

ARTÍCULO TÉCNICO

APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS TERMICOS EN PROCESOS DE FABRICACIÓN

1.0 INTRODUCCIÓN

Para realizar una gestión en los tratamientos térmicos se requieren conocimientos metalúrgicos, adecuados criterios de ingeniería, mano de obra entrenada y equipos que se acomoden a las necesidades, con sistemas de trabajo eficientes, precisos y armónicos con el medio ambiente.

2. SELECCION DE ACEROS Y SELECCION DE TRATAMIENTO TERMICO

La distribución de los esfuerzos en las piezas es un criterio que ayuda a seleccionar los aceros de maquinaria. Ver Figura 1

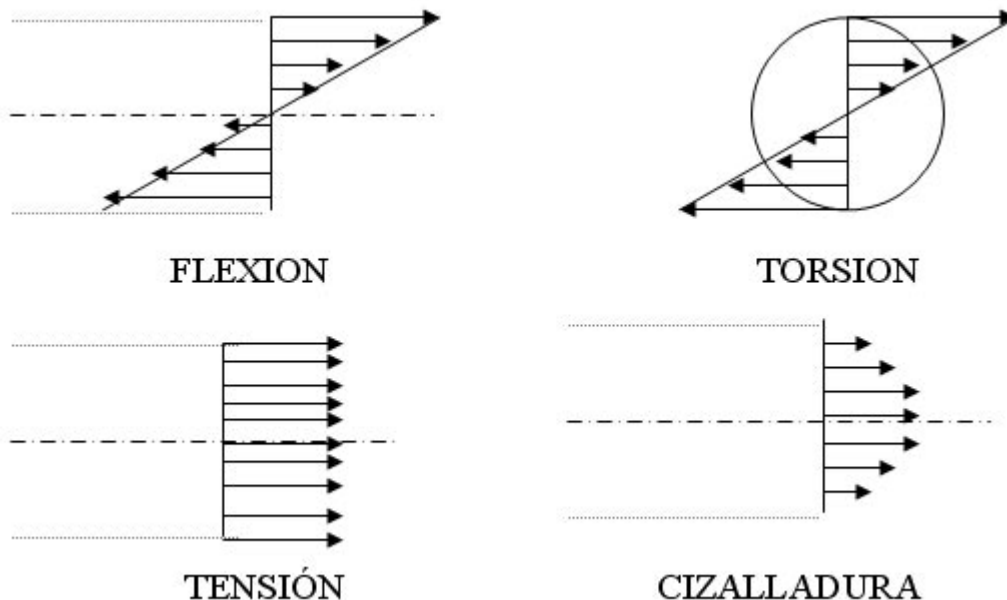


Figura 1. Esquema de la distribución de esfuerzos principales en elementos mecánicos.

Cuando los esfuerzos son de flexión y torsión se requieren aceros de endurecimiento superficial y cuando los esfuerzos son de tensión y cizalladura, se necesitan aceros de endurecimiento en el núcleo. Para saber cuáles aceros son los apropiados en cada caso a continuación presentaremos en forma rápida los aceros que admiten endurecimiento superficial y los que admiten endurecimiento hasta el núcleo de las piezas.

SELECCION DE ACEROS DE ACUERDO A LOS ESFUERZOS

La distribución de los esfuerzos en las piezas es un criterio que ayuda a seleccionar los aceros de maquinaria. Cuando los esfuerzos son de flexión y torsión se requieren aceros de endurecimiento superficial y cuando los esfuerzos son de tensión y cizalladura, se necesitan aceros de endurecimiento en el núcleo. Para saber cuáles aceros son los apropiados en cada caso a

continuación presentaremos en forma rápida los aceros que admiten endurecimiento superficial y los que admiten endurecimiento hasta el núcleo de las piezas.

ACEROS PARA CEMENTACIÓN

La dureza de los aceros y por lo tanto su resistencia al desgaste es de algún modo contraria a la tenacidad y ductilidad. Por eso cuando se trata de conseguir durezas elevadas en aceros de alto carbono, estos quedan frágiles. Y, en cambio si se utilizan aceros de bajo carbono se obtienen piezas de buena tenacidad pero de poca dureza.

La cementación consigue en teoría solucionar el problema de obtener gran dureza superficial y buena tenacidad en el núcleo. La cementación consiste en aumentar el porcentaje de carbono de la capa superficial de los aceros de bajo carbono, para conseguir en ella, una vez templada, la dureza de los aceros de alto carbono. Así quedan piezas de alta dureza superficial y buena tenacidad.

