



Tratamientos Termicos

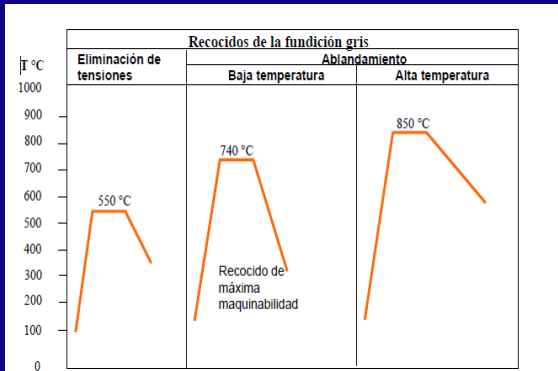
Travesia Mercadillo, 36, 48970
GALDAKAO (Bizkaia-Vizcaya)
Tfno 944 562 512 Fax 944 562 554
www.biltra.com
comercial@biltra.com

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification



**TRATAMIENTOS
TERMICOS PARA
FUNDICION**

TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LAS FUNDICIONES



El tratamiento térmico de las fundiciones se realiza fundamentalmente para eliminar las tensiones internas que surgen durante el fundido. Estas tensiones conducen con el tiempo, a la variación de las dimensiones y forma de la fundición, disminución de la dureza y mejoramiento de la maquinabilidad por corte y una elevación de las propiedades mecánicas.

En el proceso de tratamiento térmico de la fundición ocurren las mismas transformaciones que en el acero. Sin embargo, éstas se complican por el hecho de que durante el calentamiento de la fundición se puede desarrollar el proceso de grafitización que cambia complementariamente la estructura y, por lo tanto, las propiedades de la fundición.

Entre los tratamientos más usados para una fundición gris son: El recocido y la normalización. Otros tratamientos como el *austempering*, *tempering* y *hardening*, son usados en ocasiones limitadas.

En términos de tratamiento térmico, las fundiciones grises pueden ser consideradas una composición de grafito libre (lamina) y hierro eutectoide (matriz). La situación puede ser adicionalmente complicada por la variedad de sección, por consiguiente la respuesta térmica variará un poco.

Por esta razón es necesario desarrollar experimentalmente los procesos precisos si se desea resultados óptimos.

RECOCIDO

Existen dos procesos de recocido que suelen ser aplicados a las fundiciones grises:

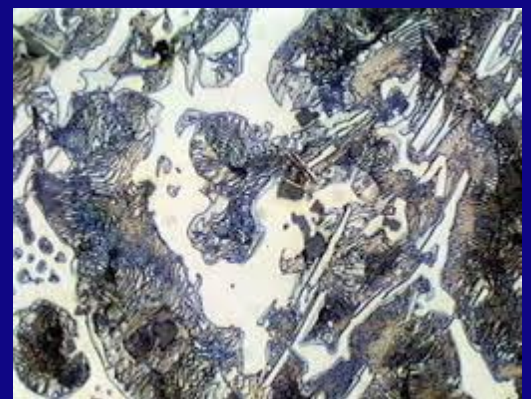
- 1° De eliminación de tensiones, y
- 2° De ablandamiento

A continuación se estudiarán con detalle cada uno de ellos.

1°. Los recocidos para la eliminación de tensiones se realizan a temperaturas relativamente bajas, a unos 550 °C aproximadamente.

Se dan para eliminar las tensiones que a veces tienen las piezas como consecuencia de los rápidos enfriamientos. Estos se experimentan cuando desciende su temperatura, desde la correspondiente a la de solidificación hasta la del medio ambiente.

2°. Los recocidos de ablandamiento de las fundiciones grises se dan a unos 740 °C, y sirven para mejorar la maquinabilidad y ablandar el material. Fundiciones grises en las que, por causa de los elementos de aleación o por la presencia de zonas pequeñas con enfriamiento rápido, no se consigue la matriz ferrita, se recuecen a 850 °C.



