



Universidad  
**itaca**   
*Ad excellentiam per conscientiam*

# PROCESOS INDUSTRIALES

Tutorial  
Sesión 4



M en C Rogelio Velasco Salazar

**NOMBRE DE LA ASIGNATURA O UNIDAD DE APRENDIZAJE**

PROCESOS INDUSTRIALES

**CLAVE DE LA ASIGNATURA**

LII 216

**OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA:**

Al término del curso, el alumno analizará los problemas relativos a la producción de bienes, identificando su proceso de fabricación en distintas fases, hasta la obtención de un producto final.

**Sesión 4**

**2. TRATAMIENTO TÉRMICO DEL ACERO**

- 2.1. Clasificación de los tratamientos térmicos
- 2.2. Recocido
- 2.3. Temple
- 2.4. Revenido
- 2.5. Tratamiento termoquímicos

**OBJETIVO:**

Al término de la sesión, el alumno conocerá los diferentes tipos de tratamientos térmicos y termoquímicos que se aplican al acero para su conformación como producto terminado.

## 2. TRATAMIENTO TÉRMICO DEL ACERO

### 2.1. Clasificación de los tratamientos térmicos<sup>1</sup>

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. Se pueden dar sin cambios y con cambios de composición química (tratamiento termoquímico). Ver fig. 1



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 grosera 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.

<sup>1</sup><http://todoingenieriaindustrial.wordpress.com/procesos-de-fabricacion/6-clasificacion-de-los-tratamientos-termicos/>

## 2. TRATAMIENTO TÉRMICO DEL ACERO

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 espesores 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.

### I Tratamientos térmicos sin cambio en su composición

#### 2.2. Recocido<sup>2</sup>

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 emplea para obtener ablandamiento y maquinabilidad en los aceros, Es un tratamiento parecido al normalizado, pero efectuado de manera que resulte el mayor ablandamiento posible.

Se eleva la temperatura de la pieza (600 a 700°C) y se deja enfriar lentamente (10 a 25°C por hora, generalmente dentro de ceniza o cal)

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 fierro-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.

---

<sup>2</sup><http://todoingenieriaindustrial.wordpress.com/procesos-de-fabricacion/7-recocido/>

## 2. TRATAMIENTO TÉRMICO DEL ACERO

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 a la 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 a la temperatura máxima.

Recocido supercrítico:

Cuando se calienta el acero a temperaturas superiores a las críticas. 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 enfría 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.

## 2. TRATAMIENTO TÉRMICO DEL ACERO

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 mas 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 mas cristalinidad y quitar esas impurezas, así como hacer mas maleable y dúctil el acero.

### 2.3 Temple<sup>3</sup>

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.

Tiene por objeto endurecer y aumentar la resistencia del acero

El temple consiste, en un enfriamiento rápido desde una alta temperatura (750°C – 900°C) a que se ha sometido el acero.

Para conseguir que el acero quede templado no basta haberlo calentado a la temperatura conveniente, sino que es necesario que la velocidad de enfriamiento sea la adecuada.

#### 1. Medios de enfriamiento

Los medios de enfriamiento más usados son: agua, aceite y chorro de aire, aunque hay otros; así tenemos que la inmersión en mercurio u otro buen conductor de calor, produce mayor dureza y fragilidad que la inmersión en agua, mientras que el enfriamiento en aceite (temple al aceite), endurece sin fragilidad (debido a la menor acción refrigerante del aceite), y eleva por lo tanto la elasticidad, tenacidad y resistencia a la tracción del acero.

---

<sup>3</sup><http://todoingenieriaindustrial.wordpress.com/procesos-de-fabricacion/8-temple/>

## 2. TRATAMIENTO TÉRMICO DEL ACERO

### *Temple al agua*

Se emplea a temperaturas entre 15° y 20° C. para los aceros al carbón; por este medio el enfriamiento es más rápido y puede producir grietas a los aceros aleados.

### *Temple al aceite*

Se emplea para aceros al carbón de menos de 5 mm de espesor y aceros aleados, hay aceites especialmente preparados para este uso, pero se pueden usar aceites de menos de Engler (no. 20), estando a una temperatura de 50° a 60°C.

### *Temple al aire*

Para emplear al aire como medio de temple, se somete la herramienta o pieza que ha de templarse a una corriente de aire, teniendo cuidado que el enfriamiento se haga con uniformidad y en caso de herramientas, por la parte del filo. Este medio se emplea en los aceros rápidos.

Estas temperaturas estarán de acuerdo con la cantidad de carbono que contenga el acero y con relación a esto, mientras más pobre es el material en carbono, mayor debe ser el calentamiento.

<b>Tipo de Acero</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Tipo de Enfriamiento</b>
Suave	845°C – 870°C	Agua
Semiduro	825°C – 845°C	Agua
Duro	805°C – 825°C	Agua

Tabla de temperaturas para el templado.

