

Titanio

n°6

Origen

El Titanio es un elemento metálico descubierto en 1763 en las arenas de Cornwall, aislado impuro en 1887 y purificado en 1910.

Sólo en 1950 comenzó a ser utilizado como un material estructural, estimulado por la industria aeronáutica en USA.

Sus aplicaciones se extendieron luego a otros campos de la industria, principalmente por sus propiedades excepcionales de baja densidad, alta resistencia mecánica y alta resistencia a la corrosión.

Abundancia

El Titanio es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre. Se encuentra en el mineral "rutilo" (dióxido de titanio) y en el mineral "Ilmenita" (óxido de titanio y hierro).

Extracción

El proceso de extracción consiste en tratar el mineral con cloro gaseoso y carbono para formar el tetracloruro de titanio, el cual es posteriormente reducido a una esponja de titanio metálico. Esta esponja de titanio es fundida y purificada por sucesivas fusiones, para producir un lingote de titanio metálico. También puede incorporarse otros metales de aleación, en estas etapas de fusión, para obtener las diferentes aleaciones de Titanio.

Estructura

Las propiedades mecánicas del Titanio y sus aleaciones están determinadas por su estructura cristalina. A temperatura ambiente existe en su forma "alfa" (empaquetamiento hexagonal) la que cambia al ser calentado a 885°C y más, a la forma "beta" (cubo de cuerpo centrado). La temperatura de esta "transición" puede ser modificada agregando elementos de aleación. Hay elementos (aluminio) que estabilizan la forma alfa y otros (vanadio, molibdeno, manganeso, cromo) que estabilizan la forma beta.



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



Ti - Ti - Ti - Ti - Ti - Ti - Ti - Ti - Ti

Aleaciones

El titanio se comercializa en diferentes grados. El titanio CP comercialmente puro (grados 1 a 4) tiene una estructura alfa y contiene pequeñas cantidades de elementos "intersticiales" (nitrógeno, oxígeno, carbono) que ocupan los huecos en el cristal. Se diferencian entre sí por el contenido de oxígeno que aumenta del grado 1 al 4, confiriéndole una creciente resistencia mecánica.

Las aleaciones de titanio se clasifican según su estructura en "aleaciones alfa" (grados 6, 7, 11), "aleaciones alfa-beta" (grado 5, 9) y "aleaciones beta".

Algunas están diseñadas para mejorar la resistencia a la corrosión (grados 7 y 11 contienen paladio) y otras para mejorar su resistencia mecánica por tratamiento térmico (grado 5 contiene aluminio y vanadio) en comparación al Titanio CP.

Las aleaciones alfa no son para tratamiento térmico. Son fáciles de soldar, dúctiles y con resistencia mecánica baja a intermedia pero con excelentes propiedades mecánicas a temperaturas criogénicas.

Las aleaciones alfa-beta son para tratamiento térmico. La mayoría son fáciles de soldar. Su resistencia mecánica es media a alta.

Las aleaciones beta se prestan para tratamiento térmico y son generalmente soldables. Alcanzan altas resistencias mecánicas y buena resistencia a la deformación hasta temperaturas intermedias.

El Titanio y sus aleaciones se pueden clasificar según su propósito en:

RESISTENTES A LA CORROSIÓN

CP-1
CP-2
CP-3
CP-4
Ti-Pd Grado 7 & 16
Ti-3Al-2.5V Grado 9 & 18
Ti-Pd Grado 11 & 17
Ti-0.3Mo-0.8Ni Grado 12
Ti-3Al-8V-6Cr-4Zr-4Mo
Ti-15Mo-3Nb-3Al-0.2Si

ALTA RESISTENCIA MECANICA

Ti-6Al-4V Grado 5
Ti-5Al-2.5Sn Grado 6
Ti-2.5Cu
Ti-6Al-7Nb
Ti-4Al-4Mo-2Sn
Ti-6Al-6V-2Sn
Ti-10V-2Fe-3Al
Ti-15V-3Cr-3Sn-3Al
Ti-5.5Al-3Sn-3Zr-0.5Nb
Ti-5Al-2Sn-4Mo-2Zr-4Cr
Ti-8Al-1Mo-1V
Ti-6Al-5Zr-0.5Mo-0.25Si

RESISTENTES A ALTA TEMPERATURA

Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo
Ti-6Al-2Sn-4Zr-6Mo
Ti-11Sn-5Zr-2.5Al-1Mo
Ti-5.5Al-3.5Sn-3Zr-1Nb
Ti-5.8Al-4Sn-3.5Zr-0.7Nb



TiO₂ - TiO₂ - TiO₂ - TiO₂ - TiO₂

Propiedades

Las aplicaciones del titanio y sus aleaciones se derivan de su resistencia a la corrosión y de sus propiedades mecánicas.