RECOCIDO PARA ELIMINACION DE TENSIONES



Los recocidos a bajas temperaturas se realizan a unos 550 °C durante un periodo que depende de la masa y constitución de la fundición. Este periodo generalmente se considera igual a 1 hora por cada 25 mm de espesor y luego se le da un enfriamiento en horno a puerta cerrada. Este proceso no tiene un efecto en las propiedades mecánicas, pero elimina las tensiones que siempre suelen tener las piezas de fundición después de la solidificación y enfriamiento.

Conviene dar esta clase de recocido a piezas de formas complicadas, o que deban tener tolerancias dimensionales muy precisas, como cilindros de motores de explosión, bancadas de máquinas herramientas, etc.

Si no se eliminaran estas tensiones, las piezas pueden sufrir luego deformaciones durante la mecanización o durante el funcionamiento que, en ocasiones, crean importantes problemas y dificultades.

Deben emplearse velocidades lentas de calentamiento y en especial de enfriamiento, para evitar nuevas tensiones o roturas, sobre todo cuando las piezas son de formas complicadas.

1- Recocido de ablandamiento o ferritización.

Se suelen emplear los siguientes tipos de recocidos:

- 1°. Recocido a 700 – 760 °C, llamado también subcrítico.
- 2°. Recocido a 800 – 900 °C, llamado recocido medio o completo.
- 3°. Recocido a 900 – 925 °C, llamado recocido de grafitización.

1.1- Recocido a 700 – 760 °C.

Para disminuir la dureza de las fundiciones grises se les somete a recocidos a 740 °C aproximadamente con enfriamiento en horno a puertas cerradas. Este recocido es interesante porque en ocasiones las fundiciones grises en bruto de colada quedan relativamente duras y su mecanización es difícil.

En muchos casos las microestructuras de estas fundiciones en bruto están constituidas por grafito y ferrita y cantidades variables de perlita y sorbita. Estos constituyentes, perlita y sorbita, son los que dan alta dureza y cuando interesa mucho facilitar la mecanización conviene transformarlos por recocido, en ferrita y grafito.

Para conseguir después del recocido una estructura de ferrita y grafito, que es la mejor para el mecanizado, debe alcanzarse en el recocido una temperatura de unos 740 °C aproximadamente.

De manera que si después de sobrepasar la temperatura crítica y llegar a los 740 °C, se mantiene esta temperatura durante un cierto tiempo, se consigue que la perlita y la sorbita se transformen en austenita.

En esas condiciones, temperatura ligeramente superior a la eutectoide y mantenimiento prolongado, la austenita va cediendo carbono que se deposita en forma de grafito, obteniéndose al final ferrita y grafito.

Si se emplean temperaturas más altas del orden de 800 – 900 °C, y el enfriamiento se hace al aire, se deposita muy poco grafito y es muy difícil obtener baja dureza. Con este recocido a 740 °C se baja la dureza de las fundiciones hasta 120 - 130 Brinell.

1.2 – Recocido a 800/900 °C

Es usado en situaciones donde, por causa de los elementos de aleación o por la presencia de zonas pequeñas con enfriamiento rápido, obtenidas en el recocido subcrítico, no se consigue la matriz ferrita.

En este proceso la fundición es calentada a temperatura de 800 – 900 °C, llegándose de esta manera por encima de la temperatura de transformación eutectoide.

Después de mantenerla por 1 h por cada 25 mm de espesor, la fundición es enfriada lentamente por la región de transformación eutectoide, promoviendo la formación de ferrita.



Al calentar de 800 – 900 °C, no hay formación de grafito o esta formación tiene poca importancia, ya que la temperatura de mantenimiento no es apropiada para el depósito de gran cantidad de grafito; calentando a 850 °C por ejemplo, se formará austenita.

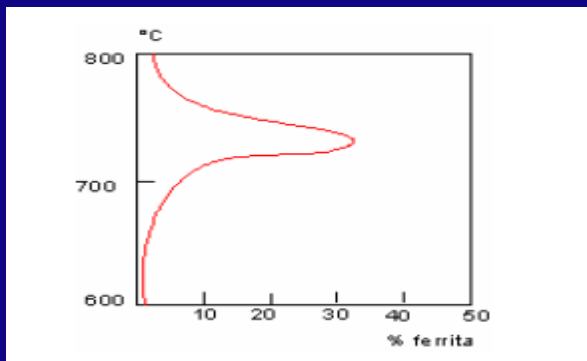
Durante la permanencia a esta temperatura habrá formación de una pequeña cantidad de grafito y luego, en un enfriamiento sin precauciones muy especiales, al pasar la zona eutectoide, se formará perlita.

