

TRATAMIENTOS TERMOQUÍMICOS

Los **tratamientos termoquímicos** forman parte de los **tratamientos térmicos**, ya que la pieza sufre un calentamiento y posteriormente un enfriamiento adecuado, con la diferencia que la pieza se ha recubierto de una sustancia química que modifica su estructura superficial. Las sustancias químicas utilizadas normalmente son: carbono, nitrógeno y sulfato, pudiendo estar en estado gaseoso, líquido o sólido.

Así que podemos distinguir cinco tratamientos termoquímicos:

- **CEMENTACIÓN**
- **NITRURACIÓN**
- **CIANURACIÓN**
- **CARBONITRURACIÓN**
- **SULFINIZACIÓN**

Los **tratamientos termoquímicos** son tratamientos térmicos en los que, además de los cambios en la estructura del acero, también se producen cambios en la composición química de la capa superficial, añadiendo diferentes productos químicos hasta una profundidad determinada. Estos tratamientos requieren el uso de calentamiento y enfriamiento controlados en atmósferas especiales.

Entre los objetivos más comunes de estos tratamientos están, aumentar la dureza superficial de las piezas dejando el núcleo más blando y tenaz, disminuir el rozamiento aumentando el poder lubricante, aumentar la resistencia al desgaste, aumentar la resistencia a fatiga o aumentar la resistencia a la corrosión.

Resumiremos la definición de los tipos tratamientos termoquímicos:

Cementación (C). Aumenta la dureza superficial de una pieza de acero dulce, aumentando la concentración de carbono en la superficie. Se consigue teniendo en cuenta el medio o atmósfera que envuelve el metal durante el calentamiento y enfriamiento. El tratamiento logra aumentar el contenido de carbono de la zona periférica, obteniéndose después, por medio de temple y revenidos, una gran dureza superficial, resistencia al desgaste y buena tenacidad en el núcleo.

Nitruración (N). Al igual que la cementación, aumenta la dureza superficial, aunque lo hace en mayor medida, incorporando nitrógeno en la composición de la superficie de la pieza. Se logra calentando el acero a temperaturas comprendidas entre 400 °C y 525 °C aproximadamente, dentro de una corriente de gas amoníaco, más nitrógeno.

Cianuración (C+N). Endurecimiento superficial de pequeñas piezas de acero. Se utilizan baños con cianuro, carbonato y cianato sódico. Se aplican entre 750 °C y 950 °C aproximadamente.

Carbonitruración (C+N). Al igual que la cianuración, introduce carbono y nitrógeno en una capa superficial, pero con hidrocarburos como metano, etano o propano, amoníaco (NH₃) y monóxido de carbono (CO). En el proceso se requieren temperaturas de 650 a 850 °C aproximadamente, y es necesario realizar un temple y un revenido posterior.

Sulfinización (S+N+C). Aumenta la resistencia al desgaste por acción del azufre. El azufre se incorpora al metal por calentamiento, a la temperatura de 565 °C aproximadamente, en un baño de sales.

CEMENTACIÓN

La **cementación** es un tratamiento termoquímico que consiste en carburar una capa superficial de una pieza de acero, rodeándola de un producto carburante y calentándola a una temperatura adecuada mediante difusión, modificando su composición, impregnando la superficie y sometiéndola a continuación a un tratamiento térmico, un temple y un revenido, quedando la pieza con buena tenacidad en el núcleo y con mucha dureza superficial.

El objetivo de la cementación es que en el templado del acero proporciona dureza a la pieza, pero también fragilidad. Por el contrario, si no se temple el material no tendrá la dureza suficiente y se desgastará. Para conservar las mejores cualidades de los dos casos se utiliza la cementación, que endurece la superficie de la pieza sin modificación del núcleo, dando lugar así a una pieza formada por dos materiales, la del núcleo de acero con bajo índice de carbono, tenaz y resistente a la fatiga, y la parte de la superficie, de acero con mayor concentración de carbono, más dura, resistente al desgaste y a las deformaciones, siendo todo ello una única pieza compacta.

