

## 2. TRATAMIENTO TÉRMICO DEL ACERO

Los tratamientos térmicos son operaciones de calentamiento y enfriamiento a temperaturas y condiciones determinadas, a que se someten los aceros y otros metales y aleaciones para darles características más adecuadas para su empleo.

Desarrollo de los tratamientos térmicos.

Calentamiento hasta la temperatura máxima.

Al empezar algún tratamiento térmico se debe iniciar a la temperatura ambiente la cual tampoco se deben introducir piezas de más de 200 mm de espesor o diámetro en hornos cuya temperatura sea superior a los 300 grados.

La elevación de temperatura debe ser uniforme en toda la pieza y se logra aumentando la temperatura lo más lentamente posible.

La temperatura como mínimo debe de ser un minuto por un milímetro de espesor o diámetro de la pieza.

B) Permanencia a la temperatura máxima

Cada temperatura máxima es indicada en las especificaciones del tratamiento térmico que se va aplicar.

Al sobrepasar la temperatura máxima se corre el riesgo de aumentar el grado de la pieza. Si la elevación de la temperatura sobrepasa el límite cercano al punto de fusión los metales quedan con una estructura gruesa y frágil debido a la fusión de las impurezas que rodea los granos. El metal que se dice que es quemado es imposible regenerarlo por ningún tratamiento.

Las temperaturas para el acero al carbono son de 1.260 a 1.350 grados según sea el contenido de carbono.

Tiempo de permanencia

Al llegar a la máxima temperatura influye en el crecimiento del grano y por lo tanto debe reducirse todo lo posible.

Se da permanencia de uno a dos minutos por cada milímetro de espesor de la pieza, para conseguir la austenización completa del acero.

Austenita: Solución sólida de hierro-carbón gamma partir de los 900°C. Se cristaliza en forma cúbica y carece de propiedades magnéticas.

### 2.1 Clasificación de los tratamientos térmicos

Clasificación del acero

Los diferentes tipos de acero se agrupan en cinco clases principales:

Aceros al carbono.

Aceros aleados.

Aceros de baja aleación ultrarresistentes.

Aceros inoxidables.

Aceros de herramientas.

Aceros al carbono.



Horno de tratamiento térmico

Más del 90% de todos los aceros son aceros al carbono. Estos aceros contienen diversas cantidades de carbono y menos del 1,65% de manganeso, el 0,60% de silicio y el 0,60% de cobre. Entre los productos fabricados con aceros al carbono figuran máquinas, carrocerías de automóvil, la mayor parte de las estructuras de construcción de acero, cascos de buques, somieres y horquillas o pasadores para el pelo.

Aceros aleados.

Estos aceros contienen una proporción determinada de vanadio, molibdeno y otros elementos, además de cantidades mayores de manganeso, silicio y cobre que los aceros al carbono normales. Estos aceros se emplean, por ejemplo, para fabricar engranajes y ejes de motores, patines o cuchillos de corte.

Aceros de baja aleación ultrarresistentes.

Esta familia es la más reciente de las cinco grandes clases de acero. Los aceros de baja aleación son más baratos que los aceros aleados convencionales ya que contienen cantidades menores de los costosos elementos de aleación. Sin embargo, reciben un tratamiento especial que les da una resistencia mucho mayor que la del acero al carbono. Por ejemplo, los vagones de mercancías fabricados con aceros de baja aleación pueden transportar cargas más grandes porque sus paredes son más delgadas que lo que sería necesario en caso de emplear acero al carbono. Además, como los vagones de acero de baja aleación pesan menos, las cargas pueden ser más pesadas. En la actualidad se construyen muchos edificios con estructuras de aceros de baja aleación. Las vigas pueden ser más delgadas sin disminuir su resistencia, logrando un mayor espacio interior en los edificios.

## 2.2. Recocido y temple

Horno de baño de sales para tratamiento térmico: recocido, normalizado, relevado de esfuerzos, cementado, revenido, nitrurado, pavonado y endurecido (temple).



El objeto del tratamiento térmico denominado recocido es destruir sus estados anormales de los metales y aleaciones. Así como ablandarlos para poder trabajarlos.

