

Aceros inoxidables: Desarrollo y aplicaciones

Los aceros inoxidables son aleaciones ferro-cromo con un mínimo de 11% de cromo

El agregado de otros elementos a la aleación permite formar un amplio conjunto de materiales, conocidos como la familia de los aceros inoxidables. Entre los elementos de aleación, dos se destacan: el cromo, elemento presente en todos los aceros inoxidables por su papel en la resistencia a la corrosión y el níquel por la memoria en las propiedades mecánicas

La siguiente es una visión panorámica de la familia de los aceros inoxidables, sus principales características y aplicaciones

Aceros inoxidables martensíticos

En los aceros inoxidables martensíticos, el carbono está en una concentración tal, que permite la formación de austenita a altas temperaturas, que a su vez se transforma en martensita durante el enfriamiento

La martensita es una fase rica en carbono, frágil y extraordinariamente dura. Los aceros inoxidables martensíticos tienen la característica común de ser magnéticos y endurecibles por tratamiento térmico, presentando cuando templados una microestructura acicular (en forma de agujas)

Es importante observar que estos aceros son normalmente producidos por la industria siderúrgica en estado recocido, con ductilidad razonablemente buena. Solamente después de templados serán muy duros y poco dúctiles. Pero es precisamente en esta condición (templados), que serán resistentes a la corrosión

El más utilizado de los aceros inoxidables martensíticos es el Tipo 420. En estado recocido (estructura ferrítica), no presenta buen comportamiento frente a la corrosión atmosférica. Esto porque durante la operación de recocido, a una temperatura aproximada de 760 °C, el carbono y el cromo se combinan para formar carburos de cromo, Cr₂₃C₆. Cada molécula de carburo de cromo contiene, en peso, aproximadamente 95% de cromo. Considerando el alto tenor de carbono y el bajo tenor de cromo del acero inoxidable 420 (aproximadamente 0,35%C y 12,50% Cr), como todo el carbono precipita como carburo de cromo durante el recocido, esta precipitación retirará de la solución sólida aproximadamente la mitad del cromo disponible. En esta condición el material no resiste a la corrosión y no puede ser considerado propiamente como un acero inoxidable (ya que no tiene un mínimo de 11% de cromo en solución sólida)

Por eso, el acero inoxidable 420, es colocado en servicio por el usuario, solamente después de un tratamiento de temple. Cuando templado, el carbono forma parte de la fase martensítica, no siendo encontrado en la aleación precipitado como carburo de cromo

La alta dureza y la consecuente resistencia al desgaste, determinan las aplicaciones de este material, utilizado en cuchillería, discos de freno, equipos quirúrgicos, odontológicos y turbinas

Si la cantidad elevada de carbono es un inconveniente en el acero inoxidable 420 en estado recocido, una solución lógica es la de disminuir este tenor, lo que se hace en el inoxidable Tipo 410. Como este material tiene un máximo de 0,15% de carbono, esta cantidad no es suficiente para remover tanto cromo de la solución sólida y, consecuentemente, presenta una buena resistencia a la corrosión atmosférica, tanto en la condición de recocido como de templado

Después del tratamiento de temple, las durezas alcanzadas por este material no son tan altas como las presentadas por el inoxidable 420. Las principales aplicaciones del inoxidable 410 son en equipos para refinación de petróleo, válvulas, componentes de bombas y cuchillería

Aumentando la cantidad de azufre se obtiene el inoxidable 420 F, una variedad del 420, con buena maquinabilidad

Adiciones de carbono (para obtenerse durezas todavía mayores) y de cromo y molibdeno (mejorando también la resistencia a la corrosión) nos llevan a los aceros inoxidables martensíticos Tipo 440, utilizados en cuchillos de corte profesional

Aceros inoxidables ferríticos

Los aceros inoxidables ferríticos también son magnéticos. A pesar de tener una menor cantidad de carbono que los martensíticos, se tornan parcialmente austeníticos a altas temperaturas y consecuentemente precipitan martensita durante el enfriamiento. Puede decirse que son parcialmente endurecibles por tratamiento térmico

Los aceros inoxidables ferríticos contienen, de un modo general, un tenor de cromo superior al de los martensíticos. Este aumento en la cantidad de cromo mejora la resistencia a la corrosión en diversos medios, pero sacrifica en parte otras propiedades, como la resistencia al impacto