Esta combinación de características es muy adecuada para piezas de maquinaria como engranajes, etc., que deben tener la superficie muy dura para resistencia al desgaste y soportar esfuerzos flectantes en la raíz de los dientes y, en cambio, el núcleo de los dientes muy tenaz para resistir bien los golpes que se producen en los engranajes.

Los aceros preferidos para cementar son los que tienen un porcentaje de carbono hasta 0.25 % , con un contenido de manganeso entre 0.5 y 1.0 % , con porcentajes variables de cromo, níquel y molibdeno.

La cementación se aplica en piezas que, como se dijo, requieran alta dureza en superficie y núcleo tenaz, para soportar adecuadamente esfuerzos flectantes que son máximos en la superficie de la pieza, tal como en piñones, ejes, etc. En piezas de desgaste superficial tales como bujes, levas, rodillos y otros.

ACEROS PARA CARBONITRURAR

La Carbonitruración es un tratamiento con el que se consigue endurecer una capa superficial de los aceros por la absorción simultánea de carbono y nitrógeno. Esta operación es parecida a la que ocurre en la cementación, pero la temperatura de proceso es menor y los compuestos que se forman en la superficie del acero mejoran su templabilidad permitiendo con esto enfriamientos menos severos en el temple. Así se disminuyen los riesgos de agrietamiento y distorsión de las piezas.

Por el efecto del mejoramiento de la templabilidad en los aceros, la carbonitruración permite el uso de aceros de menor calidad, los cuales a veces presentan el inconveniente de que después del temple que sigue a la cementación ordinaria, aparecen puntos blandos en la capa dura, problema que no suele presentarse en la carbonitruración.

Los aceros recomendados para la carbonitruración son básicamente los mismos que los de cementación. También los aceros de medio carbono no aleados como el AISI 1030; AISI 1040; AISI 1045 y los medio carbono aleados con Cromo - Molibdeno o Cromo - Níquel - Molibdeno, tales como el AISI 4140 y AISI 4340, tienen excelente respuesta a la carbonitruración.

ACEROS PARA TEMPLAR

El objetivo del temple es endurecer el acero. Se realiza enfriando rápidamente el acero desde una temperatura elevada, llamada de austenización. El enfriamiento depende del tipo de acero y del diseño de la pieza básicamente. Se enfría en agua, aceite, soluciones poliméricas, sales fundidas, lechos fluidizados o aire.

La dureza que se consigue en el temple depende directamente de la aleación, siendo el carbono el elemento más importante, donde a mayor contenido de carbono mayor es la dureza. Así los aceros de temple son fundamentalmente los de medio y alto contenido de carbono, aleados o no aleados. Se consideran aceros de bajo carbono los de menos de 0.3 %; de medio carbono los que su porcentaje de carbono está entre 0.3 - 0.6 % y de alto carbono los de mayor a 0.6%.

Los otros elementos aleantes (Cromo, Vanadio, Tungsteno, Niobio, Molibdeno, Boro, etc.) ejercen una acción sinérgica con el carbono y mejoran la capacidad de endurecimiento del acero, además de cumplir sus propias funciones, tales como dar tenacidad, aumentar resistencia a la corrosión, mejorar la resistencia al desgaste, etc.

Los aceros aleados se consideran de baja aleación cuando la suma de los elementos aleantes es inferior a 3.5 %, si esta es de 3.5 - 8.0 % se dice que son de media aleación y si el contenido de aleantes es mayor a 8% son de alta aleación.

ACEROS PARA NITRURAR

La nitruración es un proceso que se realiza para difundir una pequeña capa de nitruros de hierro en la superficie del acero, la cual es dura y rígida, que aumenta la resistencia al desgaste, mejora la resistencia a la flexión, disminuye el coeficiente de fricción, aumenta la resistencia a la fatiga. Se hace a temperaturas entre 520 °C y 580 °C, por lo que las deformaciones son mínimas en las piezas.

Los aceros para nitrurar deben poder soportar la capa nitrurada, de modo que los esfuerzos superficiales a la que se somete no resquebrajen esa capa y la desprendan. Los esfuerzos de compresión atentan contra la capa nitrurada.

Cualquier acero se puede nitrurar, pero se prefieren los aceros previamente templados y revenidos que soporten la capa endurecida. Los aceros AISI 4340 y AISI 4140 bonificados tiene un buen comportamiento en esta aplicación. Bonificado significa que es templado y revenido. Comercialmente se entiende que se venden con durezas de 28-32 HRc.