A una temperatura adecuada y duración determinada seguido de un enfriamiento lento de la pieza tratada

Se practican cuatro tipos de recocido como son:

Recocido de homogeneización:

Este tiene por objeto destruir la heterogeneidad química de la masa de un metal o aleación producida por una solidificación defectuosa para hacer una sola estructura este se realiza a temperaturas elevadas cercanas a la de fusión y se aplica principalmente a metales férreos o propensos a segregaciones.

A lo que se refiere este tipo de tratamiento térmico es a que cuando se dice que se homogeneizan es a que hacen una sola se "funden" por ejemplo el hierro-zinc se mezclan tan bien que ya no se distinguen cada uno.

Recocido contra acritud:

Este tiene por objetivo destruir el endurecimiento producido por la deformación en frío de los metales y hacer una estructura cristalina para así darle buen brillo y conductividad eléctrica.

Aplica a todos los metales que se endurecen por deformación en frío.

Este tratamiento se da cuando no se enfría adecuadamente y no se logran las propiedades a las que se quería llegar y busca la cristalinidad, ósea de que tenga buen brillo, mejor conductor. Controla el enfriamiento.

Recocido de estabilización:

Este tiene por objeto destruir las tensiones internas producidas en masa del metal por su mecanización o por los moldeos complicados.

Se realiza a temperaturas comprendidas entre las 100°C y 200°C durante tiempos muy prolongados que serán frecuentemente las 100 horas.

Este tipo de recocido le da envejecimiento ala pieza hace que se vea rustica, Se logra a través del golpeteo de la pieza.

## RECOCIDO EN ACEROS

El objeto del recocido es destruir los estados anormales de los metales y aleaciones.

El fin principal de los recocidos es ablandar el acero para poder trabajarlo mejor. Atendiendo a llegar ala temperatura máxima

Recocido supercrítico:

Cuando se calienta el acero a temperaturas superiores alas criticas.

Definición de Temperatura superior a la crítica: La máxima temperatura para que no se funda el material.

Recocido de ablandamiento subcrítico:

Se obtiene calentando el acero a una temperatura algo inferior a la crítica, dejando enfriar la pieza al aire. Se logra ablandar los aceros aleados de gran resistencia, al cromo-níquel y cromo-molibdeno así como también para los aceros al carbono las temperaturas más apropiadas están entre 700° y 725°. La ventaja de este tratamiento es que es muy sencillo y rápido y no exige ningún cuidado especial en el enfriamiento.

#### RECOCIDO DE REGENERACIÓN

Para transformar todo el material se ausenta y enfria después lentamente en el interior del horno se obtiene así una constitución final de ferrita y perlita si se trata de un acero hipoeutectoide o cementita y perlita.

Cementita: Carburo de hierro un 6.67% y 93.33% de hierro.

Se refiere a quitar imperfecciones que quedaron.

Este tiene por objeto destruir la dureza anormal producida e una aleación por enfriamiento rápido involuntario o voluntario. También se realiza a temperaturas muy elevadas pero inferiores al de homogeneización y se aplica exclusivamente a las aleaciones templables es decir a las que se endurece en enfriamientos rápidos.

En este recocido se trata más que nada de quitar imperfecciones como dureza.

#### RECOCIDO ISOTÉRMICO

Consiste en calentar el acero a una temperatura superior a la crítica y enfriarlo rápidamente. Se emplea mucho para herramientas de alta aleación, se introducen a un arreglo de sales.

Recocido globular de austenización incompleta.

Este al calentarlo a la temperatura máxima recomendada, pues debería mantenerse un tiempo muy prolongado a esta temperatura para obtener la transformación austenítica total mientras el porcentaje de austenita tenga un porcentaje del 90%.

Si uno quiere obtener mayor tenacidad se debe enfriar muy rápido.

Las temperaturas de calentamiento para obtener estructuras globulares no deben de ser muy superiores a la crítica inferior.

Las temperaturas más elevadas para el recocido de austenización incompleta, están comprendidas entre los 760° y 780° para los aceros al carbón, 800° a 850° para los aceros de aleación media y 875° para los aceros de alta aleación.

Recocido contra acritud o de recristalización.

