

LIGAS DE TITÂNIO



Titanium aero forging



Titanium heat exchanger



Titanium boat propeller



Titanium wheel rim



Titanium oven blower



Titanium rolled rings



Titanium Reaction Tank



LIGAS DE TITÂNIO

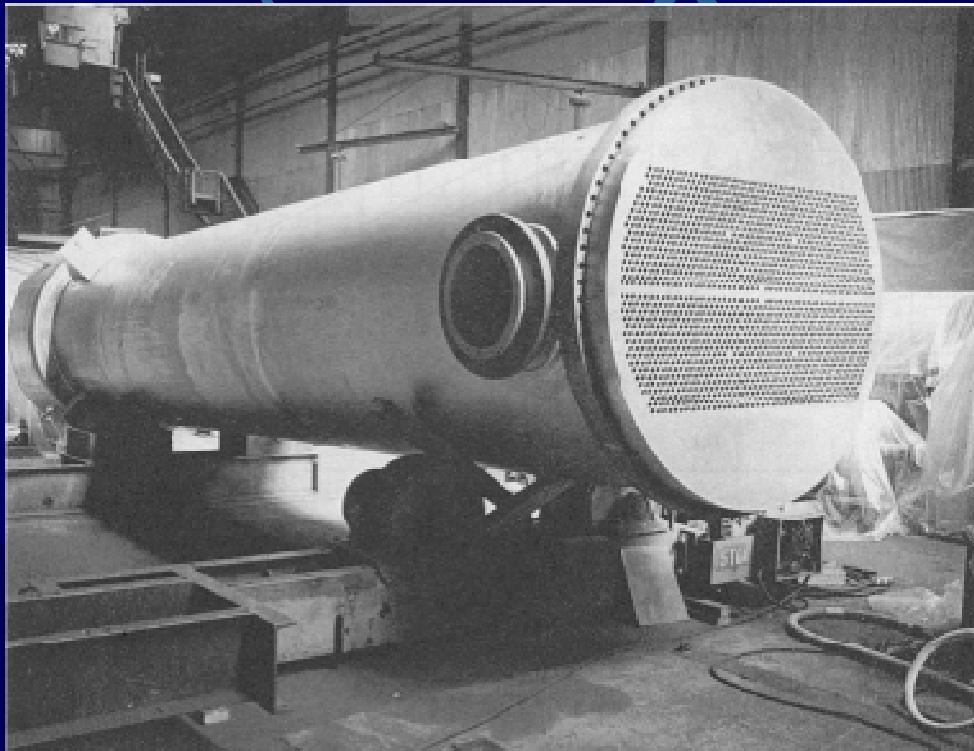


Fig. 4 Large titanium heat exchanger - Source: Ref 1

LIGAS DE TITÂNIO



Produtos comerciais semi-acabados de TITÂNIO



Barras de titânio

Chapas laminadas de titânio

APLICAÇÕES DO TITÂNIO

- AEREOESPACIAL
 - Estruturas e fuselagem
 - Componentes de turbinas
 - Indústria de mísseis

- COMO MATERIAL BIOCOMPATÍVEL
 - Implantes cirúrgicos

É um material inerte ao corpo humano



APLICAÇÕES DO TITÂNIO

- ÍNDUSTRIA QUÍMICA E PETROLÍFERA
Tubos para trocadores de calor
- COMO ELEMENTO DE LIGA EM SUPERCONDUTORES
- INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA



PRODUTOS DA METALURGIA DO PÓ EM TITÂNIO



LIGAS DE TITÂNIO

Ti puro

- Excelente resistência à corrosão
- Alguma ductilidade (apesar de ser HC)
- Baixa resistência mecânica

Ligas α

Al,O,N,H,Ga

- Ligas não endurecíveis por T.T. – endurecimento por solução sólida
- Al principal elemento de liga – até 5~6%
- Resistência moderada a alta temperatura
- Boas tenacidade, resist fluência, soldabilidade

Ligas quase α

V,Mo (peq.quant.)

