

ACEROS ALEADOS

Clasificación de los aceros aleados

Nomenclatura AISI-SAE

Influencia de los elementos de aleación

Aceros aleados para cementación

Se da el nombre de aceros aleados a los aceros que además de los cinco elementos: carbono, silicio, manganeso, fósforo y azufre, contienen también cantidades relativamente importantes de otros elementos como el cromo, níquel, molibdeno, etc., que sirven para mejorar alguna de sus características fundamentales. También puede considerarse aceros aleados los que contienen alguno de los cuatro elementos diferentes del carbono que antes hemos citado, en mayor cantidad que los porcentajes que normalmente suelen contener los aceros al carbono, y cuyos límites superiores suelen ser generalmente los siguientes: Si=0.50%; Mn=0.90%; P=0.100% y S=0.100%.

Los elementos de aleación que más frecuentemente suelen utilizarse para la fabricación de aceros aleados son: níquel, manganeso, cromo, vanadio, wolframio, molibdeno, cobalto, silicio, cobre, titanio, circonio, plomo, Selenio, aluminio, boro y Niobio.

La influencia que ejercen esos elementos es muy variada, y, empleados en proporciones convenientes, se obtienen aceros con ciertas características que, en cambio, no se pueden alcanzar con los aceros ordinarios al carbono.

Utilizando aceros aleados es posible fabricar piezas de gran espesor, con resistencias muy elevadas en el interior de las mismas. En elementos de máquinas y motores se llegan a alcanzar grandes durezas con gran tenacidad. Es posible fabricar mecanismos que mantengan elevadas resistencias, aún a altas

temperaturas. Hay aceros inoxidable que sirven para fabricar elementos decorativos, piezas de maquinas y herramientas, que resisten perfectamente a la acción de los agentes corrosivos. Es posible preparar troqueles de formas muy complicadas que no se deformen ni agrieten en el temple, etc.

La tendencia que tienen ciertos elementos a disolverse en la ferrita o formar soluciones sólidas con el hierro alfa, y la tendencia que en cambio tienen otros a formar carburos.

la influencia de los elementos de aleación en los diagramas de equilibrio de los aceros (Elevación o descenso de las temperaturas críticas de los diagramas de equilibrio y las temperaturas A_c y A_r correspondientes a calentamientos y enfriamientos relativamente lentos, modificaciones en el contenido de carbono del acero eutectoide, Tendencia a ensanchar o disminuir los campos austeníticos o ferríticos correspondientes a los diagramas de equilibrio, y otras influencias también relacionadas con el diagrama hierro-carbono, como la tendencia a grafitizar el carbono, a modificar el tamaño del grano, etc

La influencia de los elementos aleados sobre la templabilidad.

La influencia que tienen en retardar el ablandamiento que se produce en el revenido.

Existen otras influencias diversas, como mejoras en la resistencia a la corrosión, resistencia al calor, resistencia a la abrasión, etc., las cuales se deben directa o indirectamente a alguna de las variaciones o fenómenos citados anteriormente.

Clasificación de los aceros aleados de acuerdo con su utilización

Aceros en los que tiene una gran importancia la templabilidad:

Aceros de gran resistencia

Aceros de cementación

Aceros de muelles

Aceros indeformables

Aceros de construcción:

Aceros de gran resistencia

Aceros de cementación

Aceros para muelles

Aceros de nitruración

Aceros resistentes al desgaste

Aceros para imanes

Aceros para chapa magnética

Aceros inoxidable y resistentes al calor

Aceros de herramientas:

Aceros rápidos

Aceros de corte no rápidos

Aceros indeformables

Aceros resistentes al desgaste

Aceros para trabajos de choque

Aceros inoxidable y resistentes al calor.

En esta tabla se señalan los aceros aleados de uso más corriente clasificados en tres grupos. Se señalan los dos grupos clásicos de aceros de construcción y de herramientas, y además otro grupo en el que se destaca la importancia de la templabilidad, y en el que se incluyen los aceros de gran resistencia, muelles cementación, etc., que aun perteneciendo a los otros dos grupos, interesa

destacar por separado por la gran importancia que en ellos tiene la templabilidad.

NOMENCLATURA DE LOS ACEROS SISTEMA S.A.E - A.I.S.I

Como la microestructura del acero determina la mayoría de sus propiedades y aquella está determinada por el tratamiento y la composición química; uno de los sistemas más generalizados en la nomenclatura de los aceros es el que está basado en su composición química.

