



TRATAMIENTOS TÉRMICOS

ÍNDICE

Pág.



1

<i>TRATAMIENTOS TÉRMICOS</i>	<i>2</i>
<i>TRATAMIENTOS TERMOQUÍMICOS</i>	<i>7</i>
<i>COMPONENTES DE LOS ACEROS</i>	<i>11</i>

TRATAMIENTOS TÉRMICOS

El objetivo que se persigue con los tratamientos térmicos es mejorar o modificar las propiedades de los metales o aleaciones, mediante alteraciones en su estructura, con el fin de que gracias a las propiedades adquiridas puedan desempeñar con garantías los trabajos a que han de ser destinadas. Aunque la mayor parte de los metales y aleaciones admiten tratamiento térmico, las aleaciones de tipo ferroso son las que mejor se prestan a ello.

El tratamiento térmico consiste en calentar el acero a una temperatura determinada, mantenerlo a esa temperatura durante un cierto tiempo hasta que se forme la estructura deseada y luego enfriarlo a la velocidad conveniente. Los factores temperatura-tiempo deben ser muy bien estudiados dependiendo del material, tamaño y forma de la pieza. De ésta forma se logrará una modificación microscópica, transformaciones de tipo físico, cambios de composición o una determinada estructura interna cuyas propiedades permitirán alcanzar algunos de los siguientes objetivos:

- **Lograr una estructura de mejor dureza y mayor maquinabilidad**
- **Eliminar tensiones internas y evitar deformaciones después del mecanizado**
- **Eliminar la acritud que ocasiona el trabajo en frío**
- **Conseguir una estructura más homogénea**
- **Obtener la máxima dureza y resistencia posible**
- **Variar algunas de las propiedades físicas.**

Todas las características detalladas anteriormente se consiguen con alguno de los **tratamientos térmicos** que se explican a continuación:

- **RECOCIDO**
- **TEMPLADO**
- **REVENIDO**

TRATAMIENTOS TÉRMICOS

RECOCIDO

Tratamiento consistente en ablandar y afinar el grano, eliminar tensiones y la acritud producida por la conformación del material en frío. El recocido se obtiene calentando las piezas a la temperatura adecuada y enfriándolas lentamente en el mismo horno o recubriéndolas de arena o cenizas calientes.

Existen diferentes tipos de Recocido de los que destacamos los siguientes:

- **Recocido de regeneración.** Tiene por objeto afinar el grano de los aceros sobrecalentados.
- **Recocido globular.** Se efectúa para lograr una más fácil deformación en frío.
- **Recocido contra la acritud.** Para recuperar las propiedades perdidas en la deformación en frío (acritud).
- **Recocido de ablandamiento.** Cuando hay que mecanizar piezas templadas con anterioridad (T^a superior a la crítica AC_3).
- **Recocido de estabilización.** Elimina las tensiones internas de las piezas trabajadas en frío.
- **Recocido isotérmico.** Para mejorar la maquinabilidad de las piezas estampadas en caliente.
- **Doble recocido.** Para lograr una estructura mecanizable en aceros de alta aleación.

TEMPLE

El temple es un tratamiento que tiene por objeto endurecer y aumentar la resistencia del acero. Después del temple siempre debe de hacerse la operación de revenido para eliminar y suavizar las tensiones internas creadas durante el tratamiento anterior.

El temple consiste en calentar el acero a una temperatura suficientemente elevada como para transformarlo en austenita; seguido de un enfriamiento adecuado para transformar la austenita en martensita.

Se denomina templabilidad a la capacidad de penetración del temple que tienen los aceros; la templabilidad depende fundamentalmente del espesor de la pieza y de la calidad del acero (composición química). Una pieza de mucho espesor y de acero al carbono se puede decir que tiene poca templabilidad y por lo tanto su interior no quedará templado aunque el exterior lo esté. Sin embargo, esta misma pieza pero de acero aleado quedará totalmente templada en todo su espesor y por consiguiente se denominará acero de mucha templabilidad.