- Alguma fase β numa microestrutura essencialmente α
- Adiciona-se Sn e Zr para manter a resistência diminuindo o Al
- Altas resist mecanica, tenacidade, resist fluência, soldabilidade
- Resist aumentada com envelhecimento (\Rightarrow menor resist corrosão)

Ligas $\alpha-\beta$

(ou duplex)

- Balanço conveniente de elementos \Rightarrow Microestrutura bifásica
- Os tratamentos térmicos controlam microestrutura e propriedades

Ligas β

V,Mo,Nb,Cr,Fe,Ta

- Grande adição de V e Mo \Rightarrow β à temp ambiente (não é usual)
- Estrutura β obtida com tratamento de envelhecimento
- Grande ductilidade – fácil deformação a frio
- São soldáveis
- Ligas mais pesadas

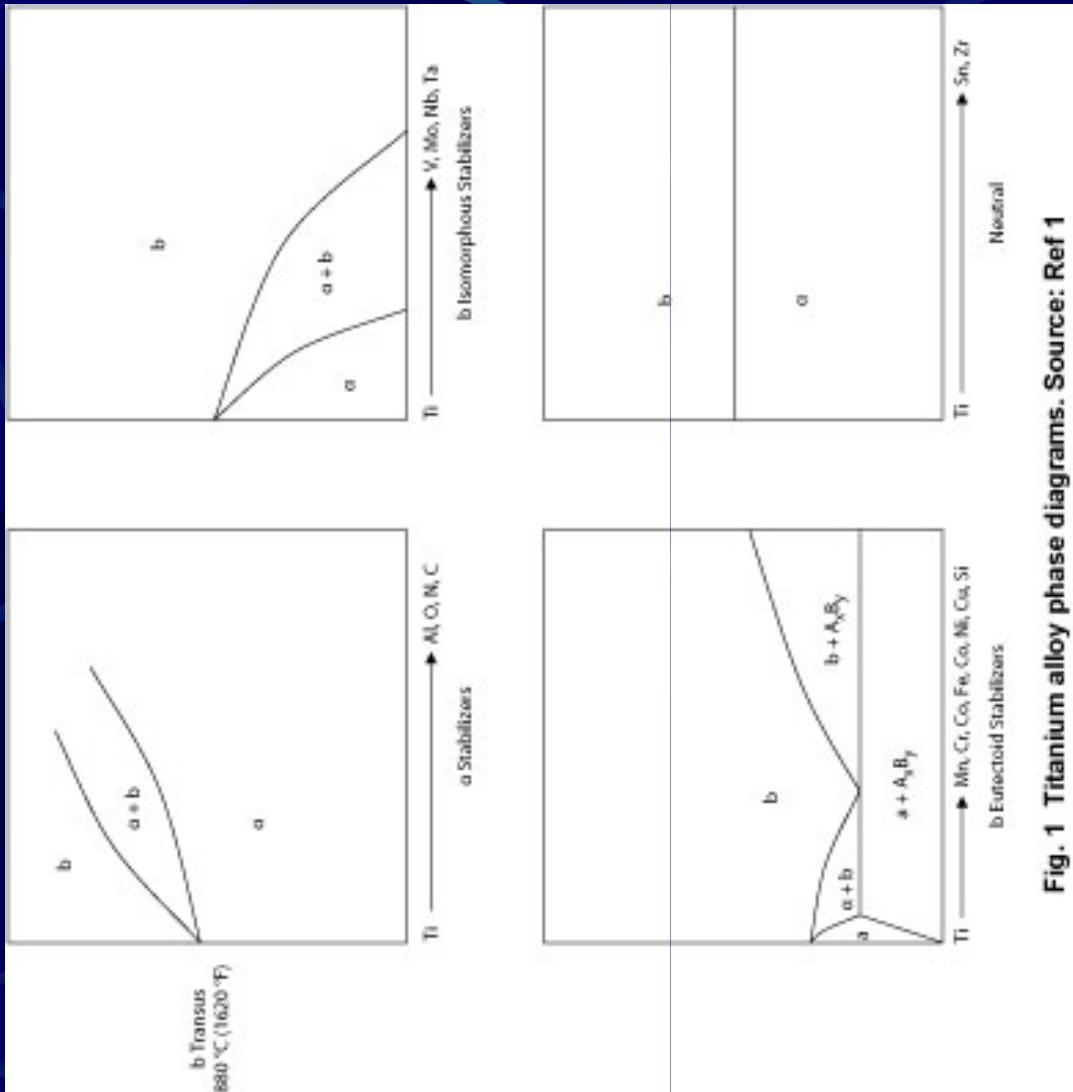


Fig. 1 Titanium alloy phase diagrams. Source: Ref 1

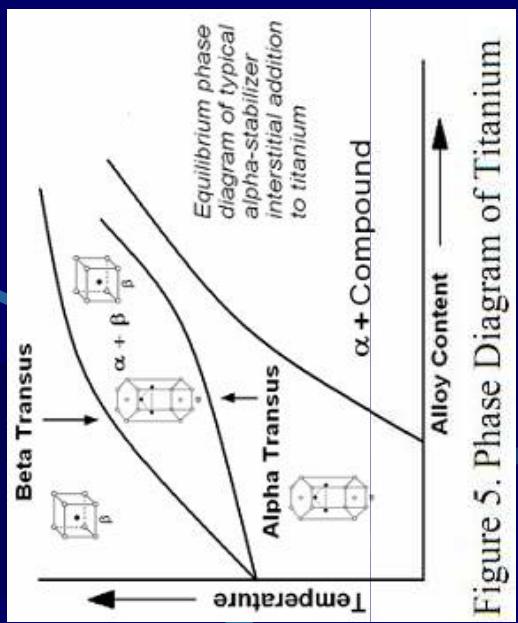
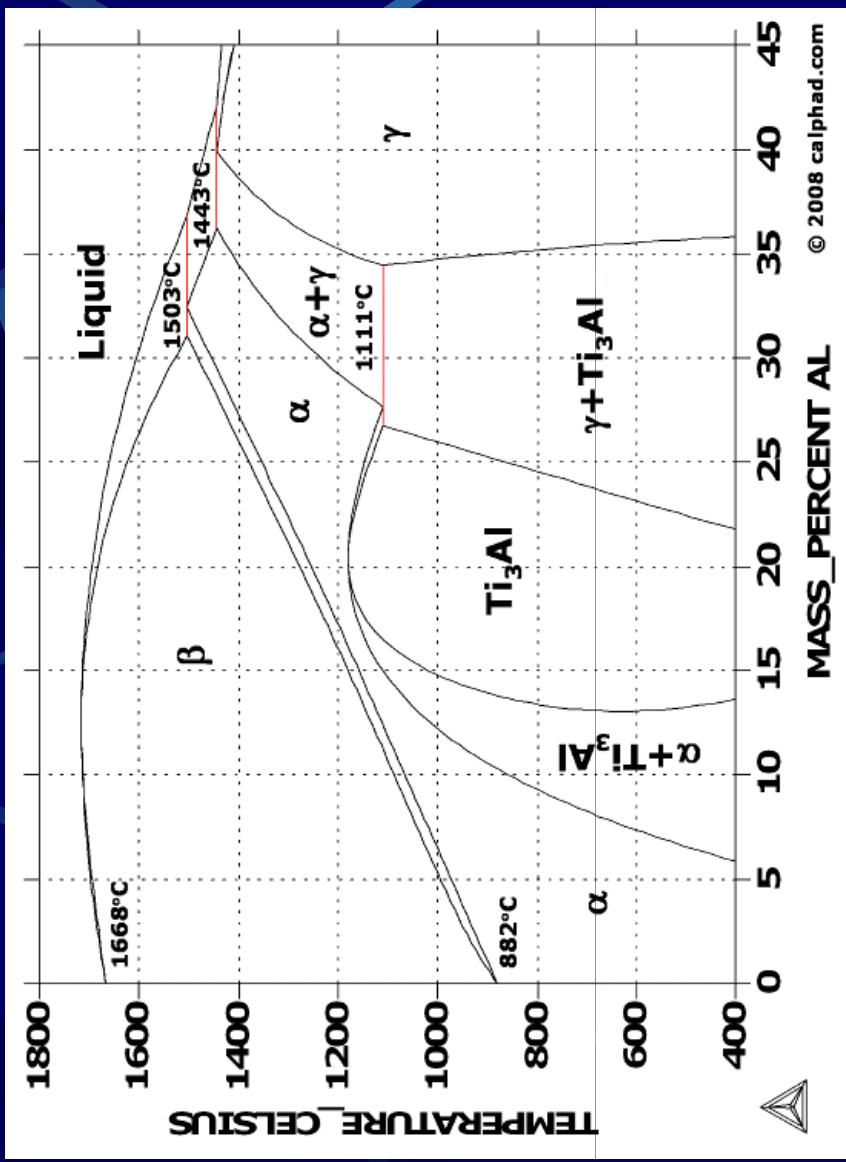


