

**Aceros inoxidables, aceros aleados
y alloys****Introducción**

Entendemos por **acero** una aleación de Hierro y Carbono (y pequeñas cantidades inevitables de manganeso, cobre, silicio, azufre y fósforo) que se caracteriza por sus propiedades de resistencia mecánica muy superiores a las del hierro puro.

La adición al acero de algunos elementos tales como Cromo, Molibdeno, Níquel, Vanadio, Aluminio, Cobalto, Columbio (Niobio), Titanio, Tungsteno, Zirconio u otro le confiere propiedades mecánicas especiales para una aplicación determinada.

Estos aceros se denominan genéricamente **aceros aleados**. También se consideran aceros aleados aquellos en que se excede los siguientes valores límite: 1.65% Manganeso, 0.60% Silicio o 0.60% Cobre.

Técnicamente los **aceros para herramientas** y los **aceros inoxidables** serían aceros aleados. Sin embargo, se considera acero aleado sólo a aquellos aceros que contienen una cantidad modesta de elementos de aleación y que dependen de un tratamiento térmico para alcanzar su máxima resistencia mecánica.

Los **aceros inoxidables** en cambio son aquellos que poseen la propiedad de resistir la corrosión atmosférica normal, manteniendo su lustre y su resistencia mecánica, lo que se debe al contenido de Cromo igual o superior a un 10.5%. El Cromo forma en la superficie una película de óxido de cromo, impermeable, que protege a la masa de acero de la acción de los agentes corrosivos.

La adición de elementos como Níquel y Molibdeno, en cantidades importantes más otros elementos en cantidades menores, contribuye a "mejorar" la resistencia a la corrosión, la resistencia a la temperatura o sus propiedades mecánicas. El contenido de Carbono no supera 0.08 - 0.15%.

Los **Alloys**, estrictamente, no son aceros porque son aleaciones en que el componente principal no es el Hierro y el contenido de Hierro es inferior al 50%. Se han diseñado para lograr alta resistencia a la corrosión frente a medios corrosivos que atacan a los aceros inoxidables. Una familia importante de **Alloys** es la familia del Níquel y sus aleaciones en donde se encuentran los distintos tipos de Monel® y de Hastelloy®.

**ACEROS INOXIDABLES - ACEROS AL CARBONO - VÁLVULAS**

Santa Isabel 850, Parque Industrial Valle Grande, Lampa, Santiago

Fono: +56 2 499 4000 / Fax: +56 2 499 4040

ventas@fastpack.cl www.fastpack.cl proyectos@fastpack.cl

Aceros Inoxidables

El principal elemento de aleación es el Cromo en cantidad sobre 10.5%. Se distinguen cuatro categorías de aceros inoxidables dependiendo de su estructura cristalina: **austeníticos, ferríticos, martensíticos y endurecibles por precipitación.**

La ferrita es la estructura del acero a temperatura ambiente (cubo de cuerpo centrado).

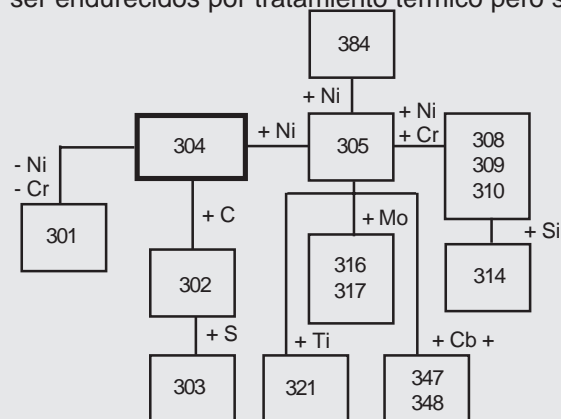
La austenita es la estructura del acero a alta temperatura (cubo de caras centradas).

La martensita es una estructura de cubo de cuerpo centrado distorsionado que se produce por enfriamiento brusco del acero.

En la formulación del acero se agregan elementos de aleación que estabilizan una u otra forma cristalina(Cr, Si estabilizan la ferrita; Ni, Mn, C estabilizan la austenita).

Austeníticos

Son los más comúnmente usados(304, 316). La serie 300 corresponde a aceros de **hierro-cromo-níquel** que por su alto contenido de cromo y níquel son de los más resistentes a la corrosión en general y poseen buenas propiedades mecánicas. No son magnéticos, no pueden ser endurecidos por tratamiento térmico pero sí se endurecen por trabajo mecánico en frío.



Grados L:

Contienen un máximo de **0.03%** de carbono(lo que disminuye la resistencia mecánica) para evitar la precipitación de carburos de cromo por calentamiento durante la soldadura. La pérdida de cromo hace perder la propiedad inoxidable en esa zona conduciendo a la corrosión intergranular. Son para soldar.

