

C.- FUNDICION ATRUCHADA.- Se llama también Moteada o Matizada,-- representa un estado intermedio de las variedades anteriores, tanto en su aspecto como en sus propiedades, con el grafito solo parcialmente separado (partes oscuras) y una masa blanquecina de carburo de hierro, dependiendo sus propiedades de la proporción de éste. Se forma en composiciones intermedias y en las zonas interiores de piezas sometidas a templado superficial.

D.- HIERROS DE FUNDICION MALEABLE.- Son hierros obtenidos por la maleabilización del hierro de fundición blanca, que consiste en un recocido de las piezas empaquetadas en cajas de fierro vaciado, para transformar la cementita en grafito de una forma especial de gránulos redondeados o nódulos finamente dispersos que le comunican propiedades especiales. Según el tratamiento térmico pueden producirse dos tipos: el ferrítico y el perlítico. La operación se lleva a cabo calentando las piezas por 5 a 6 días a 350°C en condiciones no oxidantes. Cuando los vaciados son enfriados lentamente se obtienen los tipos ferríticos. Modificando la maleabilización y el recocido de tal modo que quede algo de cementita sin transformar se obtienen los hierros maleables perlíticos, en ellos la cementita queda en forma esférica y finamente distribuida. Los hierros de fundición maleable combinan la dureza del hierro de fundición con la maleabilidad y la ductilidad de los aceros de bajo y medio carbón, a los cuales se asemejan. Tienen gran uniformidad de estructura, gran resistencia a la fatiga y al impacto y gran tenacidad, pero son fácilmente maquinables. En su forma normal presentan una resistencia a la compresión mayor que la del fierro gris, pudiendo llegar a --- 18,000 Kgs/cm². Su dureza es de 130 Brinell y su resistencia a la tensión es de 4,000 Kgs/cm², con un alargamiento del 18%. Las variedades perlíticas tienen una resistencia a la tensión de 4,200 Kgs/cm² a 6,300 Kgs/cm², con un alargamiento que disminuye de 10 a 2% y una dureza Brinell de 163 a 285. Se utilizan en la manufactura de artículos o formas demasiado complicadas para un forjado económico, que tengan propiedades de resistencia y tenacidad que no puedan obtenerse con la fundición gris. También para partes de maquinaria, implementos de agricultura, válvulas y conexiones, partes para ferrocarril y automóviles, cigueñales, cajas de engranes, etc.

D.- HIERROS DUCTILES.- Son variedades del hierro de fundición gris semejantes a los anteriores, sólo que la maleabilización se ha producido por la adición de pequeñas cantidades de Magnesio, Cerio o varias aleaciones, a hierros de fundición gris libres de azufre y fósforo, eliminando el largo proceso de maleabilización. Se llaman también Hierros Nodulares.

II.- HIERROS MALEABLES.

GENERALIDADES.- Son hierros que provienen de la refinación del hierro bruto de fundición. Disminuyendo su contenido de carbón hasta un porcentaje menor de 1.7, se obtienen los Aceros y si la disminución es casi total se obtienen los Hierros Dulces, con menos de 0.06 % de C. Si el % de carbón es de 1.7 a 2.2 se obtienen Semiaceros, éstos son en realidad hierros de fundición, con un porcentaje elevado de acero. Se caracterizan por tener maleabilidad directa, cuando

menos dentro de ciertos límites de temperatura. No confundir con los hierros de fundición maleable, cuya maleabilidad es provocada.

A.- HIERROS DULCES

GENERALIDADES.- Se conocen con este nombre los hierros cuyo contenido de carbón varía de 0.04 a 0.06% y con un contenido de impurezas casi nulo, por lo cual tienen un punto de fusión muy elevado y son muy suaves o dulces, no endureciéndose ni por el enfriamiento rápido y presentando una resistencia a la tensión menor de 45 Kgs/mm². Cuando se obtienen por los mismos métodos de fusión que los aceros se llaman Hierros de Lingote y cuando se obtienen al estado sólido con forjado posterior, se llaman Hierros de Pudelado o Hierros Batidos o Forjados. Pueden comprender además los Hierros de Crisol y el Hierro Esponja.

