



# Tratamiento térmico de los aceros

**El tratamiento térmico es un proceso controlado que se utiliza para modificar la microestructura de materiales, como metales y aleaciones, para aportar propiedades beneficiosas, mayor dureza superficial, resistencia a la temperatura, ductilidad y fortaleza, para la vida útil de un componente.**



## Tipos de tratamiento térmico

### Recocido:

En los procesos de recocido va a existir un común denominador y es que la velocidad de enfriamiento será lo suficientemente lenta para generar los constituyentes del *Diagrama Hierro-Carbono*.

Es decir, se van a producir en el acero, la perlita, la ferrita y cementita.

Se pueden distinguir dos tipos: de primer grado o subcrítico, que es el calentamiento de un metal dentro de una misma fase, sin cambio de esta, y un posterior enfriamiento a una velocidad lenta.

Con esto se consigue llevar al metal al estado estable, eliminando tensiones residuales y dislocaciones de la red, produciendo una recristalización, y el de segundo género, en el cual se produce un cambio de fase.

El objetivo del recocido es ablandar el acero y regenerar la estructura; es la primera operación por realizar en un tratamiento térmico, ya que subsana defectos de los procesos de fabricación del acero, como la colada, la forja, etc., y prepara el metal para las operaciones mecánicas siguientes, como el mecanizado, extrusionado, etc.

Si no hay necesidad de cambiar la distribución del componente ferrítico y el grano de la estructura inicial no es muy grueso, el calentamiento se producirá por debajo de la temperatura crítica de fusión, consiguiendo solo una recristalización del componente perlítico (recocido de austenización incompleta).

Normalmente, en los aceros hipereutectoides, y algunos hipoeutectoides que se suelen recocer con austenización incompleta, no se cumple la condición de que todo el material esté en estado austenítico al comenzar el enfriamiento, con lo que se utilizan temperaturas entre la crítica inferior y la superior.

En estos casos se produce una estructura globular (de perlita globular), ya que es la de distribución micrográfica más uniforme y la que después del temple da mayor tenacidad y son mucho más fáciles de mecanizar.

Esta técnica se suele utilizar para los aceros de herramientas.

Los recocidos subcríticos (por debajo de la temperatura crítica inferior), se pueden dividir en tres clases, que son:

- **Recocido de ablandamiento:** sirve para ablandar el acero rápidamente, calentando el acero a una temperatura lo más elevada posible, pero siempre inferior a la crítica, para dejarlo enfriar al aire.
- **Recocido contra acritud:** se realiza a temperaturas más bajas que las del ablandamiento (550 °C – 650 °C), y se consigue un aumento de la ductilidad de los aceros de bajo contenido en carbono, destruyendo la cristalización alargada de la ferrita y se crean cristales poliédricos más dúctiles.
- **Recocido subcrítico globular:** para conseguir una estructura globular similar a la de la austenización incompleta, se somete a los aceros a un calentamiento a temperaturas inferiores, pero próximas a la crítica inferior, enfriándose en el horno.

En el recocido de segundo género o de austenización completa, se calienta el material por encima del punto crítico superior y se mantiene caliente hasta lograr una HOMOGENIZACIÓN del material; luego producimos un enfriamiento lento.

Para conseguir que el acero quede blando, cuanto más lento sea el enfriamiento, más blando será el acero.

Si se aumenta la velocidad de enfriamiento al atravesar el acero la zona crítica se aumenta la dureza.

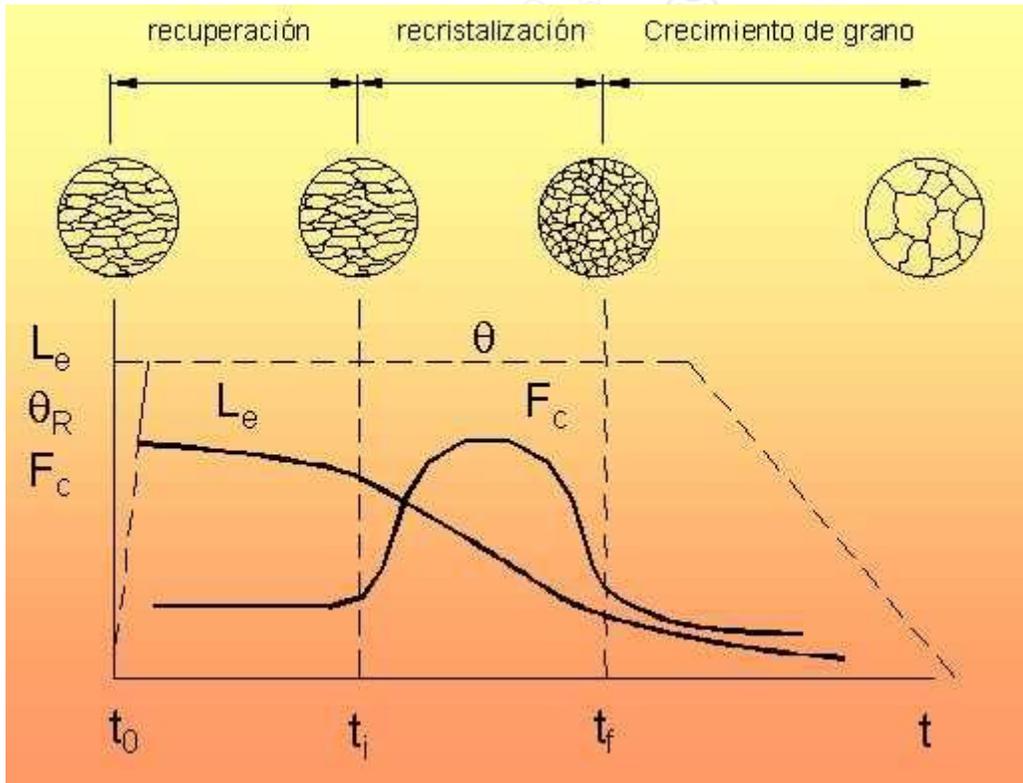
Si esta velocidad sobrepasa la velocidad crítica, la austenita comienza a transformarse en otros constituyentes.