Consiste en recubrir las partes a cementar de una materia rica en carbono, llamada cementante, y someterla durante varias horas a altas temperatura de 900 °C. En estas condiciones es cuando tiene mayor capacidad de disolución el carbono, que irá penetrando en la superficie que recubre a razón de 0,1 a 0,2 milímetros por hora de tratamiento. Una vez absorbido por la capa periférica del acero, comienza el proceso de difusión del carbono hacia el interior de la pieza (el espesor de la capa cementada depende de la temperatura y del tiempo que dure la operación). La pieza así obtenida se le da el tratamiento térmico correspondiente, de temple y revenido, y cada una de las dos zonas de la pieza, adquirirá las cualidades que corresponden a su porcentaje de carbono. En ocasiones se dan dos temples, uno homogéneo a toda la pieza y un segundo temple que endurece la parte exterior.

La cementación encuentra aplicación en todas aquellas piezas que tengan que poseer gran resistencia al choque y tenacidad junto con una gran resistencia al desgaste, como es el caso de los piñones, levas, ejes, etc.

Podemos diferenciar tres tipos de materiales cementantes:

- **Sólidos.**
- **Líquidos.**
- **Gaseosos.**

Aceros de cementación

Son apropiados para cementación los aceros de baja contenido de carbono, que conserven la tenacidad en el núcleo. El cromo acelera la velocidad de penetración del carbono. Los aceros al cromo níquel tienen buenas cualidades mecánicas y responden muy bien a este proceso. Una concentración de níquel por encima del 5 %, retarda el proceso de cementación. Según sean los requisitos de dureza y resistencia mecánica existen varios tipos de aceros adecuados para recibir el tratamiento de cementación y posterior tratamiento térmico.

Algunos ejemplos de aceros aptos para la cementación son:

Aceros para cementación al carbono. La cementación se realiza entre 900 °C y 950 °C, el primer temple se realiza entre 875 °C y 925 °C en agua o aceite, el segundo temple se realiza entre 925 °C y 775 °C en agua, y el revenido a una temperatura máxima de 200 °C. Se utiliza para piezas poco cargadas y de espesor reducido, de poca responsabilidad y escasa tenacidad en el núcleo.

Aceros para cementación al cromo-níquel (Cr-Ni) de 125kgf/mm². Tiene una composición de cromo de 1 % y de níquel un 4,15 %. La cementación se realiza entre 850 °C y 900 °C, el primer temple entre 825 °C y 900 °C en aceite, el segundo temple se realiza entre 725 °C y 800 °C, y el revenido a una temperatura máxima de 200 °C. Se utiliza para piezas de gran resistencia en el núcleo y buena tenacidad. Elementos de máquinas y motores, engranajes, levas, etc.

Aceros para cementación al cromo-molibdeno (Cr-Mo) de 95 kgf/mm². Tiene una composición de cromo de 1,15 % y de molibdeno un 0,20 %. La cementación se realiza entre 875 °C y 950 °C, el primer temple se realiza entre 875 °C y 900 °C en aceite, el segundo temple se realiza entre 775 °C y 825 °C en aceite, y el revenido a una temperatura máxima de 200 °C. Se utiliza para piezas de automóviles y maquinaria de gran dureza superficial y núcleo resistente. Piezas que sufran gran desgaste y transmitan esfuerzos elevados, engranajes, levas, etc.

Aceros para cementación al cromo-níquel-molibdeno (Cr-Ni-Mo) de 135 kgf/mm². Tiene una composición de cromo de 0,65 %, de níquel un 4 %, y de molibdeno un 0,25 %. La cementación se realiza entre 850 °C y 950 °C, el primer temple se realiza entre 825 °C y 875 °C en aire o aceite, el segundo temple se realiza entre 725 °C y 775 °C en aceite, y el revenido a una temperatura máxima de 200 °C. Se utiliza para piezas de grandes dimensiones de alta resistencia y dureza superficial. Máquinas y motores de máxima responsabilidad, ruedas dentadas, etc.

NITRURACIÓN

La **nitruración** es un tratamiento térmico empleado para el endurecimiento superficial de ciertas piezas, principalmente aceros. Es especialmente recomendable para aceros aleados con cromo, vanadio, aluminio, wolframio y molibdeno, ya que forman nitruros estables a la temperatura de tratamiento. Son estos nitruros los que proporcionan la dureza buscada. Durante la nitruración, la pieza sometida ve aumentada su dureza superficial mediante el aporte de nitrógeno a la misma en una atmósfera nitrurante, principalmente compuesta de vapores de amoníaco descompuesto en nitrógeno e hidrógeno. En esta descomposición, el nitrógeno, más denso que el hidrógeno, se desplaza hacia la zona inferior de la cámara, entrando en contacto con la pieza y formando nitruros de hierro (compuesto duro y frágil) en su superficie.

