

## Ferríticos

\*

Los aceros inoxidable ferríticos son magnéticos y contienen como aleante principal el cromo. El contenido de carbono es mucho menor que en los martensíticos, con el fin de obtener una estructura totalmente ferrítica. Debido a ello, estos aceros no responden a los tratamientos térmicos, aunque cuando se calientan a 1095°C crece el tamaño de grano y sólo puede regenerarse por trabajado en frío posterior.

Los aceros con un contenido en cromo superior al 20% no se pueden someter a calentamientos a temperaturas intermedias, por el peligro de aparición de la fase  $s$ , razón por la que la soldadura presenta problemas. Además, cuando el contenido de carbono es grande, se forman carburos de cromo, dando lugar a un empobrecimiento de cromo en la matriz y disminuyendo por tanto su resistencia a la corrosión. En relación a su comportamiento frente a la corrosión, ocupan un lugar intermedio entre los martensíticos y austeníticos.

Una característica mecánica a destacar, común a los aceros ferríticos y martensíticos, es que al tener una estructura cúbica centrada en el cuerpo (BCC), poseen una temperatura de transición dúctil-frágil, por debajo de la cual la tenacidad se hace muy pequeña.

En los aceros inoxidable ferríticos, los contenidos típicos de los elementos de aleación son:

- \* 0,01%
- \* 16%
- \* Otros elementos: Mn, Si, P, S, Mo, Ti, Nb, Cu.

Mantienen su estructura cúbica centrada en el cuerpo (BCC) del Fe alfa desde la temperatura ambiente hasta el punto de fusión, ya que no atraviesan el campo austenítico (de estructura cúbica centrado en las caras (FCC) del Fe gamma) durante el calentamiento.

Figura: Micrografía de un acero inoxidable ferrítico

Otras propiedades generales de este grupo de aceros inoxidables son:

- \* Poseen una ductilidad menor a la de los aceros inoxidables austeníticos, debido a la menor plasticidad de la estructura cúbica centrada en el cuerpo (BCC) del Fe alfa, y al efecto endurecedor de la gran cantidad de Cr presente en solución sólida.
- \* Presentan una muy buena resistencia a la corrosión bajo tensión, especialmente en cloruros a alta temperatura.
- \* Son moderadamente endurecibles por trabajado en frío.
- \* No son templables.
- \* Tiene una escasa conductividad térmica.

Los aceros inoxidables ferríticos presentan tres problemas que adquieren mayor importancia según sea la aplicación en la que se utilicen:

1. Excesivo crecimiento de grano: la falta de recristalización del cambio alotrópico de ferrita a austenita de estos aceros hace que por encima de 950°C se intensifique el crecimiento de grano dando lugar a un grano grueso con menor ductilidad y tenacidad que el grano fino. La única manera de afinar el tamaño de grano es con un tratamiento de recristalización precedido de un proceso de deformación plástica. En el caso de las soldaduras este es un problema serio pues no puede realizarse este tratamiento.

2. Sensibilización: los aceros inoxidables ferríticos pueden generar durante el calentamiento a más de 900°C algo de austenita en el borde de grano ferrítico, ya sea por segregación del cromo o por estar

próximos al bucle gamma. Si esta transformación va seguida de un enfriamiento rápido, la austenita se transforma en martensita, disminuyendo la plasticidad y sobre todo la resistencia a la corrosión en el borde de grano. Por este motivo para estos aceros, debe tener lugar un enfriamiento lento a partir de 1000°C.

3. Pérdida de ductilidad por presencia de fases: a medida que aumenta la proporción de cromo de estos aceros, se acercan a la transformación de Fe- $\alpha$ ; a carburo  $\sigma$ ; . Esta fase s es dura y frágil, y se forma durante el intervalo de enfriamiento de 870 a 530°C, lo cual fragiliza la estructura. Puede ser redisuelta con calentamientos del orden de 1100°C o también se puede evitar su formación con enfriamientos rápidos que retengan la fase  $\alpha$ ;

#### **Aplicaciones:**

Los aceros inoxidable ferríticos tienen unas propiedades mecánicas medianas, aunque muchos de ellos son fácilmente conformables en frío, por lo que son utilizados en recipientes para las industrias químicas y de alimentación, en arquitectura, y en embellecedores de automóviles.

Las familias típicas de los aceros inoxidable ferríticos son las que se muestran en el siguiente cuadro:

\*

La estructura ferrítica en estos aceros inoxidable introduce un número de complicaciones de naturaleza metalúrgica que pueden a su vez afectar a su comportamiento frente a la corrosión. Entre los problemas metalúrgicos encontrados en los aceros inoxidables ferríticos, están los siguientes:

- \* La transición dúctil-frágil.
- \* La fragilización a 475°C.
- \* La precipitación de fases intermetálicas.
- \* La fragilización a alta temperatura.
- \* La baja ductilidad de sus soldaduras.
- \* La sensibilización.

El acero AISI 444 es el ferrítico con mayor cantidad de Mo de la serie 400. El acero AISI 446 es el grado de acero inoxidable con mayor contenido en Cr de la serie 400 y es el que tiene la más alta resistencia a la corrosión y a la oxidación de esta serie. Además, se le puede añadir Nb, Al y Ti para restringir el

crecimiento de grano.