3. RELACIONES ENTRE EL DISEÑO Y LOS TRATAMIENTOS

TÉRMICOS

El éxito de una pieza de acero se basa en cuatro condiciones. Estas son: buen acero, buen diseño, buen tratamiento térmico y buen uso.

Se espera que quien selecciona el material para determinada aplicación es idóneo en sus conocimientos y criterios de modo que al seleccionar obtenga de él todas sus bondades y no pretenda lograr de un material resultados imposibles de conseguir, aún con el mejor tratamiento térmico.

En lo que se refiere al diseño, si este es deficiente, se aumentan los riesgos de grietas y deformaciones en el tratamiento térmico, aunque el personal que haga este trabajo sea experto en él. Un buen diseño no interfiere con el tratamiento térmico, lo facilita.

La falla de una pieza normalmente ocurre en una región de tensiones localizadas. Por lo tanto los diseñadores saben que es importante prestar atención al problema de los concentradores de tensiones. Esto es particularmente importante bajo condiciones de esfuerzos elevados y esfuerzos fluctuantes.

Algunos concentradores de tensiones son resultado del diseño: entallas, cantos y esquinas agudas, cambios abruptos de sección, filetes inadecuados, huecos ciegos, roscas. Otros son más insidiosos y pueden resultar de una mala ejecución del diseño: mal maquinado, marcas de herramientas de impacto, rayas, grietas de rectificado, cortes, etc.

La forma ideal para el tratamiento térmico es aquella en la cual todos los puntos de cualquier sección o superficie reciben o regresan la misma cantidad de calor a la misma velocidad. Esto en la realidad no existe, pero la labor del diseñador es tratar de acercarse lo más posible.

4. DEFORMACIONES CON ORIGEN EN LOS TRATAMIENTOS

TÉRMICOS

Los tratamientos térmicos no se aplican al acero sino a las piezas de acero.

Los calentamientos y enfriamientos inherentes a los tratamientos térmicos producen en los aceros variaciones de volumen y forma que se traducen en las piezas.

Las deformaciones de las piezas en los tratamientos térmicos se producen por cambios volumétricos dados en los cambios de estructuras, lo cual es inherente al acero y la mejor manera de controlarlos es calentando a las temperaturas correctas y durante el tiempo adecuado. Por otra parte se producen distorsiones por los siguientes defectos:

Calentamiento irregular: Si al introducir las piezas al horno no reciben calor uniformemente en toda la superficie se dan deformaciones permanentes. El acero con el calor pierde resistencia y si no se coloca correctamente en el horno se deforma por su propio peso.

Enfriamiento irregular: Si las piezas, según su geometría no se introducen correctamente al medio de enfriamiento, se producen deformaciones permanentes. En piezas con secciones variables se introduce primero la parte gruesa para que enfríe tan rápido como la parte delgada.

Las piezas con espacios huecos deben templarse con la abertura hacia arriba para que penetre el líquido y desplace el gas. Si hay vapor atrapado se producen temple irregulares y probabilidades de grietas y deformaciones.

Forma complicada de la pieza: El problema se debe al diseño. Quien proyecta siempre debe pensar en los tratamientos térmicos. Se pueden atenuar las deformaciones calentando y enfriando lenta y uniformemente, cuando sea posible, usando temple escalonados (austempering y martempering).

Materiales mal seleccionados: La templabilidad del acero repercute en la deformación. Cuando se requiera evitar la deformación se deben emplear los aceros llamados indeformables, que minimizan las deformaciones a causa de que los templean con bajas velocidades de enfriamiento.

Defectos del material: Mientras más limpio el acero menos peligro de grietas y deformaciones. Las inclusiones no metálicas (óxidos, silicatos, poros, etc.) y las segregaciones provocan aumento de tensiones locales que dan lugar a grietas y deformaciones . En los lingotes laminados de aceros aleados son comunes las bandas y el amontonamiento de carburos que no se pueden eliminar en el tratamiento y son causa del problema.

Por todo lo expuesto es claro que en el diseño se deben prever las tolerancias necesarias para rectificar y ajustar medidas después de los tratamientos térmicos. Las magnitudes de estas deformaciones dependen del material, de la geometría de la pieza, del tipo de tratamiento térmico, de los mecanizados; por lo que se requiere de un amplio conocimiento de los fenómenos de transformación para poder cuantificarlos. El tratamiento a fondo del tema se sale del contexto de esta conferencia por lo que se sugiere en el momento de proyectar la fabricación de las piezas acordar las tolerancias con los técnicos que manejan con propiedad la información. En Tratar S.A. estamos siempre atentos a colaborarles en este aspecto.