El más utilizado de los aceros inoxidables ferríticos es el Tipo 430, que contiene 16 a 18% de cromo y un máximo de 0,12% de carbono. Entre sus aplicaciones, se puede mencionar: cubiertos, vajillas, cocinas, piletas, monedas, revestimientos, mostradores frigoríficos

Uno de los mayores problemas del inoxidable 430 es la pérdida de ductilidad en las regiones soldadas, que normalmente son frágiles y de menor resistencia a la corrosión. El elevado crecimiento del tamaño de grano, la formación parcial de martensita y la precipitación de carbonitruros de cromo, son las principales causas generadoras de este problema

Para enfrentar este inconveniente, se adiciona titanio y/o niobio, como estabilizadores del carbono. Los Tipos 409, 430 Ti y 430 Nb son muy utilizados, principalmente en silenciadores y escapes de automóviles

El aluminio se utiliza también como un estabilizador de ferrita. El inoxidable 405, con aluminio entre 0,10 y 0,30% es muy utilizado en la fabricación de estructuras que no podrán ser recocidas después de la operación de soldado

El aumento en el tenor de azufre, permite mejorar la maquinabilidad, en el Tipo 430 F

Adiciones de molibdeno, en el inoxidable 434, o aumento en los tenores de cromo en el Tipo 446, permiten obtener inoxidables ferríticos con mejor resistencia a la corrosión

Aunque los inoxidables ferríticos presentan una buena resistencia a la corrosión, algunas características limitan la utilización de los mismos en determinadas aplicaciones. La estampabilidad es buena, aunque insuficiente en aplicaciones que requieren estampado profundo. La soldabilidad es apenas discreta, por los problemas ya mencionados

Una gran mejoría en muchas propiedades es conseguida con la introducción de níquel como elemento de aleación. Con determinados tenores de níquel es posible conseguir un cambio de la estructura ferrítica hacia austenítica

Aceros inoxidables austeníticos

Los aceros inoxidables austeníticos no son magnéticos y no pueden ser endurecidos por tratamiento térmico. Son muy dúctiles y presentan excelente soldabilidad

El inoxidable austenítico más popular es el Tipo 304, que contiene básicamente 18% de cromo y 8% de níquel, con un tenor de carbono limitado a un máximo de 0,08%. Tiene gran aplicación en las industrias químicas, farmacéuticas, de alcohol, aeronáutica, naval, uso en arquitectura, alimenticia, y de transporte. Es también utilizado en cubiertos, vajillas, piletas, revestimientos de ascensores y en un sin número de aplicaciones

En determinados medios, especialmente en aquellos que contienen iones cloruro, el inoxidable 304 muestra propensión a una forma de corrosión llamada corrosión por picado. Es un tipo de corrosión extraordinariamente localizada, en la cual en determinados puntos de la superficie del material, el medio agresivo consigue quebrar la película pasiva para después progresar en profundidad. El crecimiento de los picados se da en un proceso autocatalítico y aunque la pérdida de masa pueda ser a veces insignificante, esta forma de corrosión es muy insidiosa, ya que muchas veces un picado es suficiente para dejar un equipo fuera de servicio

La corrosión por rendijas, puede ser considerada como una corrosión por picado artificial. El aspecto es frecuentemente semejante al de la corrosión por picado y el proceso de crecimiento es también autocatalítico. Pero, la existencia de una rendija es necesaria para la ocurrencia del fenómeno, lo que no sucede en la corrosión por picado. Los mismos medios capaces de provocar la corrosión por picado, promueven la corrosión por rendijas en los aceros inoxidable

El molibdeno es introducido como elemento de aleación en los aceros inoxidable precisamente para disminuir la susceptibilidad a estas formas de corrosión. La presencia de molibdeno permite la formación de una capa pasiva más resistente y en casos en que el inoxidable 304 no resiste a la acción de determinados medios, corroyendo por picado o por rendijas, los inoxidable 316 y 317 constituyen una excelente solución. Son aceros con gran utilización en las industrias químicas, de alcohol, petroquímicas, de papel y celulosa, en la industria petrolífera, industrias textil y farmacéutica