Después de haber sido endurecido, el acero queda frágil y puede romperse con el golpe más ligero, debido a los esfuerzos internos provocados por el enfriamiento brusco. Para vencer esta fragilidad, el acero se temple; es decir, se vuelve a calentar hasta la temperatura deseada o color correspondiente, y, en seguida, se vuelve a enfriar con rapidez. El templado le da tenacidad al acero y lo hace menos frágil, aunque se pierde un poco de la dureza. Conforme el acero se calienta, cambia de color, y estos colores indican varias temperaturas de templado.

## 2. TRATAMIENTO TÉRMICO DEL ACERO

Tabla de colores para el templado			
Color	°C	°F	Herramientas
Paja tenue	220	430	Cuchillas, brocas, machuelos
Pala medio	240	460	Punzones y terrajas, fresas
Paja oscuro	255	490	Hojas de corte, caras de martillos
Púrpura	270	520	Ejes, cinceles de madera, herramientas
Azul oscuro	300	570	Cuchillos, cinceles de acero
Azul claro	320	610	Destornilladores, muelles

Tabla de colores para el templado.

### 2.4 Revenido<sup>4</sup>

Los aceros suelen quedar excesivamente duros y sobre todo muy frágiles después del temple, por lo que se le somete a continuación para evitar dichos efectos a otro tratamiento llamado revenido.

El revenido consiste en un nuevo calentamiento a una temperatura variable, según el resultado que se desea obtener, seguido de un enfriamiento.

Las temperaturas del revenido, se pueden medir aproximadamente por medio del color. Cuando las piezas que se revienen, están pulidas, se forma en la superficie una fina capa de óxido que va coloreándose según la temperatura.

Las temperaturas de revenido las proporciona el fabricante de aceros aleados.

Tabla de colores de revenido	
220°C	Amarillo claro
240°C	Amarillo paja
250°C	Amarillo pardusco
260°C	Rojo obscuro
270°C	Rojo púrpura
280°C	Violeta
290°C	Azul claro
300°C	Azul obscuro

<sup>4</sup><http://todoingenieriaindustrial.wordpress.com/procesos-de-fabricacion/9-revenido/>



## 2. TRATAMIENTO TÉRMICO DEL ACERO

Tabla de colores para el revenido.

Amarillo claro.

Herramientas que necesitan gran dureza y no están sometidas a golpes bruscos: buriles de grabar, rasquetas y ralladores.

Amarillo pardusco.

Herramientas de corte expuestas a ciertos golpes; buriles para torno, cepillo, martillos de forjador, punzones, cinceles.

Rojo obscuro.

Machuelos, brocas.

Violeta o azul claro.

Herramientas que necesitan gran tenacidad, aunque menor dureza; desarmadores, hachas, hojas de tijera.

Azul obscuro.

Muelles y resortes.

Con respecto al normalizado es un tratamiento térmico que se emplea para dar al acero una estructura y características tecnológicas que se consideran el estado natural o final del material que fue sometido a trabajos de forja, laminación o tratamientos defectuosos. Se hace como preparación de la pieza para el temple.

El procedimiento consiste en calentar la pieza entre 30 y 50 grados centígrados por encima de la temperatura crítica superior, tanto para aceros hipereutectoides, como para aceros hipoeutectoides, y mantener esa temperatura el tiempo suficiente para conseguir la transformación completa en austenita. A continuación se deja enfriar en aire tranquilo, obteniéndose una estructura uniforme.

### II Tratamiento térmicos con cambios de composición<sup>5</sup>

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. 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.

---

<sup>5</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento\\_t%C3%A9rmico](http://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento_t%C3%A9rmico)

## 2. TRATAMIENTO TÉRMICO DEL ACERO

### a) 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.

### b) Nitruado

Horno de carburado, cianurado y nitruado

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 nitruado 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 nitruado normal.

Nitruación 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.

## 2. TRATAMIENTO TÉRMICO DEL ACERO

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.

### c) 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 carbonó. El material es sumergido en un baño de sales de cianuro de sodio.

Con este tratamiento:

Aumenta la dureza superficial sin alterar la ductilidad y resiliencia (capacidad de recuperar la forma y tamaño original cuando cesan las fuerzas que provocaban deformación) del núcleo.

Se favorecen las cualidades de lubricación y rozamiento.

Aumenta la resistencia al desgaste.

Aumenta la resistencia a los esfuerzos de fatiga.

Mejora la resistencia a la corrosión

### Fuentes de Información

#### a) Páginas web

<sup>1</sup><http://todoingenieriaindustrial.wordpress.com/procesos-de-fabricacion/6-clasificacion-de-los-tratamientos-termicos/>

<sup>2</sup><http://todoingenieriaindustrial.wordpress.com/procesos-de-fabricacion/7-recocido/>

<sup>3</sup><http://todoingenieriaindustrial.wordpress.com/procesos-de-fabricacion/8-temple/>

<sup>4</sup><http://todoingenieriaindustrial.wordpress.com/procesos-de-fabricacion/9-revenido/>

<sup>5</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento\\_t%C3%A9rmico](http://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento_t%C3%A9rmico)