en forma de óxidos, por las condiciones reductoras de la escoria.

Una vez que los elementos se han pasado al hierro, se deja reposar la carga durante un tiempo más o menos largo después de la eliminación de la escoria, con el objeto de eliminar los gases, óxidos, etc., si es necesario se recarburiza y después de un tiempo conveniente se vacía el acero. Si se emplea acero Duplex o de Hogar abierto la operación se desarrolla únicamente con escoria reductora. La operación dura alrededor de 6 horas.

PROPIEDADES.- (Véase capítulo siguiente).

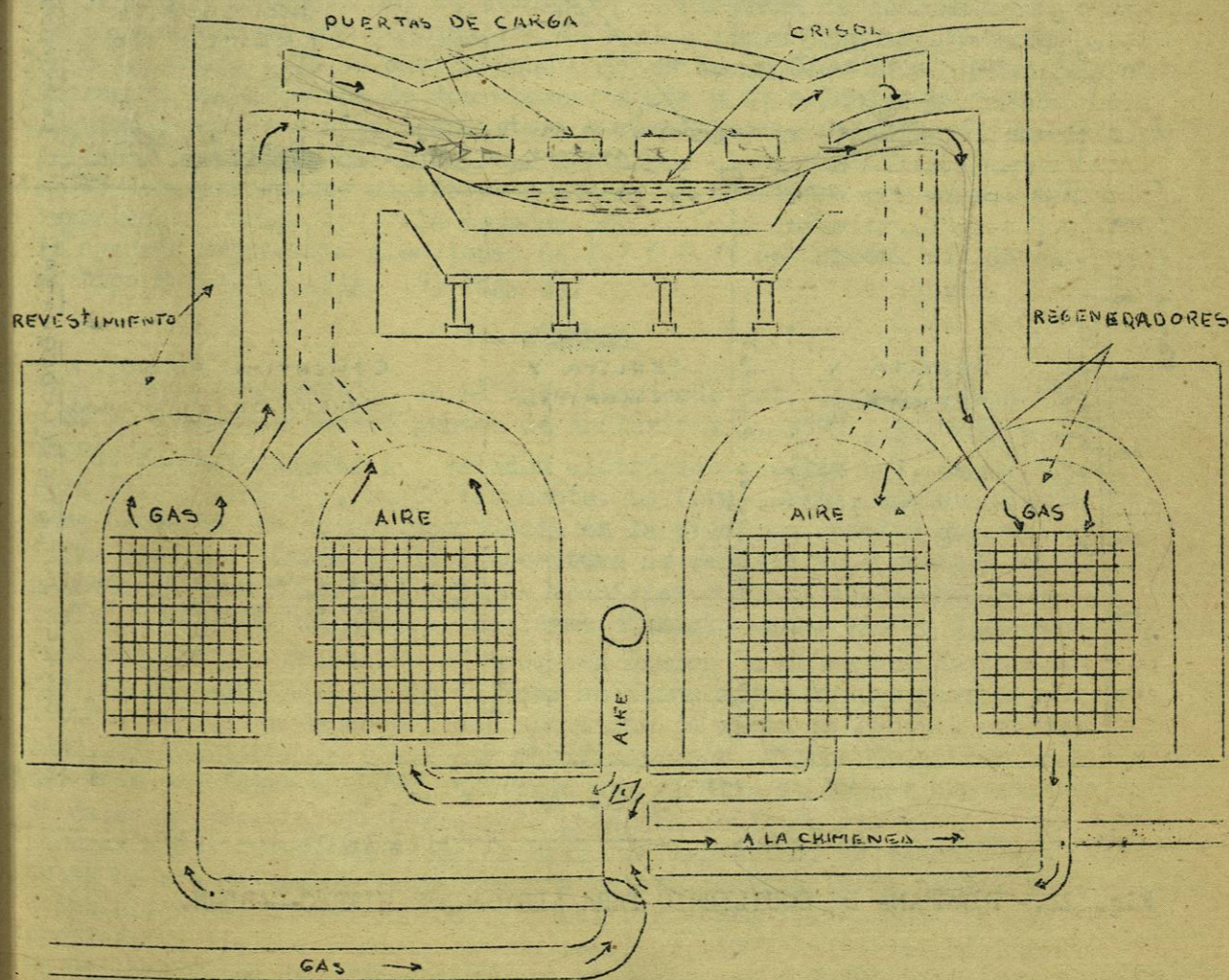


Fig. 22.- HORNO DE HOGAR ABIERTO.

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
"ALFONSO REYES"
Cada. 1977