La penetración de este tratamiento es muy lenta, del orden de un milímetro de espesor por cada 100 horas de duración, aunque después de esto, la pieza no precisará de temple. Este tratamiento se realiza normalmente en hornos eléctricos a temperaturas aproximadas de 500 °C, por cuya cámara circula el gas de amoníaco. Tanto la temperatura como la concentración del gas en amoníaco, deben mantenerse constante durante todo el proceso. Además, en caso de existir alguna parte de la pieza que no se desee nitrurar, se introducen dichas partes en una solución de estaño y plomo al 50 %, que evitará que la atmósfera de nitrógeno les afecte.

Podemos diferenciar cuatro tipos de nitruración:

- **Nitruración gaseosa.**
- **Nitruración líquida.**
- **Nitruración sólida.**
- **Nitruración iónica.**

Aceros para nitruración

No todos los aceros son aptos para nitrurar, ya que en ocasiones el procedimiento puede resultar contraproducente, tales como los aceros al carbono, en los que el nitrógeno penetra demasiado rápido en la estructura y la capa nitrurada tiende a desprenderse. Resulta conveniente que en la composición de la aleación haya una cierta cantidad de aluminio 1 %. También es aplicable a los aceros inoxidable, aceros al cromo níquel y ciertas fundiciones al aluminio o al cromo.

Algunos ejemplos de aceros aptos para la nitruración son:

Acero para nitruración al Cr-Mo-V de alta resistencia. La composición extra de este acero es la siguiente: 0,32 % C, 3,25% Cr, 0,40% Mo y 0,22%V. Una vez tratado alcanza una resistencia mecánica de 120 kg/mm². La capa nitrurada se adhiere muy bien al núcleo sin temor a descascarillamiento. Se utiliza para construir piezas de gran resistencia y elevada dureza superficial para resistir el desgaste.

Acero para nitruración al Cr-Mo-V de resistencia media. La composición extra de este acero es 0,25% C, 3,25%Cr, 0,40% Mo y 0,25% V. Tiene características y aplicaciones parecidos al anterior, solamente que su resistencia mecánica es de 100kg/mm².

Acero para nitruración al Cr-Al-Mo de alta dureza. La composición extra de este acero es 0,40% C, 1,50% Cr, 0,20% Mo y 1% Al. La capa nitrurada de este acero puede descascarillarse y es de gran fragilidad. Se utiliza para piezas que soporten una resistencia media y la mayor dureza superficial posible. Este tratamiento también es aplicable a algunos aceros inoxidable, aceros al cromo-níquel y ciertas fundiciones al aluminio o al cromo.

CIANURACIÓN

La **cianuración** se puede considerar como un tratamiento intermedio entre la cementación y la nitruración, ya que el endurecimiento se consigue por la acción combinada del carbono y el nitrógeno a una temperatura determinada. Cuando se quiere obtener una superficie dura y resistente al desgaste, se realiza a una temperatura por encima de la crítica del corazón de la pieza entre 750 °C y 950 °C aproximadamente, se introduce la pieza en una solución que generalmente consta de cianuro de sodio con cloruro de sodio y carbonato de sodio, el enfriamiento se hará directamente por inmersión al salir del baño de cianuro con esto se obtiene una profundidad de superficie templada uniforme de unos 0,25 mm en un tiempo de una hora.

Posteriormente hay que templar las piezas. Se cementa colocando las piezas en baños de mezclas de sales fundidas (cianuro, HCN), de modo que el carbono difunde desde el baño hacia el interior del metal. Produce una capa más profunda, más rica en carbono y menos nitrógeno.

Los baños de cianuro se usan generalmente en los procesos de temple de acero para impedir la descarburación de la superficie. Sus principales ventajas son: la buena eliminación de oxidación, la profundidad de la superficie es duradera, el contenido de carbono se reparte homogéneamente y de gran rapidez de penetración. También posee ciertas desventajas como son: el lavado de las piezas posterior al tratamiento para prevenir la herrumbre, la revisión de la

composición del baño ha de ser de forma periódica y la alta peligrosidad de las sales de cianuro, dado que éstas son venenosas.