Grados Corrientes:

Contienen un máximo de **0.08%** de carbono sin existir un valor mínimo. Basta con que el material satisfaga las propiedades mecánicas exigidas. El contenido de carbono es responsable de la resistencia mecánica en gran medida. No aptos para soldar

Grados H:

Contienen mínimo **0.04%** y máximo **0.10%** de carbono, para mejorar su resistencia mecánica a alta temperatura. Son para temperaturas altas.

Doble grado:

316/316L indica bajo contenido de carbono (316L) pero resistencia mecánica del grado corriente (316).



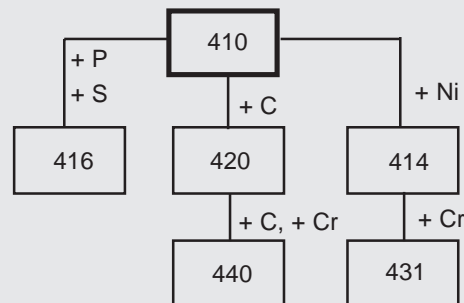
Cr Ni Mo Cr Ni Mo Cr Ni Mo

Martensíticos

Los aceros martensíticos se desarrollaron para disponer de aceros resistentes a la corrosión pero que fuesen endurecibles por tratamiento térmico.

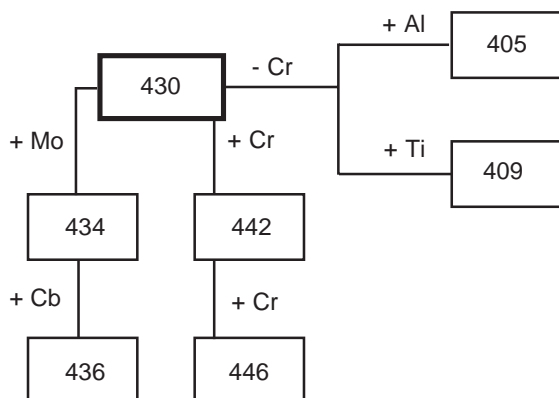
La dureza se logra por formación de una fase llamada "Martensita", de gran dureza, que precipita en el proceso de enfriamiento brusco. Estos aceros **sólo contienen cromo, no contienen níquel** como metal de aleación.

Son magnéticos y endurecibles por tratamiento térmico. Se usan en aplicaciones en que la dureza, la resistencia mecánica y la resistencia a la erosión son importantes. Están dentro de la serie 400 junto con los aceros ferríticos.



Ferríticos

Es un grupo de aceros desarrollados para resistir la corrosión y la oxidación siendo particularmente resistentes a la corrosión bajo tensión. Son aceros magnéticos que no pueden ser en-



durecidos o aumentar su resistencia por tratamientos térmicos. Pueden ser trabajados en frío y ablandados por recocido. Como grupo son más resistentes a la corrosión que los aceros martensíticos, pero menos resistentes a la

Tipo 410

Es el grado base de la serie con el nivel más bajo (**11.5-13.5% cromo**) de metal de aleación de todos los grados básicos (304, 410, 430). Contiene un nivel de **carbono de 0.15%** como máximo. Es de bajo costo y uso general. Se utiliza bajo condiciones corrosivas leves (aire, agua, algunos reactivos químicos poco agresivos, alimentos). Una aplicación típica es en "fijaciones" donde se combina la necesidad de resistencia a la corrosión con gran resistencia mecánica.

Tipo 410S

Contiene menos carbono (**0.04% de carbono**) que el 410 (0.15% de carbono) lo que mejora la soldabilidad pero es menos endurecible.

corrosión que los aceros austeníticos. Igual que los martensíticos son aceros **sólo con cromo, sin níquel**.

El **contenido de cromo es mayor y el de carbono es menor** que los martensíticos. Se usan en decoración, lavaplatos, automóviles, tubos de escape. Están dentro de la serie 400 junto con los aceros martensíticos.

En el 430 el contenido **16-18% de cromo** es mayor y el contenido **0.12% de carbono** es menor que en el martensítico 410.



Aceros Aleados

Los aceros al carbono y los aceros aleados son los caballos de batalla, como material estructural, en la mayoría de las industrias. Si la contaminación es aceptable se usan hasta velocidades de corrosión uniforme de 0.2 - 0.5 mm/año.

Los aceros aleados son aceros al carbono que han sido mejorados por la adición de elementos de aleación. El límite entre aceros de baja y de alta aleación es alrededor de 4-5% en total de elementos de aleación.