Si se calienta a 850 °C se puede obtener la microestructura de grafito y ferrita, con enfriamiento muy lento. Este tratamiento de 800 – 900 °C también es recomendable para fundiciones grises de gran dureza y para fundiciones atruchadas que contienen cementita hipereutectoide.

En esos casos la dureza inicial que será francamente alta, 250 a 300 Brinell, se podrá disminuir con este recocido. En este tratamiento se calentará a unos 850°C aproximadamente y luego se cuidará que la velocidad de enfriamiento sea muy lenta, sobre todo en la zona crítica de 700 – 720 °C, para facilitar el depósito del grafito eutectoide y luego se puede enfriar al aire.

En la figura 3.2 se ve como en la zona de 700 – 740 °C es en la que hay mayor formación de ferrita y de grafito y es, por lo tanto, la más crítica en esta clase de recocido.

Cantidad de ferrita que se forma cuando las fundiciones de C = 3 % y Si = 2,20 %, después de ser calentada a 875 °C son enfriadas en baño de plomo durante 5 min. a las temperaturas que se indican en la figura.



1.3 Recocido a 900 – 925 °C.

Es usado en fundiciones grises sólo cuando se quiere el retiro de carburos. Este tratamiento consiste en calentar la pieza a temperaturas aproximadamente de 900 – 925 °C. El tiempo de permanencia debería ser el mínimo (para evitar procesos de oxidación y formación de óxidos en las fronteras de grano), basado en la evaluación microestructural y, para evitar formación de cascarilla innecesaria se puede usar horno de atmósfera controlada.

Después de la descomposición de carburos, la forma de enfriar dependerá de la microestructura que se desee. Si se desea una estructura ferrítica, se recomienda un enfriamiento en horno a puerta cerrada. Pero si se desea una fundición de matriz perlítica, se recomienda un enfriamiento al aire.

La experimentación puede ser necesaria para compensar los efectos de geometría y composición de la fundición.

NORMALIZADO

La normalización es el calentamiento de la fundición hasta 850 – 950 °C con un enfriamiento posterior al aire sereno. Se emplea normalización para aumentar la dureza, tenacidad y resistencia al desgaste de la fundición. Esto se logra gracias a la total transformación de la base estructural ferrítica o ferrito-perlítica, en la de perlita de la fundición gris (perlitización).

La fundición ferrítica maleable después de la normalización a 800 – 850 °C se transforma en la fundición perlítica maleable.



TEMPLE Y REVENIDO

La posibilidad de mejorar por temple ciertas propiedades en las fundiciones es debida, como en los aceros, a que estas aleaciones, al ser calentadas a elevadas temperaturas, 750 a 900 °C se transforman, una parte en austenita.

Este constituyente al ser enfriado luego, más o menos rápidamente, se convierte en martensita o en otros constituyentes intermedios. La martensita, o los otros constituyentes intermedios, obtenidos después del temple y los constituyentes que se obtienen después de su revenido, tienen propiedades de gran interés y para numerosas aplicaciones.

Dichas propiedades son mucho mejores que las que corresponden a las estructuras de bruto en colada.

En general, las leyes que rigen el temple y revenido de las fundiciones son muy parecidas a las de los aceros.

En ocasiones se puede endurecer y aumentar la resistencia a la tracción de las fundiciones grises por tratamiento térmico. De esta forma se consigue un gran aumento de dureza y también un aumento, aunque mucho menos sensible, de la resistencia a la tracción y de la resistencia al desgaste.

En forma general se somete a las fundiciones primero a un temple y luego a un revenido.

Los resultados que se obtienen dependen siempre, como es natural, de la clase de tratamiento, de la microestructura y de la composición química de la fundición.

Las fundiciones con gran cantidad de ferrita y grafito, no son las más recomendables para ser endurecidas por tratamiento térmico.