Acero frágil y tan duro que se rompe. Se dice que tiene demasiada acritud. Para mejorar la ductibilidad y maleabilidad del acero y poder someterlo a nuevos estirados o laminados. Se hace el recocido contra acritud que consiste en un calentamiento a una temperatura de 600° o 700°, seguido de un enfriamiento al aire o dentro del horno si se quiere evitar la oxidación dentro del horno.

Este recocido se hace cuando se tienen impurezas y para dar más cristalinidad y quitar esas impurezas, así como hacer más maleable y dúctil el acero.

## Temple Tratamiento Térmico Acero



### Horno de tratamiento térmico de revenido y temple de metales.

Este es un proceso de calentamiento seguido de un enfriamiento generalmente rápido para conseguir dureza y resistencia mecánica del acero

Se realiza a temperaturas muy elevadas, de unos 1,250 °C cercanas a la del punto de fusión. Se enfría rápidamente para evitar impurezas

El medio de enfriamiento mas adecuado son: aire aceite, agua, baño de plomo, baño de mercurio y baño de sales fundidas.

El temple a un acero no se refiere que obtendrá la máxima dureza que pueda lograr sino también depende del contenido del carbón que tenga la pieza.

Temple de precipitación:

Este se utiliza principalmente en la aleaciones de aluminio, manganeso y cobre la dureza que obtiene es por medio de un compuesto químico que pone en tensión los cristales y los endurece, este va obteniendo la dureza mediante se en fría por la precipitación (aceleración) químico.

Se genera a través de una sustancia ejemplo

la cabeza de un cincel se hace con una sustancia que lo hace mas resistente a golpes. El endurecimiento de esta tipo de material se va logrando con la precipitación de la sustancia.

Temple de martensítico:

Este se aplica en los aceros debe su nombre al duro obtenido en este temple que es el martensita que consta de hierro alfa sobresaturado de carbono este distorsiona los cristales del hierro alfa y los pone en tensión por eso los endurece.

El termino martensita se debe a que esta sobresaturado de carbón.

Tratamiento	Temperatura °C	Medio de Enfriamiento
Forja	900/1200	Arena seca / Aire
Normalizado	870/930	Aire
Recocido	860/890	Horno / Aire
Cementación	900/925	Horno / Aceite
Temple	840/870	Aceite
capa cementada	150/200	Aire
Revenido		
capa cementada		

### 2.3 Revenido

Endurecimiento del acero

Temple (revenido)

El tratamiento térmico es la operación de calentamiento y enfriamiento de un metal en su estado sólido para cambiar sus propiedades físicas. Con el tratamiento térmico adecuado se pueden reducir los esfuerzos internos, el tamaño del grano, incrementar la tenacidad o producir una superficie dura con un interior dúctil.

Para conocer a que temperatura debe elevarse el metal para que se reciba un tratamiento térmico es recomendable contar con los diagramas de cambio de fases como el de hierro - hierro - carbono. En este tipo de diagramas se especifican las temperaturas en las que suceden los cambios de fase (cambios de estructura cristalina), dependiendo de los materiales diluidos.

Los tratamientos térmicos han adquirido gran importancia en la industria en general, ya que con las constantes innovaciones se van requiriendo metales con mayores resistencias tanto al desgaste como a la tensión.

Endurecimiento del acero

El proceso de endurecimiento del acero consiste en el calentamiento del metal de manera uniforme a la temperatura correcta (ver figura de temperaturas para endurecido de metales) y luego enfriarlo con agua, aceite, aire o en una cámara refrigerada. El endurecimiento produce una estructura granular fina que aumenta la resistencia a la tracción (tensión) y disminuye la ductilidad.

El acero al carbono para herramientas se puede endurecer al calentarse hasta su temperatura crítica, la cual se adquiere aproximadamente entre los 1450 °F y 1525 °F (790 a 830 °C) lo cual se identifica cuando el metal adquiere el color rojo cereza brillante. Cuando se calienta el acero la perlita se combina con la ferrita, lo que produce una estructura de grano fino llamada austenita. Cuando se enfría la austenita de manera brusca con agua, aceite o aire, se transforma en martensita, material que es muy duro y frágil.

temple (revenido)

Después que se ha endurecido el acero es muy quebradizo o frágil lo que impide su manejo pues se rompe con el mínimo golpe debido a la tensión interior generada por el proceso de endurecimiento. Para contrarrestar la fragilidad se recomienda el temple del acero (en algunos textos a este proceso se le llama revenido y al endurecido temple). Este proceso hace más tenaz y menos quebradizo el acero aunque pierde algo de dureza. El proceso consiste en limpiar la pieza con un abrasivo para luego calentarla hasta la temperatura adecuada (ver tabla), para después enfriarla con rapidez en el mismo medio que se utilizó para endurecerla.