Los aceros inoxidable ferríticos se caracterizan por poseer unas buenas propiedades frente a la corrosión en general, muy buena resistencia a la corrosión bajo tensión y una tenacidad moderada. En el caso del acero inoxidable ferrítico AISI 444, sus bajos contenidos de carbono y de nitrógeno le proporcionan un considerable aumento de su soldabilidad y tenacidad, aunque esta última está limitada en el caso de espesores gruesos. Esta es una de las razones por las que los inoxidables ferríticos normalmente sólo se fabrican y utilizan en espesores delgados.

Los ferríticos muestran una buena resistencia a la corrosión. La resistencia del AISI 444 puede ser comparable a la del acero inoxidable austenítico AISI 316 en algunos medios. Por otra parte, sus altos niveles de Cr dan lugar a una mejor resistencia a la oxidación, y la ausencia de Ni a buenas propiedades en ambientes que contienen sulfuros a alta temperatura. Ésta es una de las principales áreas de aplicación del acero AISI 446, por ejemplo.

El uso de los aceros AISI 430 y AISI 444 incluye: tuberías, tubos de intercambiadores de calor, depósitos y tanques en las industrias alimentaria, química y papelera. El AISI 444 también puede emplearse en agua con moderados niveles de iones cloruro, en aplicaciones en las que existe un peligro de corrosión bajo tensión. Los inoxidables ferríticos débilmente aleados también se emplean en medios suaves, en los que no se precisan materiales altamente resistentes a la oxidación.

En los últimos años se han desarrollado aceros inoxidables ferríticos diseñados especialmente para su empleo en la fabricación de tubos de condensadores para agua de mar. Aleaciones para esta aplicación suelen tener contenidos de Cr > 26% y Mo > 3% y se les denomina aceros inoxidables super-ferríticos.

Se muestran a continuación algunas de las características de dos aceros inoxidables austeníticos ampliamente utilizados en la industria: AISI 430 y AISI 444.

### **Acero Inoxidable ferrítico AISI 430**

Tiene aproximadamente un 17% Cr y es adecuado para aplicaciones en las cuales las exigencias de resistencia a la corrosión, especialmente en las uniones soldadas, no sean importantes.

#### **Composición química:**

	<b>GRADO</b>	<b>Cr</b>	<b>S</b>	<b>P</b>	<b>Si</b>	<b>Mn</b>	<b>C</b>
	<b>430</b>	16	--	--	--	--	min
	max	18	0,03	0,04	1	1	0,12

#### **Propiedades mecánicas:**

<b>GRADO</b>	<b>Dureza Rockwell B</b>	<b>Resistencia a la tracción (MPa)</b>	<b>Resistencia a la tracción (ksi)</b>
<b>(MPa)</b>			
<b>430</b>	82	310	517

#### **Propiedades físicas:**

<b>Densidad*</b>	<b>Resistencia a la tracción (MPa)</b>
<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>(ksi)</b>
<b>2</b>	
<b>(/in)</b>	

7,8	0,6	460	26,1
-----	-----	-----	------

200  
\* a 20°C

**Correspondencia EN/AISI:**

NORMA Designación	UNE 1008 Norma	ASTM Designación
Designación numérica		1.4016

**Características:**

- \* No es tratable térmicamente.
- \* Buenas ductilidad y conformabilidad.
- \* Buenas resistencias a la oxidación y a la corrosión, conductividad térmica y buen acabado superficial.
- \* No se endurece por deformación.
- \* Todos los procesos de soldeo empleados normalmente con los aceros inoxidables se pueden emplear con esta aleación.
- \* Aplicaciones: automoción, arquitectura, equipos de intercambio de calor.

**Acero Inoxidable ferrítico AISI 444**

El acero inoxidable del tipo AISI 444 (18% Cr, 2% Mo) posee una óptima resistencia a la corrosión por picaduras y en resquicios.

**Composición química:**

GRADO	Mo	Cr	S	P	Si	Mn	C
444	17,5-	--	--	--	--	--	min
Ti + Nb (0,2 + 41(25-1)5)							
a							
Ni:1							
Mo:1,75-2,5							

a: mínimo

**Propiedades mecánicas:**

GRADO (NPS)	Dureza Rockwell B	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la tracción (ksi)
444		83	276
			483

**Propiedades físicas:**

Densidad* [(g/cm³) / (lb/in³)]	Resistencia térmica	Coeficiente de expansión térmica
7,8	620	23
		200

\* a 20°C

**Correspondencia EN/AISI:**

NORMA	NORMA ASTM
Designación	Designación simbólica
Designación numérica	1.4521

**Características:**

- \* Muy buena resistencia a la corrosión por picaduras, en medios con iones cloruro.
- \* Conductividad térmica mayor que los inoxidables austeníticos, con menor coeficiente de expansión térmica.
- \* Buena soldabilidad.
- \* Aplicaciones: depósitos de agua caliente, tubos, paneles solares, intercambiadores de calor.