TRATAMIENTOS TÉRMICOS

Al realizar el temple hay que tener en cuenta los siguientes factores que influyen en el mismo:

- *Composición del acero.*
- *Diferencia de masas.*
- *Temperatura y tiempo de calentamiento.*
- *Tipo de horno (protección o no), sales, vacío, etc.*
- *Velocidad de enfriamiento.*
- *Medios de enfriamiento.*

Existen diferentes tipos de temple de los cuales destacamos:

- *Temple continuo { completo e incompleto.*
- *Temple escalonado (Isométrico) { Austémpering y Martémpering.*
- *Temple superficial.*

Temple continuo completo

Se aplica a los aceros hipoeutectoides (con un contenido en carbono inferior al 0,9%).

Se calienta la pieza hasta la temperatura de temple y seguidamente se enfría en el medio adecuado (puede ser agua, aceite, sales o aire) el constituyente obtenido es la martensita.

La martensita es el constituyente de los aceros cuando éstos están templados, es magnética y tiene una dureza de 50-60 Hrc.

Temple continuo incompleto

Se aplica a los aceros hipereutectoides (con un contenido en carbono superior al 0,9%).

Se calienta la pieza hasta la temperatura indicada, con lo cual la perlita se transforma en austenita quedando intacta la cementita. Después de enfriar la pieza adecuadamente, la estructura resultante estará compuesta de martensita y cementita.

La perlita es un compuesto formado por ferrita y cementita, en los aceros ordinarios la perlita tiene una dureza de 200-250 unidades Brinell.

La ferrita es hierro casi puro, normalmente lleva impurezas de Si y P (Silicio y Fósforo). Es el componente más blando del acero con una dureza de 90 unidades Brinell.

La cementita por contra es el componente más duro de los aceros con una dureza superior a las 60 unidades Rockwell C, y por consiguiente es frágil. La cementita es Carburo de Hierro (Fe₃C).

TRATAMIENTOS TÉRMICOS

Temple escalonado Austémpering

Consiste en calentar el acero a la temperatura adecuada y mantenerlo hasta que se transforme en Austenita, seguidamente se enfría a una temperatura uniforme en un baño de sales hasta que la Austenita se transforme en Bainita. Los resultados de éste temple en las piezas son satisfactorios.

La Austenita es básicamente una solución sólida de Carburo de hierro, es dúctil y tenaz, blanda y resistente al desgaste con una dureza Brinell de 300 unidades.

La Bainita esta formada por una mezcla difusa de Ferrita y Cementita, que se obtiene al transformar isométricamente la Austenita a una temperatura 250 ° - 500 ° C.

Temple escalonado Martémpering

Se sigue el mismo proceso que el temple Austémpering con la diferencia de que la temperatura del baño de enfriamiento está situado sobre 200 °C.

Temple superficial

Se basa en un calentamiento superficial muy rápido de la pieza y un enfriamiento también muy rápido, de manera que sólo una capa de la misma alcanza la Austenización. Así se consigue que el núcleo de la pieza quede blando y tenaz y por contra la superficie exterior queda dura y resistente al rozamiento.

Este tipo de temple es empleado para endurecer superficies de piezas de gran tamaño, como por ejemplo: **Bancadas de máquinas, Guías de carros deslizantes, etc.**

REVENIDO

Este tratamiento térmico es el que le sigue al temple con el objeto de eliminar la fragilidad y las tensiones creadas en la pieza.

Consiste en calentar las piezas a una temperatura inferior a la de temple con el fin de que la martensita se transforme en una estructura más estable terminando con un enfriamiento más bien rápido pero que siempre dependerá del tipo de material.

Las temperaturas del revenido así como el número de veces que se debe realizar dicha operación vendrá determinada en función del gráfico que nos indique el proveedor del material y con el visto bueno del responsable del departamento correspondiente.

TRATAMIENTOS TÉRMICOS

Los factores que más influyen en el resultado del revenido son la temperatura y el tiempo de calentamiento a que se somete la pieza.

Hay que tener en cuenta que el revenido es importantísimo para conseguir el debido temple y una buena tenacidad en las piezas.

Debe elegirse cuidadosamente su temperatura en algunos aceros (Cr - Ni) para no incidir en zonas de baja fragilidad (Fragilidad de Revenido).