5.0 CONTROLES ANTES, DURANTE Y DESPUES DEL

TRATAMIENTO TERMICO

El proceso técnico en sí de los tratamientos térmicos requiere de personal calificado y hábil, lo cual se consigue con preparación académica y experiencia. Pero el manejo de los tratamientos térmicos como una industria organizada exige controles para asegurar la calidad de los procesos y registros de los resultados para brindar confiabilidad al cliente. Es decir, requiere un Sistema de Aseguramiento de Calidad. Por otra parte los procesos de producción deben ser amigables con la naturaleza, por lo que ellos deben ser limpios para ser compatibles con las tendencias mundiales en los cuidados del medio ambiente.

Controles antes de proceso: En el momento de recibir las piezas para tratamiento térmico es necesario realizar una inspección preliminar de ellas para verificar sus características de diseño o estado actual que permitan evaluar los riesgos para el tratamiento térmico y establecer las responsabilidades y el alcance de las posibilidades de las propiedades mecánicas a obtener.

También se inspeccionan los equipos para asegurar que los procesos se efectúen en condiciones ideales.

Controles durante el proceso: en el proceso en si se deben controlar los parámetros de temperatura, tiempo y medio de sostenimiento (calidad de la atmósfera).

Controles después del proceso: La calidad del tratamiento térmico se mide con los controles finales. Dureza, deformaciones, acabado superficial, existencia de fisuras, medición de capa endurecida, etc.

Es muy importante efectuar registros de cada uno de estos datos en forma ordenada y sistemática para poder brindar trazabilidad de los procesos y de los resultados. Esto ayuda para tener acceso a históricos y poder repetir procesos exitosos y también en el caso de garantías cuando se considere que el rendimiento de las piezas es insuficiente.

Los tratamientos térmicos han evolucionado a través de la historia.

Inicialmente las técnicas de trabajo implicaron medios sólidos de sostenimiento a altas temperaturas de los aceros, para evitar su descarburación o para lograr su carburación. Estos medios sólidos eran sucios y difíciles de manejar.

Posteriormente se emplearon medios líquidos (sales con base en cianuro de sodio). Estos son agresivos con el medio ambiente, por su alta toxicidad, perjudican el agua y el aire.

Un tercer paso son los medios gaseosos, los lechos fluidizados y los hornos de vacío. Estos son mucho menos perjudiciales para el medio ambiente. Son tecnologías limpias que no generan tóxicos en los procesos.

Tecnológicamente se pueden dar aspectos positivos y negativos de cada medio:

En medios sólidos se obtienen altas profundidades de capa cementada, pero es incontrolable el potencial de carbono de la superficie y no es recomendable para aceros de herramientas por la alta tendencia a dar mucha austenita retenida en la superficie.

En medios líquidos se controlan bien profundidades de capa pequeñas, pero su potencial de carbono es difícil de controlar. Las posibilidades de calentamiento son rápidas, pero esto hace que los riesgos de deformaciones y grietas se incrementen a causa de los fuertes choques térmicos.

Los procesos de restauración de carbono no se pueden realizar en sales debido a las dificultades en el control del potencial de carbono.

Las sales son agresivas con ciertos aceros, por ejemplo los inoxidables y los de alto cromo. Esto limita la posibilidad de templar piezas con excelente acabado superficial en este medio y fabricados en estos aceros.

Los medios gaseosos dan facilidades para el control del potencial de carbono y de la profundidad de capa cementada. Así la cantidad de austenita retenida es controlada con facilidad y se pueden realizar procedimientos de restauración de carbono con éxito.

La transmisión de calor a las piezas es más lenta que en sales por lo que los choques térmicos son suaves y por ende las posibilidades de deformación y agrietamiento se disminuyen.

En piezas de alto pulimento se consiguen superficies con buenos acabados.

A consecuencia de estos aspectos ambientales y tecnológicos TRATAR S.A, desde hace nueve años, apagó sus hornos de sales y se ha dedicado a trabajar con hornos de atmósferas controladas y lechos fluidizados con excelentes resultados en el control de la contaminación y en la calidad de su trabajo. Está comprobado que el paso fue muy bueno.

Escrito por:

José Domingo Guerra

Jefe de Producción TRATAR S.A.