- Resistencia a la corrosión:

La resistencia a la corrosión se debe a la formación de una capa superficial protectora de óxido de titanio.

El titanio es inmune al ataque por agua de mar y atmósferas marinas. Es resistente a ácidos (oxidantes o débilmente reductores; no resiste al ácido fluorhídrico), álcalis (hasta 80°C), aguas naturales (hasta 300°C), gases corrosivos (cloro húmedo hasta 70°C, dióxido de cloro), atmósferas reductoras (dióxido de azufre, sulfuro de hidrógeno) y gran número de sustancias orgánicas. Aleado con paladio se hace más resistente aún.

- Propiedades mecánicas:

Tiene una baja densidad y alta resistencia mecánica (densidad 4.43-4.85 g/cm³; resistencia a la deformación 25- 200 ksi).

Tiene una relación resistencia/peso muy superior a la de otros metales. Por ejemplo titanio grado 5 (188) comparado con acero inox. 316L (26) o hastelloy C-276 (40).

La capa de óxido de titanio, le confiere una gran resistencia a la erosión (unas 20 veces superior a las aleaciones cobre-níquel).

El intercambio de calor en el Titanio es muy eficiente ya que pueden usarse espesores menores por su mayor resistencia mecánica, mayores velocidades de fluido por su gran resistencia a la erosión y tener una superficie siempre limpia de depósitos por la ausencia de corrosión.

Tiene un coeficiente de dilatación significativamente inferior al de las aleaciones ferrosas. No es magnético. Tiene alta resistencia al fuego.

Aplicaciones

El Titanio y sus aleaciones son técnica y económicamente superiores en una gran variedad de aplicaciones:

- Intercambiadores de calor (no se requiere espesores extra por corrosión ni recubrimientos protectores).
- Industria de celulosa y papel (cañerías, bombas, intercambiadores de calor, digestores, blanqueadores).
- Condensadores (ausencia de pitting y erosión por vapor)
- Plantas desalinizadoras (resiste la acción de cloruros).
- Desulfuración de gases de combustión (recubrimientos de titanio resisten la acción del azufre).

- Ambientes marinos (embarcaciones submarinas, sistemas de propulsión, sistemas de enfriamiento, bombas).
- Industria farmacéutica (resiste productos farmacéuticos y es biocompatible).
- Industria de alimentos (resiste todo tipo de alimentos y productos de limpieza).
- Industria cervecera (resiste todo tipo de caldos, fluidos, y productos de limpieza).
- Industria petroquímica (intercambiadores de calor resisten el agua de mar, cañerías resisten la acción del sulfuro de hidrógeno presente en los crudos de menor precio).
- Conducción de agua de mar (tubos intercambiadores de calor y cañerías sin muestras de corrosión después de 40 años, ahorro en peso y espacio por sus propiedades mecánicas superiores).



Maquinado

El trabajo con titanio y sus aleaciones tiene algo de particular. Puede ser cortado con sierras (bajas velocidades 16 m/min y alta presión), sopletes, chorro de agua y laser.

El esmerilado debe hacerse con refrigeración (para evitar la reactividad del titanio a alta temperatura) y a menores velocidades (1/2 a 1/3 de las velocidades normales) evitando la producción de chispas (el polvo de titanio es inflamable).

El maquinado de cada variedad de Titanio o aleación de Titanio debe considerar

sus características particulares, pudiendo usarse herramientas bien afiladas de acero rápido (supergrado T-15, hasta dureza 38 Rockwell escala C) o de carburo (C-91). El Titanio y la gran mayoría de sus aleaciones son fácilmente soldables. Una soldadura bien hecha tiene la misma resistencia a la corrosión que el metal base. De lo contrario puede ser quebradiza y de menor resistencia a la corrosión. El nitrógeno, oxígeno e hidrógeno reaccionan con el Titanio fundido. Es posible utilizar las técnicas TIG, MIG, soldadura de punto y otras (soldadura por fricción, soldadura con haz de electrones).

Costo

Existe un prejuicio respecto al costo de una instalación en Titanio. Un equipo correctamente diseñado nunca tiene un costo tan alto como lo sugiere la razón precio/peso del metal:

- Costo de inversión:

dado que el Titanio posee una relación resistencia/peso muy superior, se requiere menos material. A modo de ejemplo un intercambiador de calor hecho en Hastelloy C276 es 1.6 veces más caro que hecho en Titanio grado 2.