ÍNDICE

2

TRATAMIENTOS TÉRMICOS

TRATAMIENTOS TERMOQUÍMICOS

COMPONENTES DE LOS ACEROS

TRATAMIENTOS TERMOQUÍMICOS

- CEMENTACIÓN
- NITRURACIÓN
- CIANURACIÓN
- SULFINIZACIÓN
- CARBONITRURACIÓN

CEMENTACIÓN

La cementación consiste en aumentar la cantidad de carbono de la capa exterior de la pieza. La cementación debe ir precedida del Templado el cual se realiza sólo en la capa exterior puesto que es la que tiene el carbono. De esta forma se consigue solamente el endurecimiento de la capa superficial de la pieza cementada.

La cementación se aplica a piezas que deben ser resistentes al desgaste y a los golpes, es decir, que posean dureza superficial y resiliencia.

Los aceros de cementación pueden ser al carbono y aleados. Su contenido en carbono es siempre inferior al 0,2% y se pueden dividir en tres grupos:

Aceros al carbono: UNE 36013-75; F1510, F1511, F1512 y F1513. Se emplean para piezas de poca responsabilidad y su contenido en carbono es inferior al 0,2%.

Aceros aleados: UNE 36013-75; F1522, F1523, F1524, F1525, F1526 y F1527. Los componentes de aleación pueden ser Cr, Ni, Mn y Mo en una proporción inferior al 3%. La templabilidad de éstos aceros es mayor que la de los de carbono.

Aceros de alta aleación: UNE 26013-75; F1515 al F1589. El porcentaje de elementos de aleación es mayor del 5%; su templabilidad es grande y se emplean para piezas de gran responsabilidad. En todos los casos la capa cementada dependerá del espesor de las piezas. Habrá que distinguir y especificar la capa útil y la capa total (según UNE 7-394-76).

TRATAMIENTOS TERMOQUÍMICOS

NITRURACIÓN

La Nitruración es un tratamiento de endurecimiento superficial aplicado a ciertos aceros y fundiciones. Permite obtener durezas muy elevadas, del orden de 800 a 1200 unidades Vickers (HRc70-72). Los aceros o fundiciones nitrurados son superficialmente muy duros y resistentes a la corrosión. Después de la nitruración no es necesario realizar ningún otro tratamiento.

La Nitruración se realiza en hornos especiales, exponiendo las piezas a una corriente de amoníaco a una temperatura de 500-525 °C, durante un tiempo que puede durar hasta 90 horas; la penetración del nitrógeno es de 0,01 mm. por hora aproximadamente.

La Nitruración tiene la ventaja que se realiza a bajas temperaturas y por lo tanto las piezas no se deforman, así pues se pueden dejar terminadas con las medidas de acabado antes del tratamiento. El campo de aplicación más importante de este tratamiento está situado en la industria automovilística y aeronáutica, para endurecer ejes, piñones, árboles de levas, camisas de cilindros, etc. En matricería se emplea en piezas que tengan roce entre sí o bien en punzones y matrices de embuticiones profundas para evitar el riesgo de adherencias del material embutido a las paredes exteriores del punzón o la matriz.

Las instalaciones destinadas a la nitruración acostumbran a ser muy costosas y sólo son rentables cuando se emplean para grandes series.

Los aceros de nitruración contienen aleación de Al, Cr, Mo, V.

Aceros de nitruración. **F1711 = UNE 36014**

F1740 = UNE 36014

F5302 = DIN 1.2311

TRATAMIENTOS TERMOQUÍMICOS

CIANURACIÓN

La Cianuración es un tratamiento consistente en endurecer la superficie exterior de las piezas introduciendo carbono y nitrógeno; es como una mezcla de cementación y nitruración. Posteriormente a la cianuración hay que templar las piezas tratadas.

Las sales empleadas en la cianuración son calentadas a 800-900 °C en presencia del oxígeno del aire, estas sales están compuestas de Cobalto (Co), Sodio (Na), Carbono (CN) y Nitrógeno (N). El Cobalto y el Nitrógeno son los encargados de la carburación y la nitruración respectivamente.

SULFINIZACIÓN

La Sulfinización es un tratamiento termoquímico que consiste en introducir una pequeña capa superficial de aleaciones de Azufre (S), Nitrógeno (N) y Carbono (C), en aleaciones férricas y de cobre.