Figure 5. Phase Diagram of Titanium



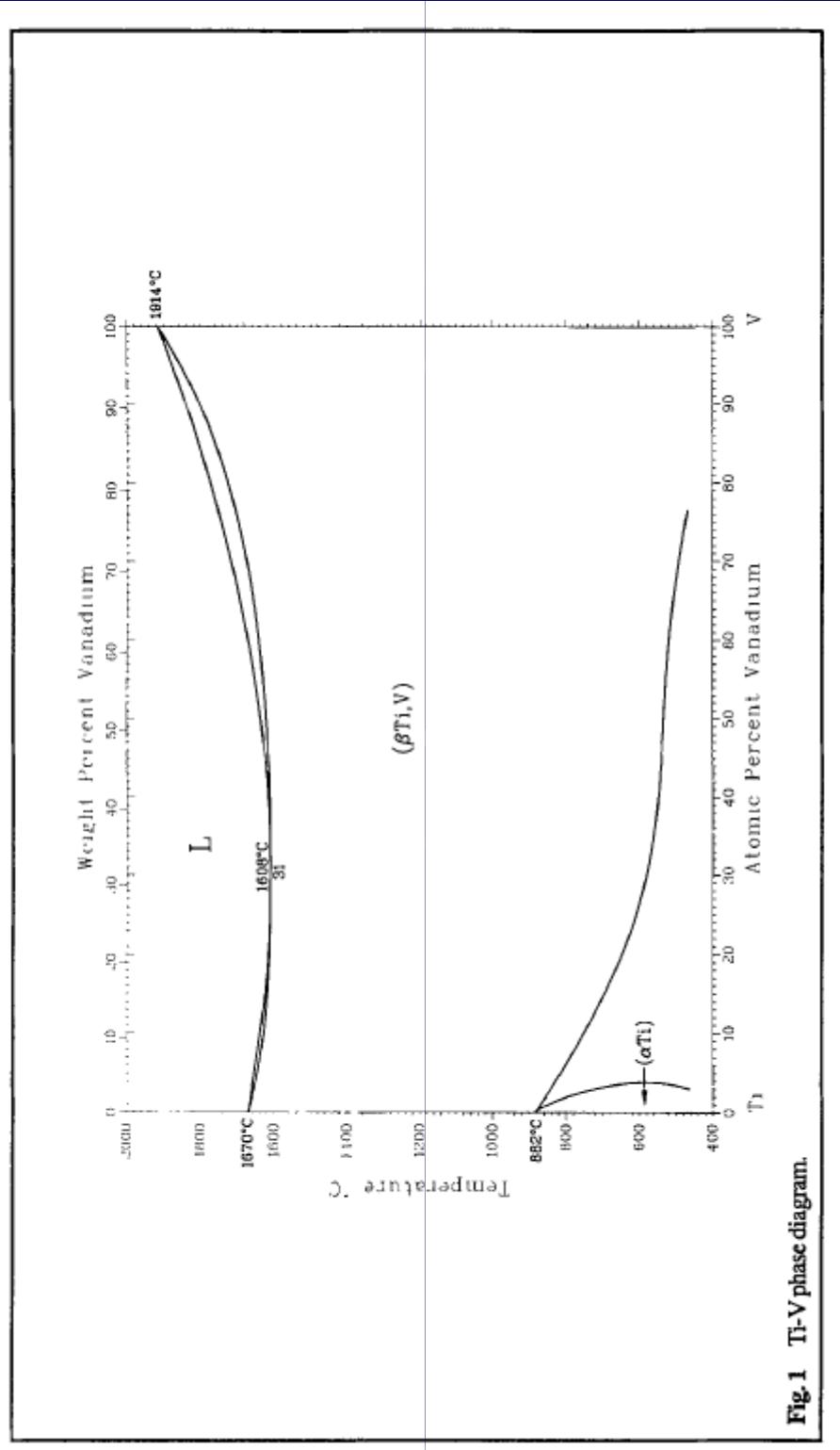


Fig. 1 Ti-V phase diagram.

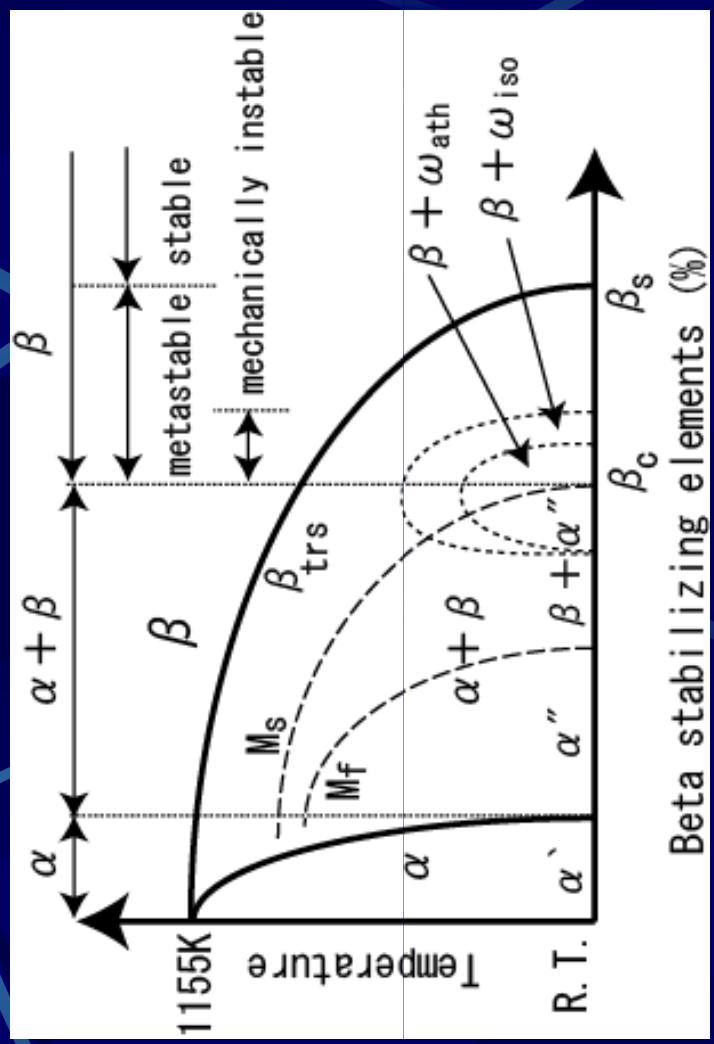




Fig. 4 Ti-6Al-4V alloy containing Ti₃Al₂ phase. Micrographs taken at 100× magnification. (a) and (b) show the original microstructure; (c) shows the microstructure after heat treatment at 1000°C. (Courtesy of S. M. Lee, Source Ref. 1)