El acero se puede sacar del horno cuando ya los cristales de austenita se han transformado completamente en perlita blanda.

Este punto depende de la velocidad de enfriamiento; por ejemplo, a una velocidad de 10 grados/hora, el proceso de transformación ocurre sobre los 700 - 680 °C, y a 20 grados/hora, la transformación ocurre a 680 - 650 °C.

Recocido: microestructuras de un acero ferrítico antes de la deformación, después de la deformación y después de un tratamiento de recocido con recrystalización.

## Ejemplos de estructuras durante los procesos de tratamiento térmico



Los recocidos de recristalización son típicos en la producción del papel de aluminio de cocina.

En este proceso de laminación se requiere de hasta 6 pasos, hasta obtener el papel de aluminio tan delgado.

Entre paso y paso (tren de laminación), es necesario realizar el recocido, debido a que el material se endurece por acritud (deformación).

Después de realizado el recocido, se puede volver a deformar y así se reitera, hasta la medida deseada.

## Normalizado:

El normalizado se lleva a cabo al calentar a unos 35 °C por encima de la temperatura crítica superior. Se mantiene un tiempo y luego se enfría en aire estático, hasta la temperatura ambiente.

Con esto se consigue un acero más duro y resistente que el que se obtiene con un enfriamiento más lento, en un horno, después de un recocido.

Este tratamiento se utiliza tanto para piezas fundidas como para forjadas o mecanizadas, y sirve para afinar la estructura y eliminar las tensiones que suelen aparecer en la solidificación, forja, etc.

La velocidad de enfriamiento es más lenta que en el temple y más rápida que el recocido. Es un tratamiento típico de los aceros al carbono de construcción de 0,15 a 0,40% de carbono, y las temperaturas normales del normalizado varían según el porcentaje en carbono: van desde 840 hasta 935 °C, según la composición, ya sea desde 0,50 a 0,10% de carbono.

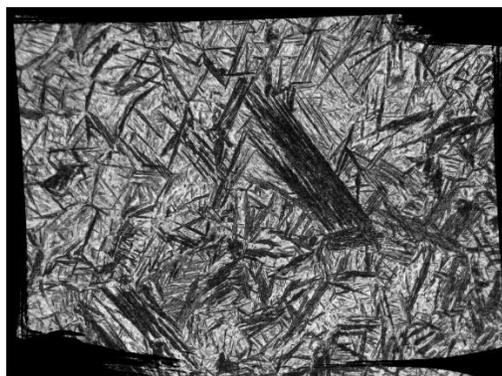
Debido al incremento de velocidad de enfriamiento, hay menos tiempo para la formación de ferrita proeutectoide en los aceros hipoeutectoides, y menos cementita proeutectoide en los aceros hipereutectoides, en comparación con los recocidos.

En los aceros hipereutectoides, el normalizado reduce la continuidad de la red de cementita (y en algunos casos la elimina), con lo cual, a más velocidad de enfriamiento, más fina será la perlita resultante.

### **Temple:**

El temple es un tratamiento térmico que consiste en enfriar muy rápidamente la mezcla austenítica homogénea que tenemos después de calentar el acero.

Con este enfriamiento rápido se consigue un aumento de dureza, ya que el resultado microscópico final es una mezcla martensítica.



**Estructura de la Martensita.** Se observa en la estructura martensítica que es como agujas (acicular), puede existir también austenita retenida (que no se ha transformado), y es por esta razón que la martensita es estructura inestable.

Después de un gradiente de temperatura tan fuerte como es el caso del temple, la martensita tendrá tensiones internas fuertes y tenderá a estabilizarse, convirtiéndose en otras estructuras de menor índice energético.

La propiedad más significativa de la Martensita es su potencial de dureza muy grande.

## Revenido:

Calentando el acero inmediatamente después del temple, a una temperatura por debajo de temperatura de transformación por un tiempo adecuado.

A este segundo tratamiento térmico se le llama REVENIDO. O sea, se va a perder dureza en acero, para ganar tenacidad.

Esta mayor o menor dureza va a depender del tipo de trabajo de la pieza; si, por ejemplo, la pieza va a trabajar a esfuerzos de choque, será necesario ganar tenacidad y esto se logra haciendo un revenido a la máxima temperatura-tiempo de permanencia largo (relativo).

Si, por el contrario, la pieza va a trabajar al desgaste abrasivo y no al impacto, se necesitaría entonces la mayor dureza, con la mayor tenacidad.

Implica que el tratamiento de revenido se haría a baja temperatura, con el menor tiempo posible.

Con esto se logra un alivio de tensiones producto de la formación de martensita, con una leve disminución de la dureza.

En la estructura "Revenida" no se observa la red acicular (agujas), por ende, no origina micro fisuras, siendo una estructura estable y tenaz.