1.- HIERRO DULCE DE LINGOTE.- Es el más importante, sus propiedades corresponden aproximadamente a las del hierro puro. Presenta cuatro formas alotrópicas durante su enfriamiento (Fig. 28). A altas temperaturas existe la forma delta (δ), que no es de importancia. Arriba de 910°C la forma gamma (γ) que corresponde a la máxima solubilidad del carbón (0.06%), no magnética y con cristales en el centro de las caras. De los 910°C hasta 770°C existe la forma beta (β) que no tiene importancia, llamándosele también hierro paramagnético. Finalmente, abajo de los 770°C existe la forma alfa (α) hasta la temperatura ordinaria. En esta forma, que es la normal, corresponde al Tipo B, con átomos en el centro del cubo, de aquí su ductilidad. Es magnético y buen conductor de la electricidad, mejorando estas propiedades con la pureza y variando sensiblemente con la temperatura. Puede considerarse como una solución de carbón en hierro puro llamada Ferrita. Es suave, dúctil, de baja relación -- elástica, alto punto de fusión de 1,535°C. Resistencia a la tensión de 2,800 Kgs/cm² a 3,300 Kgs/cm² (28 a 33 Kgs/mm²), con un alargamiento de 40% en 5 cms; Densidad 7.874, Dureza, 82 a 100 Brinell, 39 a 55 Rockwell B. Es más resistente a la corrosión que los aceros de bajo carbón, sin embargo, es fácilmente atacado por los ácidos diluidos, para protegerlo contra la corrosión se somete a Galvanizado o Estañado.

2.- HIERRO DE PUDELADO O FORJADO.- La A. S. T. M. lo define -- "como material ferroso, formado por el agregado de una masa solidificada de partículas pastosas de hierro metálico altamente refinado, con el cual, sin subsecuente fusión, se ha incorporado una pequeña y uniformemente distribuida cantidad de escoria". Como se ve el hierro de Pudelado es un hierro dulce con un pequeño contenido de escoria en forma de silicato de fierro (0.6 a 3%), a la cual debe probablemente su mayor resistencia a la corrosión. Esta se halla distribuida en fibras microscópicas orientadas paralelamente a la dirección del laminado y formando bandas que se pueden poner de manifiesto atacando al hierro con ácidos diluidos. Después de obtenido se somete a un forjado o laminado para convertirlo en las formas requeridas, variando algo sus propiedades con la duración y la naturaleza del mismo, sobre todo las propiedades direccionales, -- así, la última fuerza a la tensión es 20 a 60% más alta en la di --

rección del laminado, que en sentido perpendicular. Si éste se ha desarrollado hasta la temperatura crítica, se reduce el tamaño del grano y se aumenta la ductilidad y la tenacidad, pero si se continúa por abajo de dicha temperatura (en frío), disminuye la ductilidad. La resistencia a la compresión varía de 2,130 Kgs/cm² a 5,000 Kgs/cm² y la resistencia al corte es de 5,000 Kgs/cm². Tiene una dureza Rockwell-B de 55 y una densidad de 7.7. Es fácilmente maquinable y fácil de soldar, por actuar la escoria como fundente. Como puede verse, es de mayor resistencia y menor ductilidad que el hierro dulce, considerándose por esto que la escoria forma con el hierro una aleación de solubilidad total.

OBTENCION.- Se obtiene por dos procesos, el de Pudelado y el de Astón-Byer.

a).- PROCESO DE PUDELADO.- Es un proceso practicamente abandonado. Consistía en tratar el hierro bruto de fundición de alto silicio y bajo fósforo y azufre, en Hornos de Reverbero (Fig. 3) de 1,500 Kgs. por día, con oxido de fierro y escoria de una operación anterior, produciéndose primero la oxidación del silicio y manganeso para formar la escoria y después la del carbón, cuya eliminación daba por resultado un aumento de la temperatura de fusión y como la del horno no aumentaba, el fierro empezaba a solidificarse hasta formar grandes bolas de pudelado que se sacaban para forjarlas en una prensa, en donde se eliminaba el exceso de escoria antes de llevarlas al laminado.

b).- PROCESO ASTONE.- Es el proceso moderno, produce un hierro de mejor calidad y en mayores cantidades. Consiste en vaciar hierro fundido lo más puro posible obtenido en un convertidor Bessemer (Pág. 31), sobre escoria de silicato de fierro (preparada por la fusión en hornos de Reverbero de óxido de fierro y arena sílice) en recipientes mezcladores. El hierro añadido, por la reducción súbita de temperatura al mezclarse con la escoria más fría, desprende con gran violencia los gases absorbidos, desmenuzándose en pequeñas partículas en forma de glóbulos recubiertos de escoria los cuales se sedimentan en el fondo de la olla en una masa esponjosa, que se golpea para extraer la escoria sobrante y se lamina.

USOS.- Actualmente el hierro de pudelado tiene poca importancia comercial, habiendo sido sustituido por el acero de bajo carbono, constituye solo un 2% de la producción total, empleándose por sus buenas propiedades de soldado y su resistencia a la corrosión para tubos soldados, lámina para techos, cadenas, áncoras, etc. y como base para la obtención de aceros cementados y para trabajos ornamentales, también se usa en partes para automóviles y locomotoras.