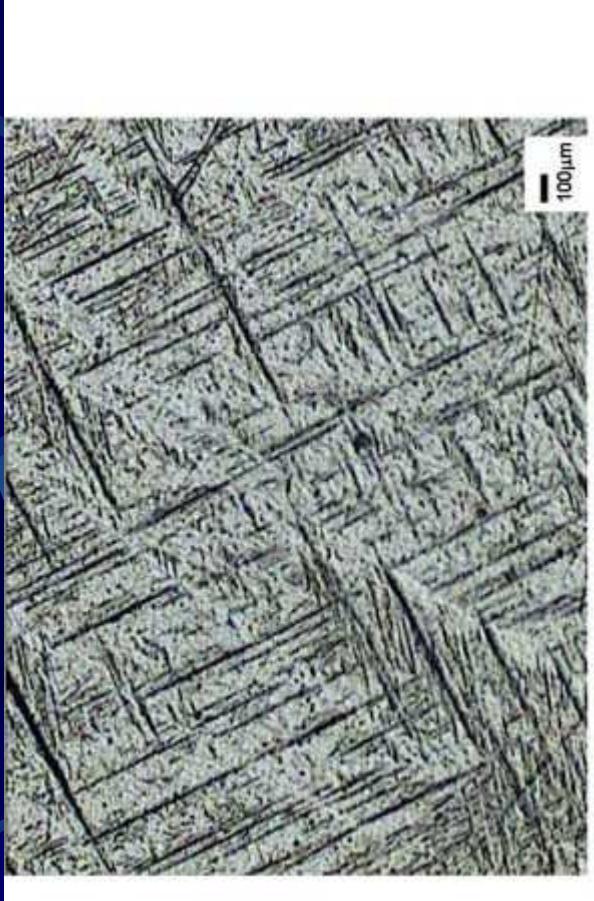


Figure 4 Optical micrograph of the sample of Ti-6Al-4V heat treated at 1000 °C for two hours and cooled in water submitted to surface chemical attack

LIGAS DE TITÂNIO

Tipo de liga	Comum (UNS)	Composição	Condição	Propriedades mecânicas			Aplicações/Características
				Rotura (MPa)	Cedênci a (MPa)	Extensão Rot. (%)	
Comercial/ Puro	(R50500)	99.1Ti	Recozido	517	448	25	Blindagem de motores jacto, Cascas de aeronaves, equipamento resist à corrosão em navios e ind química
a	Ti-5Al- 2.5Sn (R54520)	5.0Al, 2.5Sn	Recozido	862	807	16	Caixas de turbinas de gás, equipamento químico com resistência mecânica até 480°C
Quase a	Ti-8Al- 1Mo-1V (R54810)	8.0Al, 1.0Mo, 1.0V	Recozido (duplex)	1000	951	15	Peças forjadas para motores a jacto (discos de compressor, cubos, etc)
a - b	Ti-6Al-4V (R56400)	6.0Al, 4.0V	Recozido	993	924	14	Implantes de elevada resistência, processamento químico, componentes estruturais de aeronaves
a - b	Ti-6Al-6V- 2Sn (R56620)	6.0Al, 2.0Sn, 6.0V, 0.75Cu	Recozido	1069	1000	14	Componentes estruturais de alta resistência em aeronaves
b	Ti-10V- 2Fe-3Al	10.0V, 2.0Fe, 3.0Al	Dissolução e envelhec.	1276	1200	10	Melhor combinação de resistência e ductilidade, aplicações com uniformi. de propriedades em toda a peça, componentes estruturais de aeronaves