Las piezas a tratar se introducen en baños de sales de Carbono, Nitrógeno y Sodio en un 95% y de Azufre, Nitrógeno y Sodio en un 5% calentadas a 560-570 °C.

En 3 horas de tratamiento se puede conseguir una capa sulfinizada de 0,3 mm.

Hay que tener en cuenta que después de la sulfinización las dimensiones de las piezas aumentan ligeramente. Con la sulfinización se consigue mejorar la resistencia al desgaste, favorecer la lubricación y evitar el agarrotamiento.

Las piezas sulfinizadas tienen una dureción de 5 a 6 veces más que sin dicho tratamiento.

ÍNDICE

3

TRATAMIENTOS TÉRMICOS

TRATAMIENTOS TERMOQUÍMICOS

COMPONENTES DE LOS ACEROS

COMPONENTES DE LOS ACEROS

- ➔ **CARBONO.** Elemento fundamental que acompaña al hierro en los aceros. Hace que aumente la dureza y resistencia, pero disminuye la ductilidad y resiliencia. Al aumentar el Carbono aumenta la capacidad de temple y disminuye la soldabilidad.
- ➔ **CROMO.** Aumenta la dureza, la resistencia y elasticidad, favorece la cementación.
- ➔ **MANGANESO.** Favorece la forjabilidad y le resta efectos perjudiciales al azufre.
- ➔ **MOLIBDENO.** Facilita el temple y los hace resistentes a altas temperaturas.
- ➔ **NIQUEL.** Mejora la resistencia, tenacidad y ductilidad favoreciendo el temple.
- ➔ **VANADIO.** Aumenta la forjabilidad y disminuye la capacidad de soldar.
- ➔ **COBALTO.** Hace que el acero conserve su dureza a altas temperaturas.
- ➔ **ALUMINIO.** Favorece la nitruración.
- ➔ **AZUFRE.** Favorece el mecanizado, pero perjudica la resistencia y tenacidad.
- ➔ **FÓSFORO.** Favorece la colada en piezas fundidas pero perjudica las propiedades mecánicas.

COMPONENTES DE LOS ACEROS

Materiales

Equivalencias entre Acero

DIN	UNE	TNA	USA	UDDEHOLM	THYSSEN	PHOENIX	ACENOR
1-1730	F-1140	F-5	1.045	UHB-11	1-1730	K-945	F-1140
1-2083	F-5263	C-2	420	STAVAX	--	--	PLASINOX
1-2311	--	--	P-20	IMPAX	--	--	MP 2311
1-2344	F-5318	--	H-13	ORVAR	1-2344	W-302	FINOR-V
1-2363	F-5227	U-13	A-2	RIGOR	1-2369	K-305	VERSATIL
1-2379	F-5211	U-12	D-2	SVERKER-3	1-2379	K-110	ROC-EXTRA
1-2380	--	--	--	--	--	K-190	--
1-2436	F-5211	U-12	D-6	SVERKER-21	1-2436	K-107	--
1-2510	F-5220	U-13	O-1	ARNE	1-2510	K-460	MAGNO
1-2721	F-5305	--	L-6	--	1-2721	K-605	TROKER
1-2842	F-5229	U-13	O-2	--	1-2842	K-720	EXTRAFORTE
1-3344	F-5605	--	M-3/2	ASP-23	A-3344	S-607	--

COMPONENTES DE LOS ACEROS

RECUBRIMIENTOS DUROS

Introducción

Actualmente una de las técnicas más desarrolladas para el tratamiento de superficies consiste en la implantación de iones en las superficies de matrices, utillajes y herramientas.

En la actualidad, a nivel comercial se realizan tres procedimientos de implantación de iones: el proceso C.V.D., el P.V.D. y el T.D. A continuación se detalla una breve descripción de estos procedimientos.

Proceso C.V.D. (chemical vapor deposition)

Utiliza la descomposición a alta temperatura de un halogenuro del metal a implantar junto con la combinación de un gas reactivo, para formar los compuestos buscados. Así pues, para este procedimiento se pueden obtener capas de TiN, TiC, Al₂O₃ o combinaciones de las mismas.

Para realizar este proceso se necesita de un reactor capaz de dar altas temperaturas, necesarias para obtener el proceso y en la mayoría de los aceros se hace necesario un tratamiento térmico posterior, generalmente en un horno de vacío.