Podemos realizar la cianuración de dos maneras diferentes, como son:

A la flama el calentamiento del acero se realiza de forma local, de modo que con el enfriamiento se produzca un temple localizado en la región afectada. La profundidad de temple con este proceso varía de 1,5 a 6,5 mm este método se emplea en superficies de piezas grandes por su deformación que es mínima. Para aceros al carbono el contenido de este debe ser entre 0,35 % a 0,70 %, aunque también puede templarse a la llama aceros contenido de carbono más alto si se tiene cuidado de impedir el agrietamiento de la superficie. Para obtener buenos resultados con este proceso se debe tener cuidado en la característica de la flama, la distancia a la superficie, su velocidad de movimiento y el tiempo de enfriamiento por inmersión. Es necesario un revenido para liberar el material de los esfuerzos, siendo suficiente por lo general una temperatura de 200 °C aproximadamente. Sus principales aplicaciones son: para el temple de dientes de engranes, levas, extremos de rieles, llantas metálicas de rueda, etc.

Por inducción el calentamiento se realiza por corriente eléctrica, el calentamiento por resistencia es útil para templar secciones localizadas de algunas piezas forjadas y de fundición, pero en general su principal aplicación es para calentar partes de sección transversal uniforme. El proceso se usa para templar superficies de piezas cilíndricas, los muñones de apoyo de los cigüeñales aplicando una corriente de alta frecuencia a la sección de apoyo durante unos cuantos segundos y cuando se ha calentado el acero a la profundidad deseada, se rocía agua sobre la superficie calentada a través de orificios hechos, los bloques del inductor que rodea al apoyo. La amplitud de la zona calentada puede regularse con toda exactitud que las curvas o filetes puedan quedar perfectamente sin posibilidad de fallar por fatiga y sin sacrificar la resistencia al desgaste.

CARBONITRURACIÓN

La **carbonitruración** es un procedimiento que consiste en endurecer superficialmente el acero, en este tratamiento termoquímico se promueve el enriquecimiento superficial simultáneo con carbono y nitrógeno, con el objetivo de obtener superficies extremadamente duras y un núcleo tenaz, sumado a otras propiedades mecánicas como resistencia a la fatiga, resistencia al desgaste y resistencia a la torsión. Una ventaja significativa es que presenta muy poca deformación debido a que el nitrógeno absorbido en el proceso disminuye la velocidad crítica de temple del acero. En este proceso se consiguen capas hasta de 1,5 mm, en nuestro caso lo hacemos en hornos de atmósfera controlada.

Dicho tratamiento se realiza en las mismas condiciones que la cementación ya sea en baño de sales de una composición determinada o en atmósfera gaseosa con adición de nitrógeno por medio de la disociación de amoniaco. Por esta razón la temperatura de la carbonitruración se sitúa entre las temperaturas de estos dos procesos. La oferta de nitrógeno, que se difundirá en el acero, dependerá de la composición del baño y también de su temperatura. Por lo contrario, el aumento de nitrógeno se reduce a medida que aumenta la temperatura.

Diremos que el tratamiento de carbonitruración está subdividido en:

- Carbonitruración por encima de A1 (750°C a 850°C).
- Carbonitruración por debajo de A1 (700°C a 750°C).

SULFINIZACIÓN

La **sulfinización** es un tratamiento termoquímico en el cual se introduce superficialmente azufre al acero. El objetivo no es mejorar las propiedades mecánicas sino mejorar su comportamiento frente al mecanizado. Se realiza en piezas ya terminadas. Consiste en elevar la temperatura de la pieza a 575°C aproximadamente en un baño de sales que ceden carbono, nitrógeno y azufre (estos dos últimos en menor cantidad), en aleaciones férricas y de cobre.

Se utiliza en aceros de bajo carbono donde la viruta no se corta sino que se deforma y es arrastrada acumulándose frente al ataque. La incorporación superficial del azufre genera sulfuro de hierro (S₂Fe) como inclusión no metálica (impurezas), y se aloja en los bordes de grano lo que fragiliza al metal, lo cual hace que disminuya el punto de fusión.

Después de la sulfinización las dimensiones de las piezas aumentan ligeramente, aumentando su resistencia al desgaste, favoreciendo la lubricación y evitando el agarrotamiento.

Actividad:

Toma uno de los tratamientos termoquímicos, investiga y desarrolla un informe con lo siguiente:

- Tipo de maquinaria se utiliza o herramientas necesarias para llevar a cabo dicho tratamiento (ej: horno, soplete, batea, etc.)
- si se utilizan elementos químicos para agregar al tratamiento y en qué estado (sólido, líquido, gaseoso) (ej: azufre, amoníaco, fósforo, etc.)