LIGAS DE TITÂNIO

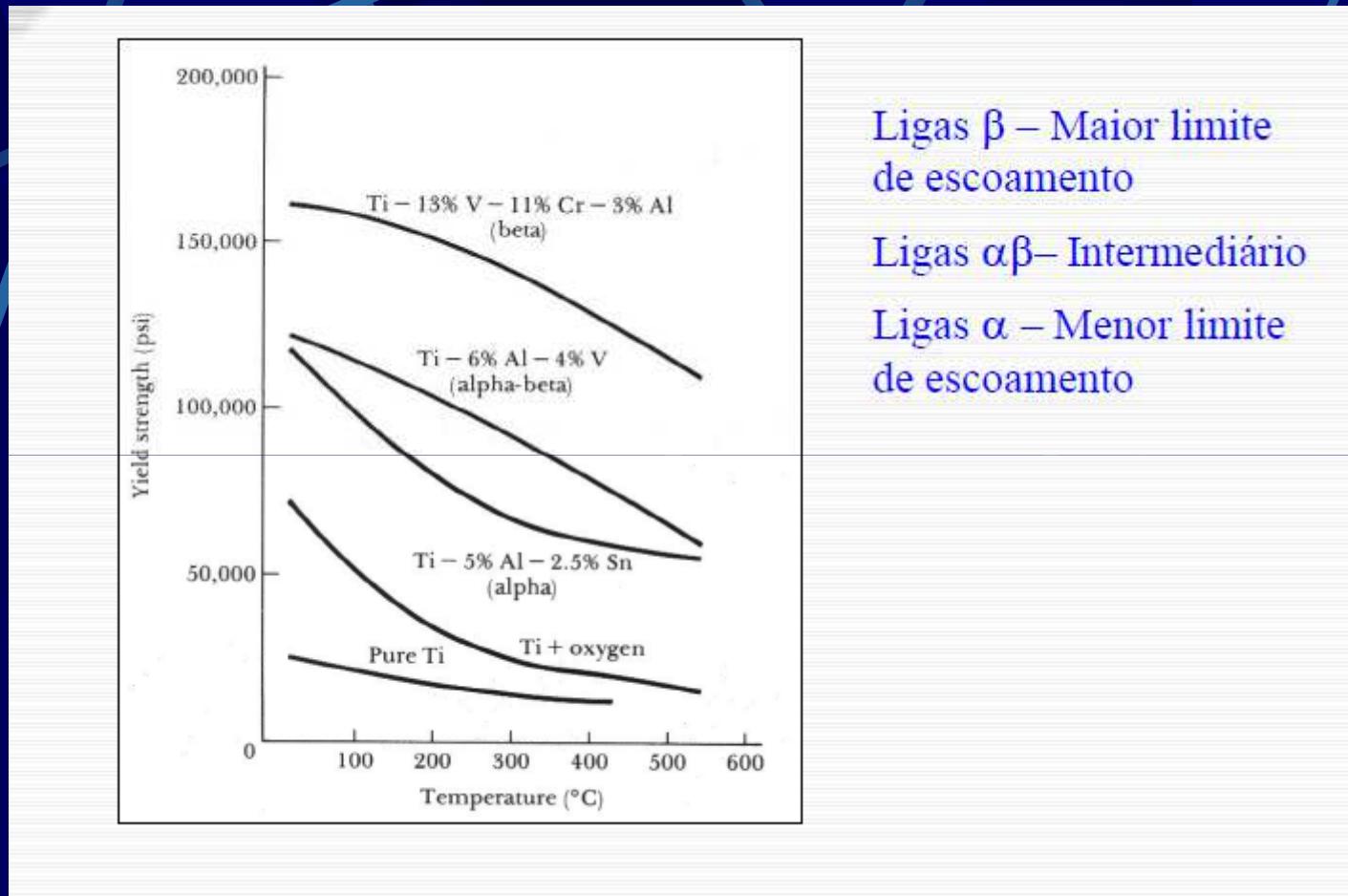
Table of properties

Alloy	Nominal composition	Condition(s)	Ultimate tensile strength		Yield strength		Modulus of elasticity		Elongation, %	Reduction in area, %
			MPa	kil	MPa	kil	GPa	mil		
Commercially pure										
Grade 1	0.03N, 0.20Fe, 0.18O	Annealed	240	35	170	25	103	14.9	24	30
Grade 2	0.03N, 0.30Fe, 0.25O	Annealed	345	50	275	40	103	14.9	20	30
Grade 4	0.05N, 0.50Fe, 0.40O	Annealed	550	80	485	70	103	14.9	15	25
Alpha and near-alpha										
Ti-5-2.5	Ti-5Al-2.5Sn	Annealed	790	115	760	110	110	16.0	16	40
Half 6-4	Ti-3Al-2.5V	Annealed	620	90	520	75	107	15.5	20	...
Ti-6242S	Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo-0.25Si	Annealed	900	130	830	120	114	16.5	15	35
Ti-8-1-1	Ti-8Al-1Mo-1V	Annealed	900	130	830	120	124	18.0	15	28
Alpha-beta										
Ti-6-4	Ti-6Al-4V	Annealed	900	130	830	120	114	16.5	14	30
		STA	1170	170	1100	160	114	16.5	10	25
Ti-6-4 ELI(b)	Ti-6Al-4V	Annealed	830	120	760	110	114	16.5	15	35
Ti-6-6-2	Ti-6Al-6Sn-2V	Annealed	1035	150	1000	145	110	16.0	14	30
		STA	1275	185	1170	170	110	16.0	10	20
Ti-6246	Ti-6Al-2Sn-4Zr-6Mo	STA	1300	189	1170	170	114	16.5	10	23
Ti-6-22-22S	Ti-6Al-2Sn-2Zr-2Mo-2Cr-0.25Si	Annealed	1035	150	965	140	122	17.7	...	...
		STA	1275	185	1140	165	122	17.7	11	33
Beta										