En el sistema S.A.E. - A.I.S.I, los aceros se clasifican con cuatro dígitos XXXX. Los primeros dos números se refieren a los dos elementos de aleación más importantes y los dos o tres últimos dígitos dan la cantidad de carbono presente en la aleación. Un acero 1040 AISI es un acero con 0.4%C; un acero 4340 AISI, es un acero aleado que contiene 0.4%C, el 43 indica la presencia de otros elementos aleantes.

Las convenciones para el primer dígito son:

1 - MANGANESO

2 - NIQUEL

3 - NIQUEL-CROMO, principal aleante el cromo

4 - MOLIBDENO

5 - CROMO

6 - CROMO-VANADIO, principal aleante el cromo

8 - NIQUEL-CROMO-MOLIBDENO, principal aleante el molibdeno

9 - NIQUEL-CROMO-MOLIBDENO, principal aleante el níquel.

No hay aceros numerados 7xxx porque estos aceros resistentes al calor

prácticamente no se fabrican.

Se observa entonces que si el primer número es 1 se sabe que es un acero al carbono; si el dígito siguiente es el 0, o sea que la designación es 10xx, se trata de un acero ordinario al carbono.

Influencia de los elementos de aleación en las propiedades de los aceros

- Níquel

Una de las ventajas más grandes que reporta el empleo del níquel, es evitar el crecimiento del grano en los tratamientos térmicos, lo que sirve para producir en ellos gran tenacidad. El níquel además hace descender los puntos críticos y por ello los tratamientos pueden hacerse a temperaturas ligeramente más bajas que la que corresponde a los aceros ordinarios. Experimentalmente se observa que con los aceros aleados con níquel se obtiene para una misma dureza, un límite de elasticidad ligeramente más elevado y mayores alargamientos y resistencias que con los aceros al carbono o de baja aleación. En la actualidad se ha restringido mucho su empleo, pero sigue siendo un elemento de aleación indiscutible para los aceros de construcción empleados en la fabricación de piezas para máquinas y motores de gran responsabilidad, se destacan sobre todo en los aceros cromo-níquel y cromo-níquel-molibdeno.

El níquel es un elemento de extraordinaria importancia en la fabricación de aceros inoxidables y resistentes a altas temperaturas, en los que además de cromo se emplean porcentajes de níquel variables de 8 a 20%.

Los aceros al níquel más utilizados son los siguientes:

a) Aceros al níquel con 2, 3 y 5%. Con 0.10 a 0.25% de carbono se utilizan para cementación, y con 0.25 a 0.40% de carbono para piezas de gran resistencia.

- b) Aceros cromo-níquel-molibdeno con porcentajes de níquel variables desde 1 a 5%; con bajos porcentajes de carbono (0.10 a 0.22%) se emplean para cementación y con porcentajes de 0.25 a 0.40% de carbono se emplean para piezas de gran resistencia. En estos aceros los porcentajes de estos elementos aleados suelen estar en relación aproximada de 1% de cromo y 3% de níquel.
- c) Aceros de media aleación níquel-molibdeno y níquel-manganeso. Se suelen emplear para piezas de gran resistencia y para piezas cementadas con porcentajes de carbono variables de 0.25 a 0.40% en el primer caso y de 0.10 a 0.25% en el segundo, variando el contenido en níquel de 1 a 2%, el de manganeso de 1 a 1.5% y el molibdeno de 0.15 a 0.40%.
- d) Aceros inoxidables y resistentes al calor cromo-níqueles, con 8 a 25% de níquel que son de estructura austenítica.
- e) Otros aceros de menor importancia son los aceros cromo-níqueles para estampación en caliente y para herramientas.

Cromo

Es uno de los elementos especiales más empleados para la fabricación de aceros aleados, usándose indistintamente en los aceros de construcción, en los de herramientas, en los inoxidables y los de resistencia en caliente. Se emplea en cantidades diversas desde 0.30 a 30, según los casos y sirve para aumentar la dureza y la resistencia a la tracción de los aceros, mejora la templabilidad, impide las deformaciones en el temple, aumenta la resistencia al desgaste, la inoxidabilidad, etc.

Los aceros con cromo de mayor utilidad son:

- a) Aceros de construcción, de gran resistencia mecánica de 0.50 a 1.50% de cromo y 0.30 a 0.45% de carbono, aleados según los casos, con níquel y molibdeno para piezas de gran espesor, con resistencias variables de 70 a 150

Kg/mm².