En cambio, con las fundiciones de matriz perlítica se puede conseguir mejoras muy importantes de dureza y de resistencia al desgaste por temple y revenido.

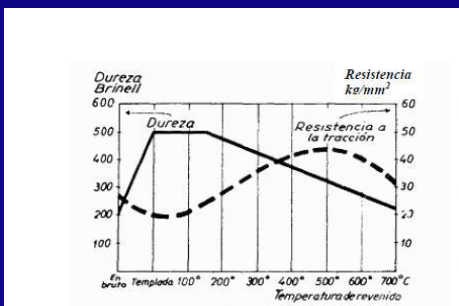
Con el temple aumenta la dureza y luego con el revenido disminuye; esta disminución es tanto más sensible cuanto más elevada sea la temperatura (figura 3.3). En cambio, el efecto del temple sobre la resistencia a la tracción es diferente.

En la misma figura se observa cómo con el temple disminuye la resistencia y luego, en cambio, con el revenido, aumenta.

Se observa que con revenidos a temperaturas inferiores a los 500 °C, aumenta la resistencia a medida que aumenta la temperatura de revenido.

En cambio, a partir de ese punto, las fundiciones se comportan igual que los aceros y la resistencia disminuye al aumentar la temperatura de revenido.

Influencia del temple y revenido en la resistencia a la tracción y en la dureza de las fundiciones grises.



En los resultados influye mucho la templabilidad de cada fundición. Ésta depende en gran parte de los elementos de aleación, debiendo considerarse también el espesor de las piezas y el medio de enfriamiento.

En general, es más fácil que se produzcan grietas o roturas en el temple de las piezas de fundición que en las del acero, puesto que las fundiciones están constituidas por una materia más débil que la de los aceros, debido principalmente a la existencia de láminas de grafito.



Las grietas se producen como consecuencia de las tensiones que se derivan del rápido y desigual enfriamiento que experimentan las distintas partes de las piezas al ser introducidas en el líquido de temple.

Suele ser más conveniente enfriar en aceite que en agua, porque en este último caso la velocidad de enfriamiento es muy grande, y son muy importantes las diferencias de temperatura entre diversas zonas de la pieza durante el enfriamiento.

Estas diferencias dan lugar a fuertes tensiones que pueden ocasionar deformaciones y roturas. Pero al temprar las fundiciones ordinarias en aceite, se observa que no se alcanzan altas durezas y el temple es imperfecto y por ello es necesario emplear en ocasiones elementos de aleación que mejoren la templabilidad. **Los elementos usados con ese fin son el cromo, cobre, níquel y molibdeno.**

Endurecimiento superficial de las fundiciones por flameado.



En muchos casos se puede mejorar la resistencia al desgaste de las fundiciones grises endureciendo únicamente su zona periférica. El método más empleado para ello es el flameado o calentamiento superficial con llama.

En ocasiones también, pero con menos frecuencia, se emplea el calentamiento por inducción.

En este proceso la capa exterior de la pieza es calentada a temperaturas superiores a la crítica de transformación por medio de una llama oxi-acetilénica o de gas y oxígeno, y luego se enfría rápidamente el material casi siempre con agua para conseguir la formación de martensita.

Las piezas de fundición después de este tratamiento están constituidas por una capa exterior periférica dura y resistente al

desgaste con un corazón blando de fundición gris.

Hay además una capa intermedia situada inmediatamente debajo de la capa dura, la cual experimenta un cierto calentamiento pero no llega a alcanzar la temperatura de temple.

Puede considerarse que esa zona sufre un recocido de ablandamiento.

El flameado es un tratamiento muy interesante para las fundiciones, empleándolo se puede obtener fácilmente una superficie dura, muy resistente al desgaste.

Este tratamiento en ocasiones tiene grandes ventajas debido a que las tensiones producidas por el flameado son menores que las producidas por el temple total, las tensiones producidas en el enfriamiento serán mayores.

Para este tratamiento se recomienda emplear fundiciones perlíticas con contenidos de silicio inferiores a 2 % y porcentajes de manganeso variables de 0,8 a 1 %, ya que este elemento favorece el endurecimiento.