Cuando están sometidos por algún tiempo a las temperaturas entre 450 y 850 °C, los aceros inoxidable austeníticos están sujetos a la precipitación de carburos de cromo en sus contornos de granos, lo que los torna sensibilizados. Esta precipitación abundante de carburos, la sensibilización, resulta en la disminución del tenor de cromo en las regiones vecinas a los bordes, regiones que tienen así su resistencia a la corrosión drásticamente comprometida, tornando el material susceptible a la corrosión intergranular en ciertos medios. Las zonas térmicamente afectadas por operaciones de soldado son particularmente sensibles a esta forma de corrosión, ya que durante el ciclo térmico de soldado parte del material es mantenido en la faja crítica de temperaturas. La consideración de este fenómeno llevó al desarrollo de los inoxidable austeníticos extra bajo carbono, 304L, 316L y 317L, en los cuales el tenor de carbono es controlado en un máximo de 0,03%, quedando así extremadamente reducida la posibilidad de sensibilización

La utilización de estabilizadores tiene también la finalidad de evitar el problema de la sensibilización

El titanio, adicionado como elemento de aleación, inhibe la formación de carburo de cromo debido al hecho de tener una afinidad mayor por el carbono que aquella que tiene el cromo. Así, se precipita carburo de titanio y el cromo permanece en solución sólida. Con la misma finalidad puede ser utilizado el niobio

Tanto el titanio como el niobio son estabilizadores del carbono y los aceros inoxidable así obtenidos, el 321 y el 347 son conocidos como aceros inoxidable estabilizados. El inoxidable 316 Ti es la versión estabilizada del tipo 316. Para aplicaciones en equipos que operan entre 400 y 900 °C, los aceros inoxidable estabilizados son los más recomendados, ya que conservan mejores propiedades mecánicas en esas temperaturas que los aceros de extra bajo carbono; notoriamente la resistencia al creep

En el inoxidable 904 L (20Cr-25Ni-4,5Mo-1,5Cu), la adición de elementos de aleación busca mejorar no sólo la resistencia al picado sino también la resistencia a la corrosión en medios ácidos reductores. El elevado tenor de níquel mejora también el comportamiento frente a la corrosión bajo tensión

En los casos en que se pretende una buena resistencia mecánica y no existe gran preocupación por la corrosión intergranular, los aceros inoxidables 304H y 316H, con tenores de carbono en el rango de 0,04/0,10%, son recomendados. La precipitación de una fina red de carburos de cromo, tan perjudicial bajo el punto de vista de la corrosión, se torna benéfica cuando lo que interesa son las propiedades mecánicas

Aumentos considerables en los tenores de cromo y níquel permiten elevar la temperatura de formación de cascarilla (escamado) de los aceros inoxidables austeníticos. El inoxidable 304 es recomendado para trabajo al aire libre, a temperaturas inferiores a 925 °C en servicios continuos. En las mismas condiciones, el inoxidable 310, con cromo 24/26% y níquel 19/22%, resiste temperaturas de hasta 1150 °C. Es un material clasificado como acero inoxidable refractario

Grandes aumentos de níquel, llevan a las aleaciones Ni-Cr-Fe, donde el elemento con mayor presencia en el material ya no es el hierro sino el níquel, Estos materiales no son conocidos como aceros inoxidables sino como aleaciones a base de níquel y presentan excelente resistencia a la corrosión en diversos medios a altas temperaturas. El elevado tenor de níquel da también garantía de una buena resistencia a la corrosión bajo tensión

El inoxidable 304 es un material con excelente ductilidad. Para casos de estampado extra profundo, un aumento en el tenor de níquel permite mejorar todavía más la ductilidad. Con esta finalidad fue desarrollado el Tipo 305

Ligeras reducciones en el tenor de níquel disminuyen la estabilidad de la austenita, permitiendo la aparición de martensita inducida por deformación en frío, consiguiéndose así excelentes propiedades para aplicaciones estructurales. Es el Tipo 301, disponible en las versiones 1/4, 1/2, 3/4 y totalmente duro y con gran utilización en las industrias ferroviarias, de trenes metropolitanos y de carrocerías de ómnibus

El Tipo 303 resulta del aumento del tenor de azufre en el 304 con la finalidad de mejorar la maquinabilidad. La ductilidad y la resistencia a la corrosión quedan comprometidas por este aumento en la cantidad de azufre

Los aceros de la serie 200, resultan de una substitución parcial de níquel por manganeso. Son utilizados en aplicaciones estructurales, presentando resistencia a la corrosión inferior al 301.