Los aceros de baja aleación se han diseñados para mejorar las propiedades mecánicas mediante un «ajuste» de los tratamientos térmicos. Con un adecuado tratamiento térmico su tensión de ruptura puede aumentarse desde 55 ksi hasta 300 ksi. Su resistencia a la corrosión no es diferente a la de los aceros al carbono corrientes.

Los aceros de alta aleación han sido diseñados para mejorar la resistencia a la corrosión o a la abrasión, pero no son inoxidable.

Categorías

Se ordenan fundamentalmente por su aplicación: «endurecibles», «carburizables», «nitruizables», «estructurales y para calderas», «de alta resistencia y baja aleación» etc.

Los endurecibles, que se someten a templado y revenido, se usan para lograr máxima dureza y resistencia en el total de una pieza.

Los carburizables (se les incorpora carbono superficialmente) y nitruizables (se les incorpora nitrógeno superficialmente) se usan cuando se requiere un cuerpo firme con una delgada superficie de gran dureza en una pieza sometida a desgaste y grandes esfuerzos (engranajes).

La cianuración incorpora simultáneamente carbono y nitrógeno a la superficie, aumentando su dureza.

Composición

El contenido de carbono y el de los elementos aleantes son determinantes de las propiedades generales.

El carbono determina, fundamentalmente, la máxima dureza superficial alcanzable en el acero que crece proporcionalmente hasta 0.7% de carbono.

Los aleantes determinan, fundamentalmente, la capacidad de endurecimiento como también la firmeza y maquinabilidad del acero (0.15-0.35% de plomo mejora la maquinabilidad con herramientas de acero rápido).

Se logra una máxima ductilidad controlando el contenido de azufre bajo 0.01%.

	%C	%Cr	%Mn	%V	%Mo	%Ni	%P	%Si	%S
4130	0.20-0.33	0.8--1.1	0.7--0.9		0.15--0.25		0.035 max	0.15--0.35	0.04 max
4140	0.38-0.43	0.8--1.1	0.75--1		0.15--0.25		0.035 max	0.15--0.35	0.04 max
4340	0.38-0.43	0.7--0.9	0.6--0.8		0.2--0.3	1.65--2	0.035 max	0.15--0.35	0.04 max
5160	0.56-0.64	0.7--0.9	0.75--1				0.035 max	0.15--0.35	0.04 max
6150	0.48-0.53	0.8--1.1	0.7--0.9	0.15 min			0.035 max	0.15--0.35	0.04 max
8620	0.18-0.23	0.4--0.6	0.7--0.9		0.15--0.25	0.4--0.7	0.035 max	0.15--0.35	0.04 max

Grados

La nomenclatura AISI o SAE utiliza 4 dígitos y letras para designar composición y tipo. Ejemplos son: 4130, 4140, 4330, 4340, 5160, 6150, 8620. Los grados para fundición se clasifican por sus propiedades mecánicas y condiciones de uso más que por su composición.



Ni Ni Ni Ni Ni Ni Ni Ni Ni

Alloys

Los problemas más serios de corrosión no corresponden a una corrosión uniforme cuya velocidad puede ser determinada.

Con agentes extremadamente agresivos (cloruros, sulfuros etc.) los aceros inoxidable está expuestos a picaduras, fracturas y grietas producidas en forma no predecible y a una velocidad indeterminada muy superior a una corrosión uniforme.

Los alloys son aleaciones formuladas para resistir las condiciones más severas. Los elementos principales de la aleación son Níquel, Cromo, Molibdeno y otros, quedando el hierro relegado a un porcentaje bajo y a veces insignificante. Estrictamente no son aceros inoxidable y el sistema unificado de numeración UNS así lo indica. Importantes son el Níquel y sus aleaciones.

Alloys Ni-Mo

El molibdeno posee una excepcional resistencia a los ácidos sulfúrico, fosfórico y particularmente clorhídrico.

Alloy B: 61%Ni, 30%Mo, 1%Cr y otros, resiste ácido clorhídrico hasta ebullición. Su versión en bajo carbono **B-2** se presta para soldar no estando expuesta a corrosión intergranular.

Alloys Ni-Cu

El níquel y el cobre se alean en todas proporciones. El tradicional Monel conocido como **Alloy 400** es 67%Ni, 30%Cu, 2,5%Fe. Tiene buena resistencia a la corrosión por agua de mar, ácidos minerales y orgánicos, sales inorgánicas y fármacos. Es más resistente que el níquel en condiciones reductoras y más que el cobre en condiciones oxidantes. El **Monel K-500** resulta de agregar 2.7%Al y 0.6%Ti, con lo que se obtiene una aleación endurecible por precipitación, con resistencia mecánica superior al Alloy 400.