- b) Aceros de cementación con 0.50 a 1.50% de cromo y 0.10 a 0.25% de carbono , aleados con níquel y molibdeno.
- c) Aceros de nitruración cromo-aluminio-molibdeno.
- d) Aceros para muelles cromo-vanadio y cromo-silicio.
- e) Aceros de herramientas con 0.30 a 1.50% de cromo y 0.070 a 1.50% de carbono. En ellos el cromo mejora la penetración de temple, la resistencia al desgaste, permite el temple en aceite y evita deformaciones y grietas.
- f) Aceros indeformables con 5 a 12% de cromo.
- g) Aceros rápidos y de trabajos en caliente.
- h) Aceros inoxidable martensíticos con 12 y 17% de cromo, aceros austeníticos con 14 a 25% de cromo en cantidades de níquel variables de 8 a 25% y aceros inoxidable con 27% de cromo.

El cromo se disuelve en la ferrita y muestra una fuerte tendencia a formar carburos de cromo y carburos complejos.

Molibdeno

Mejora notablemente la resistencia a la tracción, la templabilidad y la resistencia al creep de los aceros. Añadiendo solo pequeñas cantidades de molibdeno a los aceros cromo-níqueles, se disminuye o elimina casi completamente la fragilidad Krupp, que se presenta cuando estos aceros son revenidos en la zona de 450° a 550°.

El molibdeno aumenta también la resistencia de los aceros en caliente y reemplaza al wolframio en la fabricación de los aceros rápidos, pudiéndose emplear para las mismas aplicaciones aproximadamente una parte de molibdeno por cada dos de wolframio.

El molibdeno se disuelve en la ferrita, pero tiene una fuerte tendencia a formar carburos. Es un potente estabilizador de los carburos complejos y tiende a retardar el ablandamiento de los aceros, durante el revenido.

Los aceros de molibdeno más utilizados son:

- a) Aceros de manganeso-molibdeno, cromo-molibdeno y cromo-níquel-molibdeno de bajo contenido de carbono para cementación, y de 0.15 a 0.40% de carbono para piezas de gran resistencia.
- b) Aceros rápidos con 6 a 10% de molibdeno; son de utilización relativamente parecida a los aceros rápidos al wolframio, pero en ellos el wolframio es sustituido por el molibdeno.
- c) Aceros de 0.50 a 6% de molibdeno que se emplean principalmente para construcciones metálicas, tuberías e instalaciones en refinerías de petróleo, en las que llegan a calentarse de 100° a 300° y deben resistir bien el efecto de esos calentamientos relativamente moderados.

Wolframio (tungsteno)

Es un elemento muy utilizado para la fabricación de aceros de herramientas, empleándose en especial en los aceros rápidos, aceros para herramientas de corte y aceros para trabajos en caliente. Sirve para mantener la dureza de los aceros a elevada temperatura y evitan que se desafilan o ablanden las herramientas, aunque lleguen a calentarse a 500° o 600°. También se usa para la fabricación de aceros para imanes.

El wolframio se disuelve ligeramente en la ferrita y tiene una gran tendencia a formar carburos. Los carburos de wolframio tienen gran estabilidad.

Los aceros más utilizados de wolframio son:

- a) Los aceros rápidos con 18% de wolframio y cantidades variables de cromo,

vanadio y molibdeno y 0.701% aproximadamente de carbono.

b) Aceros para trabajos en caliente con 9 a 15% de wolframio y 0.30 a 0.40% de carbono. Para algunos usos de menos responsabilidad se emplean aceros de más baja aleación con 1 a 5% de wolframio.

c) Aceros para la fabricación de herramientas varias con n1 a 14% de wolframio y otros elementos: cromo, manganeso, vanadio, etc., que se emplean para trabajos de corte.

d) Aceros inoxidables cromo-níqueles con wolframio, de gran resistencia mecánica a elevada temperatura.

Vanadio

Se emplea principalmente para la fabricación de aceros de herramientas, tiende a afinar el grano y a disminuir la templabilidad. Es un elemento desoxidante muy fuerte y tiene una gran tendencia a formar carburos.

El vanadio tiene una gran tendencia muy fuerte a formar carburos, por esta razón, basta con añadir pequeñas cantidades, y pocos aceros, excepto los de herramientas, contienen más de 0.02% de vanadio. Una característica de los aceros con vanadio, es su gran resistencia al ablandamiento por revenido.

Los aceros con vanadio más utilizados son:

a) Aceros rápidos que suelen contener de 0.50 a 1% de vanadio.

b) Aceros de herramientas de diversas clases. Para troqueles indeformables, etc., que suelen tener de 0.10 a 0.30% de vanadio.

c) Aceros para muelles cromo-vanadio.

