

TITÂNIO E SUAS LIGAS

Metalurgista Industrial

fevereiro 2021

www.metalurgistaindustrial.com.br

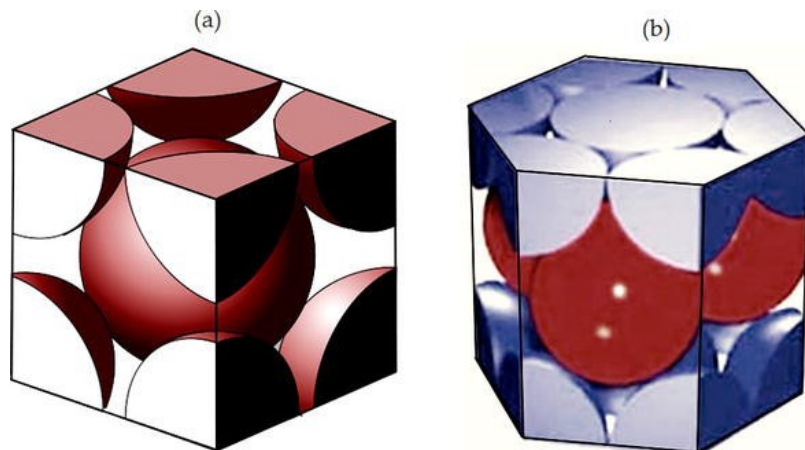
As ligas de titânio encontram aplicação como material estrutural em diversas áreas tais como na medicina sob a forma de implantes, devido à sua alta biocompatibilidade, aeroespacial e naval entre outras. Esse espectro de aplicações das ligas de titânio resulta de suas características que destacam alta resistência à corrosão, elevada resistência específica, baixa densidade e excelentes propriedades a temperaturas elevadas.

A tabela a seguir exemplifica valores de propriedades mecânicas para titânio comercialmente puro, também referido como não ligado, e suas ligas. O titânio comercialmente puro, designado Cp na tabela, usualmente contém carbono, oxigênio, nitrogênio e ferro como elementos residuais, que exercem influência sobre suas propriedades mecânicas

Material	Modulus (GPa)	Ultimate Tensile Strength (MPa)	Yield Strength (MPa)	Elongation (%)	Density (g/cc)	Type of Alloy
Cp Ti grade I	102	240	170	24	4.5	α
Cp Ti grade II	102	345	275	20	4.5	α
Cp Ti grade III	102	450	380	18	4.5	α
Cp Ti grade IV	104	550	483	15	4.5	α
Ti-6Al-4V- ELI	113	860	795	10	4.4	$\alpha + \beta$
Ti-6Al-4V	113	930	860	10	4.4	$\alpha + \beta$
Ti-6Al-7Nb	114	900-1050	880-950	8-15	4.4	$\alpha + \beta$
Ti-5Al-2.5Fe	112	1020	895	15	4.4	$\alpha + \beta$
Ti-15Zr-4Nb-2Ta-0.2Pd	94-99	715-919	693-806	18-28	4.4	$\alpha + \beta$
Ti-29Nb-13Ta-4.6Zr	80	911	864	13.2	4.4	β

A resistência à corrosão e erosão apresentada pelas ligas de titânio deve-se à proteção superficial conferida por uma película invisível de óxido, primariamente TiO_2 .

A estrutura cristalina do titânio à temperatura ambiente é hexagonal compacta (fase δ). A $883^\circ C$, o titânio sofre uma transformação alotrópica para cúbica de corpo centrado (fase β), que permanece estável até a temperatura de fusão. Essas estruturas, que classificam os tipos de ligas de titânio, são ilustradas nas figuras (a) - CCC e (b) - HC a seguir.



Essa temperatura de transformação pode ser alterada de acordo com os teores de elementos intersticiais e substitucionais presentes em solução sólida. Há elementos que estabilizam a estrutura δ hexagonal compacta e outros que atuam como estabilizadores da fase β cúbica de corpo centrado, propiciando assim a formação de vários tipos de ligas de titânio. Essas são classificadas de acordo com as microestruturas resultantes em ligas δ , $\delta + \beta$ ou β .

Via de regra, a fase β é a mais dúctil e a δ a mais resistente e menos dúctil devido à maior quantidade de planos de deslizamento na estrutura CCC da primeira em comparação com a estrutura HC da segunda. A fase $\delta + \beta$ situa-se entre ambas. O dióxido de titânio dissolve-se no metal a temperaturas elevadas, o que significa que todo o titânio, com exceção dos mais cuidadosamente purificados, apresentam uma quantidade significativa de oxigênio dissolvido e pode ser considerado uma liga Ti-O.

As ligas δ empregam elementos como alumínio, oxigênio, nitrogênio e carbono como agentes estabilizantes da fase δ hexagonal compacta. As ligas $\delta + \beta$ contêm 4 a 6% em peso de elementos estabilizadores da fase β tais como molibdênio, vanádio, tungstênio, tântalo e silício. O exemplo mais popular de ligas dessa natureza é a Ti-6Al-4V com 6 e 4% em peso de alumínio e vanádio respectivamente. Essa liga de titânio corresponde à metade de todas as ligas de titânio produzidas.

As ligas β , por sua vez, estabilizam essa fase pelo emprego de elementos de liga que são um ou mais dos seguintes elementos: molibdênio, vanádio, nióbio, tântalo, zircônio, manganês, ferro, cromo, cobalto, níquel e cobre. Além de promover o aumento da resistência dessa fase β , esses estabilizadores reduzem a resistência à deformação, o que tende a aprimorar o processamento dessas ligas durante as operações de trabalho a quente e a frio.

Tratamento térmico

As ligas de titânio são submetidas a operações de tratamento térmico típicas das ligas metálicas em geral, tais como:

(i) alívio de tensões, com o propósito de redução de tensões residuais resultantes de forjamento não uniforme ou deformação durante conformação a frio, endireitamento, usinagem assimétrica, soldagem e resfriamento de produtos de fundição.

(ii) recozimento, visando aumento da tenacidade à fratura, ductilidade à temperatura ambiente, estabilidade térmica e dimensional e resistência à fluência.

(iii) solubilização e envelhecimento, objetivando a obtenção de uma ampla gama de níveis de resistência em ligas $\delta + \beta$ ou β . A origem das respostas das ligas de titânio a esse tratamento deve-se à instabilidade da fase β a baixas temperaturas. O aquecimento de uma liga $\delta + \beta$ à temperatura de solubilização produz uma quantitativamente maior partição da fase β . Essa partição é mantida na têmpera. No envelhecimento subsequente, ocorre a decomposição da fase β instável, provendo então alta resistência à liga. As ligas β comerciais são geralmente fornecidas na condição de tratamento de solubilização e só precisam ser envelhecidas. A única exceção nesse contexto, é o caso único da liga Ti-2.5Cu, que sofre aumento de resistência por meio da clássica reação de precipitação de Ti_2Cu similar à formação das zonas Guinier-Preston das ligas de alumínio. A Resenha Técnica o Envelhecimento dos Metais e As Ligas de Alumínio aborda esse fenômeno.