3.- HIERRO DE CRISOL.- Es un hierro obtenido fundiendo en un crisol chatarra de acero y de hierro forjado, con hierro bruto de fundición, en contacto directo con el fuego de carbón de leña ó de Coke. El carbón en el hierro se oxida con un soplo de aire en un lado del crisol. El hierro obtenido se usa para propósitos en donde se desee alta resistencia a la corrosión.

4.- HIERRO ESPONJA.- Se produce directamente del mineral de hierro, usando un pequeño horno de soplo o un horno eléctrico. La carga consiste en mineral de alto grado, óxido de hierro y algún material carbonáceo, suministrando justamente la cantidad de aire apropiada para oxidar el carbón sin oxidar el fierro. También puede

de hacerse por reducción directa del mineral con Hidrógeno y Monóxido de carbono en reactores especiales. Se llama así porque el hierro no alcanza a fundir, sino que queda en forma esponjosa, se emplea como materia prima para la producción de aceros de alto grado.

B.- ACEROS .

GENERALIDADES.- Son aleaciones de hierro-carbón conteniendo de 0.08 a 1.8% de éste último. De propiedades intermedias entre los hierros dulces y los de fundición. Son maleables cuando menos dentro de ciertos límites de temperatura y capaces de obtenerse por vaciado a partir de una masa inicialmente maleable o de endurecerse por súbito enfriamiento, o de las dos cosas.

OBTENCION.- Los procesos de aceración comprenden tres tipos a saber: 1o.- Carburización del hierro dulce, 2o.- Refinación del hierro bruto de fundición, 3o.- Proceso Electrotérmico. En el primer grupo se encuentran dos métodos que presentan poco interés práctico, el proceso de cementación y el de Crisol. En el segundo grupo el proceso Acido, el Básico y el Duplex. El tonelaje mayor de Acero estructural (90%) es producido por el proceso Básico de hogar abierto, usándose el electrotérmico, el de crisol y el de Cementación, para producir pequeñas cantidades de aceros de alto carbono o aceros de aleación, tales como: Acero Cromo, Acero Manganeso, Acero Níquel, etc., generalmente para piezas vaciadas, sobre todo el electrotérmico, por su mayor facilidad de control.

1.- CARBURIZACION DEL HIERRO DULCE.

A.- PROCESO DE CEMENTACION.- Se basa en que los Hierros dulces o Forjados y los Aceros de bajo carbono absorben carbono a la temperatura del rojo brillante para transformarse en aceros de alto carbono, por lo tanto, consiste en calentar las piezas prefabricadas de hierro dulce, con algún material carbonáceo: carbono de madera, grafito, cianuro o ferrocianuro de potasio, metano y otros gases, a la temperatura del rojo brillante. La cantidad de carbono absorbido depende de la temperatura, del tiempo de tratamiento, y del espesor de las piezas. Se emplea para fabricación de herramientas, con carburización superficial seguida de un templado para endurecer la superficie, conservando el corazón blando. En algunas partes de Europa se emplea para obtención de ejes, engranes, cojinetes, etc.

B.- PROCESO DEL CRISOL.- Solo tiene importancia histórica (1,740), consiste en fundir mezclas de hierro dulce con carbono en polvo y otras aleaciones deseadas, sobre todo ferro manganeso, en crisoles de arcilla o de grafito, con capacidad de 50 Kgs. Al fundir la carga, el hierro disuelve carbono, formando un producto uniforme que se vacía en moldes después de desoxidar. Se obtienen aceros muy puros, pero a un alto costo, por lo cual solo puede usarse para aleaciones especiales.

2.- PROCESOS POR REFINACION.

GENERALIDADES.- Consisten en la refinación (eliminación de las impurezas) del hierro bruto de fundición, ya sea solo o con la adi-