Manganeso:

Aparece prácticamente en todos los aceros, debido, principalmente, a que se

añade como elemento de adición para neutralizar la perniciosa influencia del azufre y del oxígeno, que siempre suelen contener los aceros cuando se encuentran en estado líquido en los hornos durante los procesos de fabricación. El manganeso actúa también como desoxidante y evita, en parte, que en la solidificación del acero que se desprendan gases que den lugar a porosidades perjudiciales en el material.

Si los aceros no tuvieran manganeso, no se podrían laminar ni forjar, porque el azufre que suele encontrarse en mayor o menor cantidad en los aceros, formarían sulfuros de hierro, que son cuerpos de muy bajo punto de fusión (981° aprox.) que a las temperaturas de trabajo en caliente (forja o laminación) funden, y al encontrarse contorneando los granos de acero crean zonas de debilidad y las piezas y barras se abren en esas operaciones de transformación.

Los aceros ordinarios y los aceros aleados en los que el manganeso no es elemento fundamental, suelen contener generalmente porcentajes de manganeso variables de 0.30 a 0.80%.

Los aceros al manganeso de uso más frecuente son:

a) Aceros al manganeso de gran resistencia, que generalmente pertenecen al grupo de aceros de media aleación, en los que al emplearse el manganeso en cantidades variables de 0.80 a 1.60%, con contenidos en carbono de 0.30 a 0.050%, se consigue mejorar la templabilidad y obtener excelentes combinaciones de características mecánicas aun en piezas de cierto espesor.

b) Aceros indeformables al manganeso con 1 a 3% de Mn y 1% de carbono, aproximadamente, en los que la presencia de un alto porcentaje de manganeso, hace posible el temple con simple enfriamiento en aceite, o el aire, con lo que las deformaciones de las herramientas son muy pequeñas.

c) Aceros austeníticos al manganeso con 12% de Mn y 1% de carbono, aproximadamente, que a la temperatura ambiente son austeníticos y tienen gran resistencia al desgaste, empleándose principalmente, para cruzamientos de vías, mordazas de máquinas trituradoras, excavadoras, etc.

Silicio

Este elemento aparece en todos los aceros, lo mismo que el manganeso, porque se añade intencionadamente durante el proceso de fabricación. Se emplea como elemento desoxidante complementario del manganeso con objeto de evitar que aparezcan en el acero los poros y otros defectos internos. Los aceros pueden tener porcentajes variables de 0.20 a 0.34% de Si.

Se emplean aceros de 1 a 4.5% de Si y bajo porcentaje de carbono para la fabricación de chapas magnéticas, ya que esos aceros, en presencia de campos magnéticos variables, dan lugar solo a pérdidas magnéticas muy pequeñas, debido a que el silicio aumenta mucho su resistividad.

Mejora ligeramente la templabilidad y la resistencia de los aceros a disminuir la tenacidad, y en ciertos casos mejora también su resistencia a la oxidación.

Cobalto

Se emplea casi exclusivamente en los aceros rápidos de más alta calidad. Este elemento al ser incorporado en los aceros, se combina con la ferrita, aumentando su dureza y su resistencia. Es uno de los pocos elementos aleados que mueva el punto eutéctico hacia la derecha y reduce la templabilidad de los aceros.

El cobalto se suele emplear en los aceros rápidos al wolframio de máxima calidad en porcentajes variables de 3 a 10%.

Aluminio

Se emplea como elemento de aleación en los aceros de nitruración, que suele tener 1% aproximadamente de aluminio. Como desoxidante se suele emplear frecuentemente en la fabricación de muchos aceros. Todos los aceros aleados en calidad contienen aluminio en porcentajes pequeñísimos, variables generalmente desde 0.001 a 0.008%.

Titanio

Se suele añadir pequeñas cantidades de titanio a algunos aceros muy especiales para desoxidar y afinar el grano. El titanio tiene gran tendencia a formar carburos y a combinarse con el nitrógeno. En los aceros inoxidable cromo-níquel, actúa como estabilizador de los carburos y evita la corrosión intercrystalina.

Cobre

El cobre se suele emplear para mejorar la resistencia a la corrosión de ciertos aceros de 0.15 a 0.30% de carbono, que se usan para grandes construcciones metálicas. Se suele emplear contenidos en cobre variables de 0.40 a 0.50%.

Boro

Se ha visto que en cantidades pequeñísimas de boro del orden de 0.0001 a 0.0006%, mejoran notablemente la templabilidad, siendo en este aspecto el más efectivo de los elementos aleados y el de mayor poder templante de todos.