- Costo de operación:

Un mejor intercambio de calor se traduce en un ahorro de energía. La resistencia a la corrosión localizada y no localizada prolonga la vida de las instalaciones lo que se traduce en ahorro por menor necesidad de mantenimiento y por menores períodos de detención.

Comparación con otras aleaciones

Aparte de su resistencia a la corrosión, el Titanio y sus aleaciones son muy atractivas por su gran relación resistencia/peso expresada por el cociente resistencia a la deformación/densidad:

Material	Res.Deform.(Y) Mpa	Densidad(d) g/cm ³	Razón Y/d
Ti Gr.2	275	4.51	61
Ti Gr.5	830	4.42	188
316	230	7.94	29
254SMO	300	8.00	38
2205	450	7.80	58
Monel 400	175	8.83	20
Inconel 625	415	8.44	49
C-276	355	8.89	40



Especificaciones ASTM para Titanio

B265	Flejes, láminas y placas
B337	Cañerías con y sin costura(grados 1, 2,3, 7, 9, 10, 11, y 12)
B338	Tubos para condensadores e intercambiadores de calor
B348	Barras y lingotes
B363	Fittings para soldar con y sin costura
B381	Forjados(flanges etc.)
B861	Cañerías sin costura(grados1 - 3, 5, 7, 9, 11 - 21, 23 - 25)
B862	Cañerías con costura(grados 1 - 3, 5, 7, 9, 11 - 21, 232 - 29)
B863	Alambre y alambre para soldar

FASTPACK comercializa Titanio y sus aleaciones en todas las formas disponibles en el mercado

		d g/cm ³	S ksi	Y ksi	HB	Tf °C												
Grado		%C	%Fe	%N	%O	%H	%Ti%	%Pd	%Al	%V	%Sn	%Mo	%Zr	%Nb	%Ni	%Cu	%Si	
Resistentes a la corrosión	CP Gr2	4.51	70	51	160	1677												
		< 0.1	< 0.3	< 0.03	< 0.25	< 0.1	resto	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	CP Gr7	4.51	70	51	160	1677												
		< 0.1	< 0.3	< 0.03	< 0.25	< 0.15	resto	0.12-0.25	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	CP Gr9	4.48	107	88	15HRC	1704												
		< 0.05	< 0.3	< 0.02	< 0.12	< 0.0125	resto	---	2.5-3.5	2.0-3.0	---	---	---	---	---	---	---	---
	CP Gr12	4.51	88	67	180	---												
		< 0.08	< 0.3	< 0.03	< 0.25	< 0.015	resto	---	---	---	---	0.2-0.4	---	---	0.6-0.9	---	---	
Alta resistencia mecánica	Gr 5	4.43	145	132	36HRC	1649												
		< 0.08	< 0.25	< 0.05	< 0.2	< 0.0125	resto	---	5.5-6.75	3.5-4.5	---	---	---	---	---	---	---	
	Gr 6	4.48	141	130	36HRC	1571												
		< 0.08	< 0.5	< 0.05	< 0.2	< 0.0200	resto	---	4.0-6.0	---	2.0-3.0	---	---	---	---	---	---	
	Ti6Al6V2Sn	4.54	158	148	38HRC	1704												
		< 0.05	0.35-1.0	< 0.04	< 0.2	< 0.015	resto	---	5.0-6.0	5.0-6.0	1.5-2.5	---	---	---	---	0.35-1.0	---	
Ti8Al1Mo1V	4.37	148	134	36HRC	1538													
	< 0.08	< 0.3	< 0.05	< 0.12	< 0.0125	resto	---	7.35-8.35	0.75-1.25	---	0.75-1.25	---	---	---	---	---		
Resistentes a altas temperaturas	Ti6Al2Sn4Zr2Mo	4.54	147	133	---	1649												
		< 0.10	< 0.25	< 0.5	< 0.15	< 0.125	resto	---	5.5-6.5	---	1.8-2.2	1.8-2.2	3.6-4.4	---	---	---	0.06-0.1	
	Ti11Sn5Zr2.5Al1Mo	4.84	149	127	---	---												
		---	< 0.20	---	---	< 0.0125	resto	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
	Ti5.8Al4Sn3.5Zr0.7Nb	4.55	149	132	---	---												
0.04-0.08		< 0.05	< 300ppm	750-1500ppm	< 60ppm	resto	---	5.5-6.1	---	3.0-5.0	0.25-0.75	3.0-5.0	0.5-1.00	---	---	0.20-0.60		

d: densidad ; S : tensión de ruptura ; Y : límite elástico ; HB : dureza Brinell ; Tf : temperatura de fusión