ción de chatarra, ajustando el por ciento de carbón e impurezas al valor deseado. La operación puede ser Básica o Ácida según la naturaleza de la carga. La presencia de una gran cantidad de fósforo le da a la carga un carácter ácido, lográndose su eliminación con la adición de fundentes básicos, sobre todo caliza (Proceso Básico). Estos procesos pueden llevarse a cabo en tres tipos de hornos: En convertidores, en hornos de hogar abierto y en hornos eléctricos. Además de los procesos Ácido y Básico se aplica una combinación de los dos llamado proceso Duplex y dos procesos Triplex que se han desarrollado modernamente. El acero obtenido en cualquiera de estos procesos se vacía en ollas provistas de un orificio en la parte inferior, obturado por una barra (espina) recubierta con manguitos de arcilla refractaria y con un tapón de grafito en el fondo, la cual se mueve mediante una palanca exterior, levantándose para dejar salir el acero y tapando el orificio al bajar. Antes de vaciar el acero en ollas se hace un análisis de carbón y manganeso para ajustarse a los límites, agregándolos a la olla al tiempo de vaciar; el manganeso actúa al mismo tiempo como desoxidante, agregándose también con este fin ferro silicio; para recarburizar se agrega carbón de Coke pulverizado o aleaciones de Manganeso de alto carbón. También pueden agregarse a la olla ciertos elementos de aleación cuando sea necesario, sobre todo en el horno eléctrico. Terminado el vaciado del horno, se transporta la olla para el vaciado en lingoteras (moldes permanentes rectangulares de fierro vaciado) para obtener lingotes para laminado o bien en moldes de arena para producir piezas, principalmente del Horno eléctrico. Antes de describir estos procesos es conveniente tener una idea de los tipos de hornos empleados, por lo cual se describirán a continuación.

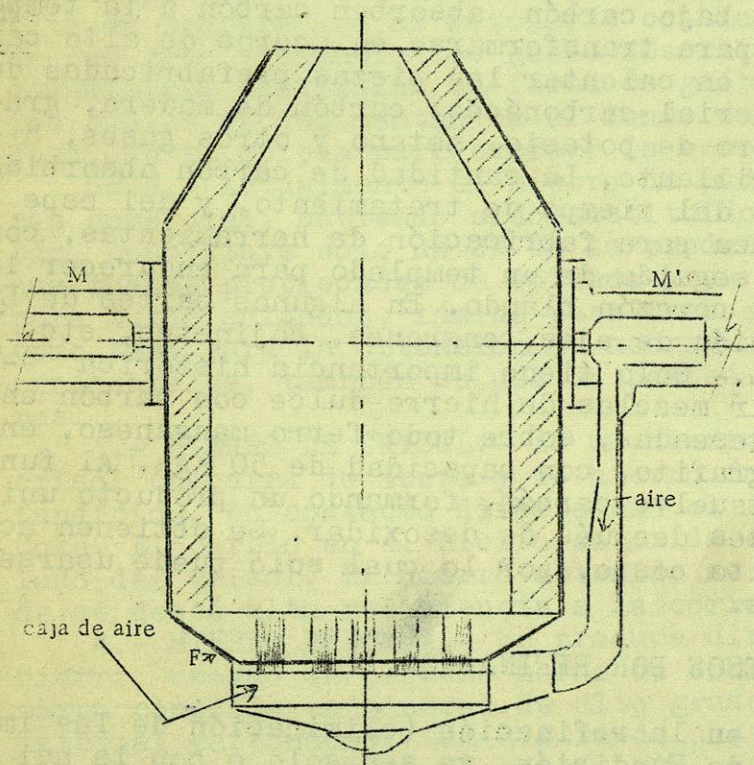


Fig. # 31 . Convertidor Bessemer ..

CONVERTIDORES.- El convertidor más conocido es el Bessemer, descubierto por Sir Henry Bessemer (1855) usado para el proceso ácido, para el básico se usa en Inglaterra el convertidor Thómas, de mayor tamaño que el anterior para la misma capacidad. El convertidor Bessemer es un recipiente de forma de pera (Fig. 31) colocado sobre unos muñones (M) que le permiten girar alrededor, uno de estos es hueco (M'), para permitir el paso de una corriente de aire que se inyecta al convertidor a través de una serie de orificios en unos cilindros de arcilla refractaria llamados toberas (T), éstas van colocadas en un fondo removible (F) y empacadas alrededor

con mortero refractario. Cada convertidor tiene varios de éstos fondos para estarlos reparando, ya que duran solamente de 25 á 30 sopladuras, mientras las paredes, menos afectadas, duran hasta 800 sopladuras. El tamaño promedio del convertidor es de 2 1/2 mts. de diámetro por 4 1/2 de alto, con capacidad de 15 tons. Para operarlo se pone horizontal, recibiendo el fierro fundido en una curva que tiene en su parte superior, se va levantando lentamente mientras se va introduciendo el aire por las toberas (Soplo), hasta llegar al máximo cuando el convertidor está vertical.