El grosor de la capa es de 3 a 12 m y es capaz de cerrar microgrietas, al mismo tiempo que recubre y da homogeneidad a las soldaduras. La adherencia de la capa depositada es mayor que con métodos a menor temperatura como es el caso del P.V.D.

Proceso P.V.D. (physical vapor deposition)

Esta técnica consiste en la extracción del metal a implantar mediante vaporización o polvorización y su combinación con un gas reactivo en un medio plasmático para obtener los compuestos deseados y su deposición sobre la pieza deseada.

Entre las técnicas de evaporación se utiliza el *efecto Joule*, el bombardeo electrónico, la inducción, el arco electrónico, etc. Además, las piezas a recubrir son polarizadas negativamente con un alto potencial para crear una descarga luminiscente necesaria para las reacciones en fase gaseosa.

El gran interés tecnológico de este sistema es la posibilidad de trabajar con temperaturas por debajo de los 500 °C, y en consecuencia sobre piezas totalmente acabadas.

Entre los denominados genéricamente como procesos P.V.D., los compuestos más usados son el titanio. El compuesto de nitruro de titanio fue el pionero y es el más extendido en la actualidad. El grosor de capa aplicada es del orden de 2 a 5 m, las soldaduras causan problemas y no es capaz de cerrar microgrietas.

COMPONENTES DE LOS ACEROS

La dureza de la capa oscila entre 2.100 y 2.500 HV y su coeficiente de fricción medio es de 0.40, la temperatura de oxidación es de 400 °C.

Los procesos P.V.D. también se usan para recubrimientos decorativos, donde se pretende principalmente aumentar la resistencia al desgaste y a la corrosión de los recubrimientos galvánicos. Con capas muy finas se consiguen compuestos de alta dureza con colores atractivos y que además son resistentes al rallado o erosionado de los productos que habitualmente se usan para limpieza.

Proceso T.D. (Toyota difussion)

El método se basa en la implantación de un ion contenido en un baño fundido, el cual reacciona con el carbono del acero para formar el carburo correspondiente. El proceso necesita temperaturas de aplicación de entre 900 y 1.000 °C con las limitaciones que esto comporta, pero con una gran simplicidad del proceso y el consiguiente ahorro económico.

Con estos procedimientos se consigue una superficie endurecida así como una disminución del coeficiente de rozamiento. Esto hace que el utillaje esté sometido a menos esfuerzos, al mismo tiempo que se constata un aumento de la duración del utillaje y una disminución de su mantenimiento, ya que la calidad dimensional se mantiene durante más tiempo, evitando posteriores reconstrucciones de las caras de contacto o de pulidos de la superficie.

Dureza del material base

Un aspecto importante del procedimiento de endurecimiento de superficies es la dureza de la superficie receptora, que es fundamental para conseguir rendimientos óptimos del recubrimiento. Los esfuerzos a los que se somete la superficie de la matriz se transmiten al sustrato y si este cede, el recubrimiento que es frágil y poco flexible debido a su elevada dureza, se rompe y se desprende de la pieza.

Adherencia del recubrimiento

Este aspecto puede ser cualitativamente analizado mediante un ensayo Vickers de carga elevada (20 Kg) o Rockwell C. El aspecto observado después del ensayo con 100 aumentos califica de aceptable o inaceptable el recubrimiento.

Para obtener valores cuantitativos de adherencia, el ensayo de resistencia al rallado o «Scratchtest» es el más empleado.

COMPONENTES DE LOS ACEROS

CONSIDERACIONES SOBRE LA FABRICACIÓN DE UTILLAJES PARA ELECTROEROSIÓN

Introducción

En los actuales métodos de fabricación de matrices tanto por estampación de chapa, extrusión, forja o fabricación de moldes de inyección de plásticos, están totalmente extendidos los procedimientos mediante los sistemas de electroerosión.

Dentro de estos procedimientos tenemos el sistema de electroerosión a penetración y el de electroerosión por hijo, que se usarán en función de las necesidades de cada utillaje.