#### 2.4 Tratamiento termoquímicos

Son los procesos a los que se somete los metales y aleaciones ya sea para modificar su estructura, cambiar la forma y tamaño de sus granos o bien por transformación de sus constituyentes.

El objeto de los tratamientos es mejorar las propiedades mecánicas, o adaptarlas, dándole características especiales a las aplicaciones que se le van a dar la las piezas de esta manera se obtiene un aumento de dureza y resistencia mecánica, así como mayor plasticidad o maquinabilidad para facilitar su conformación.

Son tratamientos de recubrimiento superficial en los cuales interviene un elemento químico el cual se deposita por proceso de difusión en la superficie del material.

#### CEMENTADO.



Horno de cementado

Consiste en el endurecimiento de la superficie externa del acero al bajo carbono, quedando el núcleo blando y dúctil. Como el carbono es el que genera la dureza en los aceros en el método de cementado se

tiene la posibilidad de aumentar la cantidad de carbono en los aceros de bajo contenido de carbono antes de ser endurecido. El carbono se agrega al calentar al acero a su temperatura crítica mientras se encuentra en contacto con un material carbonoso. Los tres métodos de cementación más comunes son: empacado para carburación, baño líquido y gas.

Cementación gaseosa: proceso indicado para piezas de aceros de construcción que necesitan mucha resistencia al desgaste en el exterior y mucha tenacidad en el interior.

Se realiza una aportación de carbono a la pieza creándose una capa, la cual puede ir desde 0.8 hasta 2.5 mm de profundidad.

El potencial de carbono de este proceso es controlado a través de sondas de oxígeno, de esta forma se consigue una gran homogeneidad en la capa cementada.

Aplicaciones: Piñones, coronas, ejes, levas, guías, chavetas, columnas, etc.

#### CARBURADO, CIANURADO Y NITRURADO.



Horno de carburado, cianurado y nitrurado

Existen varios procedimientos de endurecimiento superficial con la utilización del nitrógeno y cianuro a los que por lo regular se les conoce como carbonitrurado o cianurado. En todos estos procesos con ayuda de las sales del cianuro y del amoníaco se logran superficies duras.

#### NITRURADO.

El proceso de nitrurado es parecido a la cementación pero difiere en que el material se calienta a los 510°C y se mantiene así en contacto de gas amoníaco. De esta manera los nitruros del amoníaco ayudan



a endurecer el material. También existe la modalidad líquida en la cual, el material es sumergido en un baño de sales de cianuro a la misma temperatura del nitrurado normal.

Nitruración gaseosa: Proceso desarrollado intensamente en los últimos años, tanto técnicamente como en la calidad de las instalaciones. Confiere a los materiales un excelente “coeficiente de rozamiento” gracias a la capa dura aportada (desde 0.25 a 0.5 mm)

Aplicaciones:

Aceros que vayan a sufrir mucho roce y necesitan una excelente resistencia al desgaste.

Matrices de extrusión de aluminio.

Moldes, correderas, postizos, etc. que vayan a trabajar en inyección de plástico.

En definitiva cualquier pieza que necesite resistencia al desgaste. Ventajas:

Dada la baja temperatura a la que se realiza este tratamiento se producen deformaciones inapreciables.

Se consiguen altas durezas, pudiendo alcanzar los 1100 HV dependiendo del material utilizado.

Se puede realizar un endurecimiento parcial de la zona que desee.

El acabado después de tratamiento es excelente ya que se realiza en atmósfera con vacío previo.

#### CIANURADO.

también llamado carbonitrurado líquido, el cianurado consiste en combinar la absorción de carbono y nitrógeno para obtener la dureza necesaria en materiales de bajo carbono. El material es sumergido en un baño de sales de cianuro de sodio.