ACEROS ALEADOS PARA CEMENTACION

15Cr3

- Para partes de construcción de tamaño pequeño.
- Puede sustituir los aceros al Cr, Ni, Mo, cuando no se requieren grandes

características de tenacidad en el núcleo.

-Es aconsejable seguir un recocido de estabilización a las piezas, antes de realizar la cementación, con el fin de prevenir deformaciones durante el temple.

-Se recomienda el doble temple.

16MnCr5

-Para partes de alta resistencia al desgaste y expuestas a esfuerzos elevado. Por ejemplo: ruedas dentadas, ruedas para cadenas, etc.

-El doble temple es aconsejable.

3415

-Para partes de maquinas que exijan una superficie muy dura y un núcleo de alta tenacidad, como por ejemplo ruedas dentadas en engranajes de alto rendimiento, eje de levas, etc.

-En este tipo de acero se aconseja el recocido de estabilización antes de la cementación. El doble temple es aconsejable para piezas complicadas y para los casos en que la profundidad de cementación sea mayor de 1 mm.

-Las piezas sencillas pueden templarse directamente desde el horno de cementación.

4320

-Este tipo de acero se emplea para piezas cementadas de medio y gran espesor.

-Combina una gran dureza superficial a un corazón muy tenaz y durante el temple se deforma muy poco.

-Es aconsejable dar un recocido de estabilización antes de ejecutar la cementación.

-También es aconsejable el doble temple.

8620

-Ofrece muy buena dureza superficial y buenas propiedades del corazón.

-Tiene aceptable profundidad de temple, ausencia de zonas no duras en la parte cementada y baja distorsión

.-Usos: Ejes ranurados, pasadores de pistón, bujes, piñones para cajas y transmisión de automotores, etc.

-Es aconsejable un recocido de estabilización antes de efectuar la cementación.

-Se aconseja el segundo temple de dureza desde 810/840°C.

4130

-Es un acero con buena penetración de temple y con buenas características de estabilidad hasta temperaturas de más o menos 400°C.

-Tiene una elevada resistencia al deslizamiento en caliente y no presenta fragilidad de revenido.

-Para piezas que necesitan una dureza superior se debe usar 4140 o 4150.

4140

-Es un acero de buena penetración de temple y con buenas características de estabilidad en caliente hasta 400°C.

-Sin fragilidad de revenido, muy versátil y apto para esfuerzos de fatiga y torsión.

-Piezas templadas a inducción pueden dar una dureza de 57-69 Rockwell C.

-Tiene amplia aplicación en construcción de vehículos por ejemplo para cigüeñales, brazos de ejes, bielas, pernos, ejes de contramarcha, ejes de bombas y engranajes.

-Muy utilizado en piezas forjadas como herramientas, llaves de mano, destornilladores, etc.

-Se usa también para espárragos y tornillos de la construcción de plantas que trabajen a temperatura entre 150°C y 300°C, como calderas, turbinas de vapor, plantas químicas, etc.

4150

- Sirve para los mismos usos del 4140 cuando se requieren durezas superiores.
- Piezas templadas a inducción de 4150 pueden dar una dureza superficial de 60-62 HRC.

4340

- Tiene los mismos usos del 9840 y es usado cuando se requiere una dureza superior y mejor resistencia al impacto.
- Piezas templadas a inducción de 4340 pueden dar una dureza superficial de 60-62 Rockwell C.
- Sirve para tornillos prisioneros de bloques motores, ejes traseros de transmisión, mandriles porta-herramientas, ejes y excéntricas para cizallas, ejes de transmisión de grandes dimensiones, etc.

5135

- Para piezas de buena tenacidad y que no requieran una profundidad de temple muy alta.
- Se usa en partes para vehículos, tractores, pasadores, tornillos y tuercas de alta resistencia.

5160

- Este acero esta especialmente indicado para la construcción de resortes para automóviles y camiones, sea en ballestas, sea para resortes helicoidales y también para barras de torsión.

6150

- Se usa este acero para la construcción de resortes de muy alta resistencia,

resortes helicoidales y barras de torsión para automóviles.

9260

-Este es el tipo de acero más usado y más económico entre los aceros aleados para la construcción de resortes, particularmente para automóviles y camiones.

-Se templea muy fácilmente y tiene buena penetración de temple.

-Puede también usarse para la construcción de herramientas para maquinas agrícolas y otros implementos de la misma índole.

9840

-Este acero tiene una buena penetración de temple y buena tenacidad.

-Se puede usar en construcción de piezas de tamaño medio que estén sometidas a esfuerzos de torsión.

-Por su contenido en Mo no esta expuesto a la fragilidad de revenido.