Principios básicos de este proceso de fabricación

Este método es llevado a cabo mediante la descarga eléctrica entre un ánodo o polo positivo (grafito o cobre) y un cátodo o polo negativo (acero), en un medio dieléctrico, es decir, no conductor de la corriente eléctrica.

Las descargas son controladas de manera que se produzca erosión en la herramienta o pieza trabajada.

Durante el proceso de penetración el ánodo se va abriendo camino en la pieza a trabajar, reproduciendo la forma del electrodo sobre la pieza.

La misión del líquido dieléctrico es la de permitir el golpeo de la superficie del cátodo a través de su ionización positiva durante las descargas. Esto provoca un aumento de la temperatura de tal magnitud que hace que el acero se funda o vaporice, formando pequeñas gotas de material fundido, que son arrastradas por el conducto de líquido dieléctrico como si se tratara de virutas.

Los parámetros a tener en cuenta en este tipo de proceso son:

- *Velocidad de arranque de material.*
- *Acabado de la superficie.*
- *Desgaste de los electrodos.*
- *Los efectos provocados sobre el acero.*

COMPONENTES DE LOS ACEROS

La influencia de este tipo de fabricación sobre la superficie de las matrices puede tener unos efectos negativos sobre el rendimiento del utillaje que es necesario conocer y tener en cuenta para poder preveerlos y solucionarlos.

Efectos de la electroerosión sobre el acero para utillajes

Este método se diferencia totalmente de los clásicos métodos por arrancamiento de viruta convencionales, ya que la superficie sobre la que se trabaja se ve sometida a temperaturas extremadamente altas, que provocan la fusión o evaporación del metal para poder ser eliminado, pero el material que queda se verá necesariamente afectado por estas temperaturas tan altas.

También es conveniente tener en cuenta que en algunos casos este proceso ha mejorado la resistencia al desgaste de la superficie del utillaje, pero en general, estas superficie provoca sorpresas si el utillaje se ve sometido a esfuerzos altos, como es el caso de la extrusión.

Capa fundida y solidificada

Si se realiza un estudio minucioso de la superficie electroerosionada se encuentra una capa exterior, fundida por la acción del electrodo y solidificada. Esta capa se denomina *zona blanca*, y es de un grosor de entre 15 y 30 m para un mecanizado basto. Es extremadamente dura, al mismo tiempo que frágil.

Capa retrepada

En esta capa se sitúa a continuación de la zona blanca, la temperatura ha aumentado por encima del nivel de austenización (trempe) y ha formado martensita. Este compuesto es duro y frágil.

Capa revenida

En la capa revenida que se sitúa a continuación de la capa retrepada, el acero no ha sido calentado en un grado tan alto como para llegar a la temperatura de trempe, y lo único que se ha producido es un efecto de revenido. Este efecto va en disminución conforme el material está situado hacia el interior del núcleo.

A partir de cierta profundidad encontramos finalmente el material de la matriz no afectado por el aumento de la temperatura.

COMPONENTES DE LOS ACEROS

Efectos de la electroerosión sobre el rendimiento del utillaje

Este proceso desde el punto de vista de construcción de utillajes ha revolucionado el mundo de la matricería y construcción de moldes, consiguiendo fabricar utillajes de gran complejidad que por métodos tradicionales serían de coste prohibitivo.

A pesar de las ventajas de fabricación, la formación de la capa blanca para utillajes sometidos a altos esfuerzos se microfisura, con el perjuicio de que estas microfisuras continúan progresando material hacia dentro, llegando a producirse roturas de matrices o punzones de forma prematura, provocando un fuerte perjuicio económico.

Solución de los efectos de la electroerosión sobre los utillajes

Para poder solucionar estos efectos se ha de proceder de la siguiente manera:

- *Realizar la electroerosión de acabado a bajas intensidades de corriente para no producir una gran zona blanca ni fisuras en ella.*
- *Realizar un revenido posterior a la electroerosión para uniformizar las capas trempada, revenida y la zona no afectada de utillaje.*
- *Proceder a un pulido de la superficie para eliminar la zona blanca.*
- *Si el utillaje posee un ajuste de gran precisión, se habrá de tener en cuenta la capa eliminada de material en el pulido, a la hora de hacer la electroerosión.*

COMPONENTES DE LOS ACEROS



COMPONENTES DE LOS ACEROS