Alloys Ni-Cr

La adición de 10% de Cr al níquel produce una aleación más resistente a condiciones oxidantes que el níquel. **Alloy 600** es 76%Ni, 15%Cr, 8%Fe y de estructura austenítica. Se utiliza desde temperaturas criogénicas hasta 1093°C. Resiste muy bien el cracking por cloruros. Resistente a condiciones reductoras y oxidantes. El **Alloy 601** con algo más de cromo tiene menos carbono. Por adición

de Aluminio, Titanio, y Columbio(Niobio) se obtiene una aleación endurecible-envejecible de propiedades mecánicas superiores: **Inconel X-750**.

Alloys Ni-Cr-Mo

El prototipo de este grupo es el **Hastelloy C** con 60%Ni, 15%Cr, 15%Mo, 5%W y 5%Fe, desarrollado para resistir ambientes oxidantes y ácidos fuertemente reductores. Ha sido superado por nuevas variedades: **Alloy C-276** con 57%Ni, 16%Cr, 16%Mo, 4%W, 5%Fe, **Alloy C-4** con 65%Ni, 16%Cr, 16%Mo, 3%Fe, 0.7%Ti, y **Alloy C-22** con 56%Ni, 22%Cr, 13%Mo, 3%W, 3%Fe, 0.35%V. Son resistentes a la corrosión por picaduras y al cracking (cloruros y sulfuros).

Alloys Ni-Fe-Cr

El tipo básico es el **Alloy 800** con 33%Ni, 21%Cr y 47%Fe a veces considerado un super-acero inoxidable. Es fuerte y resiste la oxidación y la carburización a temperaturas elevadas. También es resistente a los cloruros. Existe una variedad con mayor contenido de carbono **Alloy 800H** que mejora la resistencia mecánica y la resistencia plástica a alta temperatura.



304 C-276 410 Alloy-B2 4140 317

Aplicaciones

Los **aceros inoxidables austeníticos** son los más universalmente usados ocupando cerca del 70% de la producción. Entre estos el grado 304, a veces referido como 18-8, es el más común.

Las propiedades básicas de los aceros inoxidables austeníticos son: Excelente resistencia a la corrosión general, excelente soldabilidad, gran ductilidad, formabilidad y trabajabilidad, como su facilidad de limpieza e higiene, buenas propiedades a alta temperatura y excelentes a baja temperatura, no magnéticos (si recocidos) y endurecibles por trabajo en frío.

Son utilizados en la industria alimentaria, industria cervecera y de bebidas gaseosas, industria química, arquitectura y aplicaciones que no involucren atmósferas o fluidos de alta corrosividad.

Tienen limitaciones de uso a temperaturas muy altas (800-900°C), concentraciones elevadas de cloruros (100 ppm para 304, 2000 ppm para 316 y 5000 ppm para 317) y aplicaciones que requieran un endurecimiento por tratamiento térmico.

Los **aceros inoxidables martensíticos** fueron los primeros en comercializarse. Tienen un contenido de carbono algo superior a los otros tipos. Sus propiedades básicas son: resistencia a la corrosión moderada, pueden ser endurecidos por tratamiento térmico alcanzando gran dureza, son magnéticos, tienen baja soldabilidad.

Se utilizan para partes y piezas que necesitan de sus propiedades mecánicas: bombas, válvulas, ejes, cuchillos, instrumentos quirúrgicos.

Los **aceros inoxidables ferríticos** son más económicos por su menor concentración de elementos aleantes. Sus propiedades básicas son: Resistencia a la corrosión general de moderada a buena, dependiendo del contenido de cromo, formabilidad inferior a los austeníticos, soldabilidad baja, no endurecibles por tratamiento térmico, se usan recocidos y son magnéticos.

Se utilizan en industria automotriz, aplicaciones a altas temperaturas, bajo condiciones de corrosión por pitting y cracking, intercambiadores de calor y arquitectura.

Los **aceros aleados** son para aplicaciones en que la corrosión no es un problema y se requiere propiedades mecánicas de resistencia y dureza, óptimas. El factor estructural y la relación peso/resistencia son los determinantes en la elección. Ejemplos son: estructuras, resortes, rodamientos, ejes, engranajes, cardanes, cigüeñales, tubos soldados, trenes de aterrizaje, pernos de anclaje.

Los **Alloys** tienen su aplicación como materiales de mayor precio pero de inigualables características de resistencia a los problemas de corrosión localizada más severos: Condiciones oxidantes, condiciones reductoras, medios ácidos, medios alcalinos, concentraciones altas de cloruro, presencia de sulfuros. La solución a los problemas de corrosión en ambientes marinos ya sea en condiciones submarinas o al ambiente, la proporcionan los diversos tipos de Alloys. También son de importancia en la Industria Química, Petroquímica, Industria de Celulosa y Papel, Industria Alimentaria y Minería.