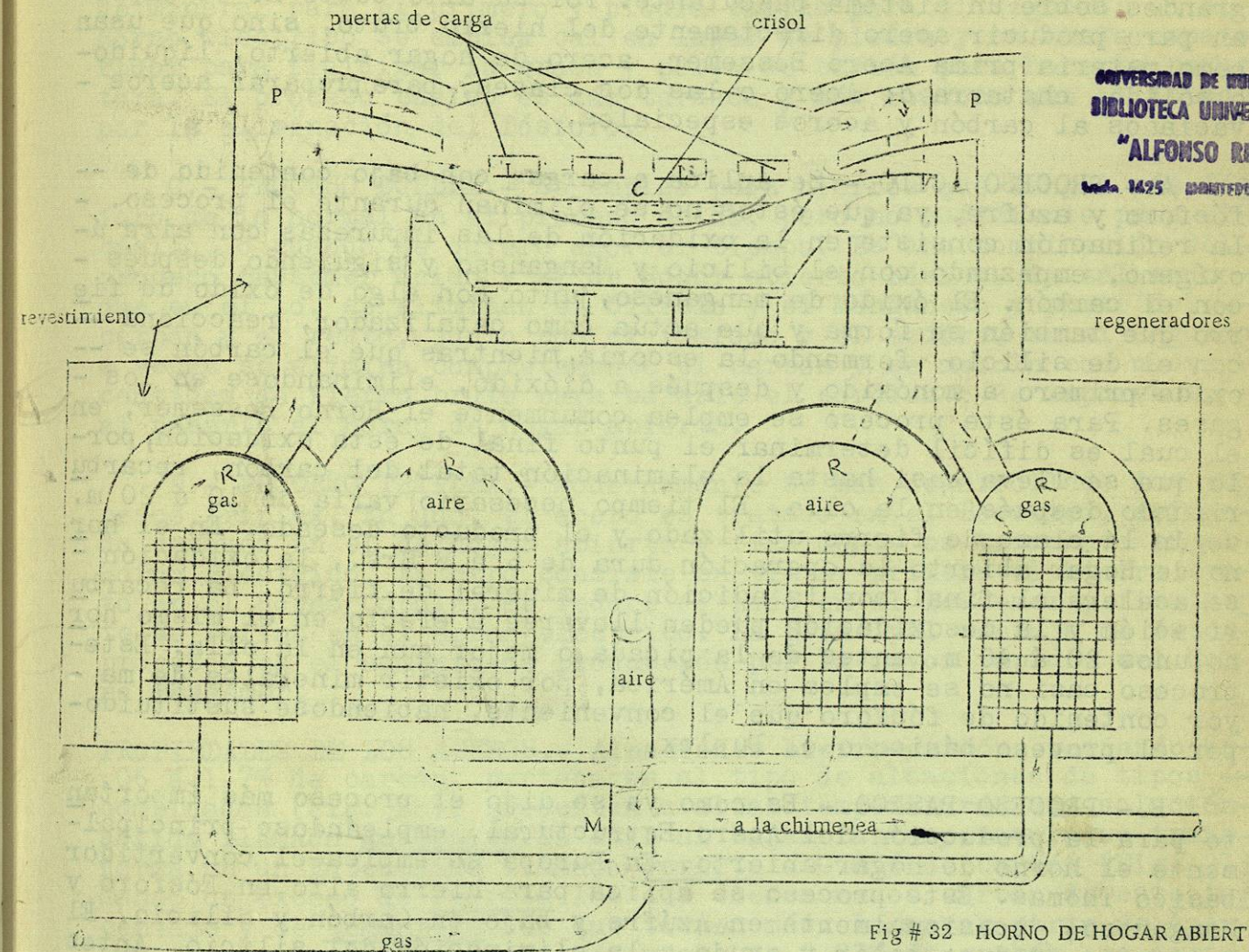


Fig # 32 HORNO DE HOGAR ABIERTO.

HORNO DE HOGAR ABIERTO.- (Fig. 32). Se conoce también como horno Siemens-Martin, en honor de sus descubridores, los hermanos Siemens que adaptaron su principio regenerativo del calor a un horno de Reverbero. Martín introdujo la modificación de diluir el hierro bruto de fundición con chatarra o desperdicios de acero y refinarlo con mineral de fierro. Varía en capacidad de 50 á 250 Tons. Es un horno de Reverbero de tipo rectangular, construido de ladrillo refractario, rodeado de ángulos y tirantes de acero, con un crisol (C) en el centro y dos cabezales en los lados (P) que comunican abajo con una cámara de escoria y con dos cámaras regenerativas (R) que pueden comunicar con una chimenea o directamente al aire por un sistema de compuertas (M). Tiene además varias puertas de carga

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
"ALFONSO REYES"
Volumen 1425 MONTEDELEY, IMPRESA