Ti-10-2-3	Ti-10V-2Fe-3Al	STA	1170	170	1100	160	112	16.2	10	19
Ti-15-3	Ti-15V-3Al-3Cr-3Sn	Annealed	770	114	770	112	...	...	22	...
		STA	1100	159	985	143	...	...	12	...
Beta-C	Ti-3Al-8V-6Cr-4Mo-4Zr	STA	1275	185	1180	171	...	...	11	13

(a) STA, solution treated and aged. (b) ELI, extra-low interstitial

Fig. 2 Properties of selected titanium alloys. Source: Ref 1

LIGAS DE TITÂNIO - PROPRIEDADES



Ligas β – Maior limite de escoamento

Ligas $\alpha\beta$ – Intermediário

Ligas α – Menor limite de escoamento

Questões sobre Ti e ligas

- 1) Quais as propriedades atrativas possuem o Ti e suas ligas? Qual a principal desvantagem?
- 2) Quais as duas formas cristalinas alotrópicas do Ti puro?
- 3) Como são classificadas as ligas de Ti? Dê exemplos de aplicações destas.
- 4) Cite dois elementos estabilizadores da fase α e da fase β encontrados nas ligas de Ti.

Questões sobre Ti e ligas

- 5) Cite uma desvantagem das ligas β em relação às ligas α .
- 6) Por que as ligas de Ti β são mais deformáveis que as ligas de Ti $\alpha-\beta$?
- 7) Qual a mais importante liga de Ti? Qual a propriedade desta liga a torna tão importante? Qual sua principal desvantagem?
- 8) Qual o mecanismo de endurecimento envolvido no aumento da resistência de uma liga de Ti-6-Al-4-V após solubilização a 954 °C e resfriamento brusco em água.