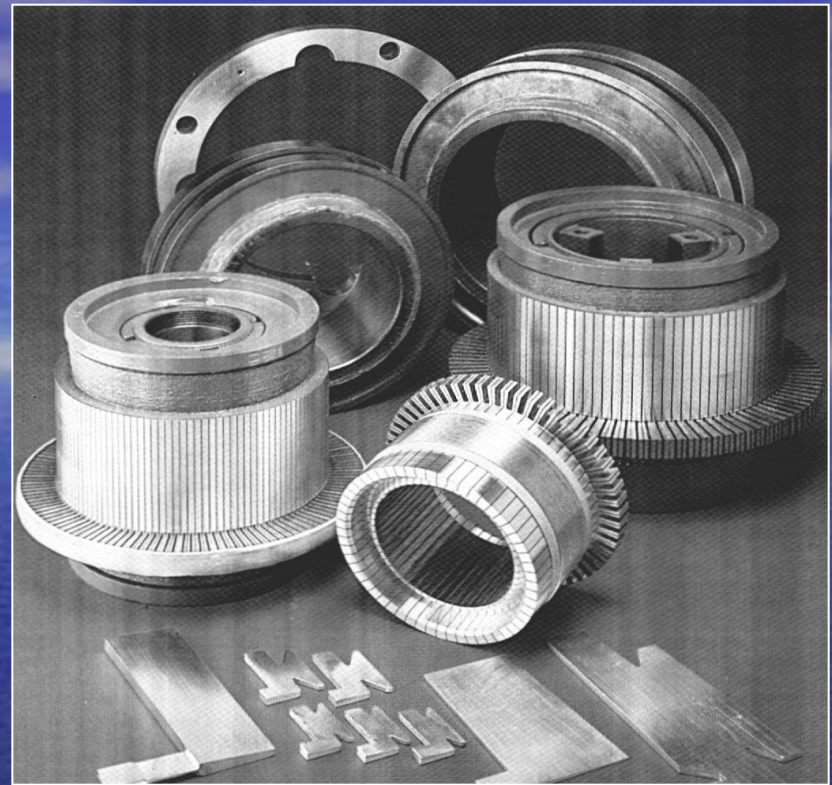


Ligas Metálicas Não Ferrosas

Engenharia e Ciência dos Materiais II
Profa.Dra. Lauralice Canale

LIGAS METÁLICAS NÃO FERROSAS

- Usadas em geral para:
 - Resistência à corrosão
 - Resistência ao desgaste
 - Cond. elétrica
 - Peso reduzido (algumas)
 - Resistência a altas temperaturas (outras)
 - Boas resistência e rigidez específicas

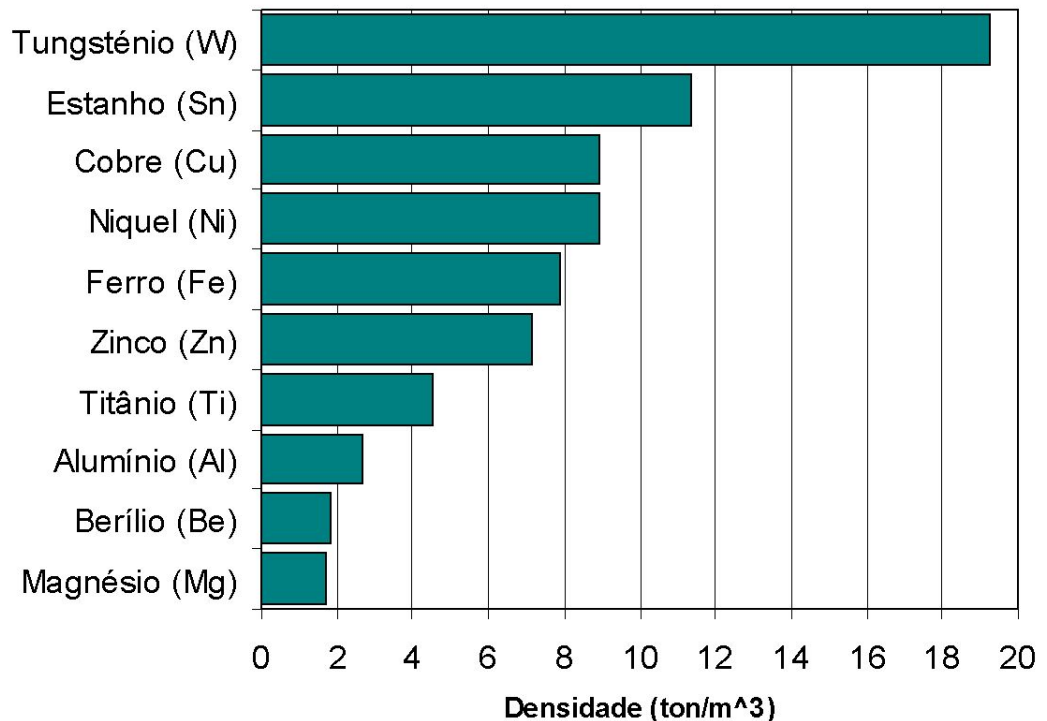


LIGAS NÃO FERROSAS



LIGAS NÃO FERROSAS (GENERALIDADES)

- Em geral mais caras que as ligas ferrosas
- Usadas para aplicações específicas:
 - Resist. à corrosão (Cu, Ni)
 - Alta condutividade (Cu, Al)
 - Baixo peso (Al, Mg, Ti)
 - Resistência a altas temperaturas (Ni)
- Utilização desde utensílios domésticos até aplicações aeroespaciais



LIGAS DE MAGNÉSIO

GENERALIDADES

- Mais leve dos metais estruturais
- 3º metal mais abundante na crosta
- Competidor das ligas de Al.
- Processamento caro
- Fraco em estado puro, bom quando forma ligas com Al, Zn, Mn, Th, Ce...

APLICAÇÕES

- Quase todas de peças fundidas
- 50% como elemento de liga no alumínio
- Blocos de motor, volantes, apoios de assento, coluna de direção
- Raquetes, patins, tacos de golf, bastões de baseball, bicicletas
- Componentes de aviação
- Indústria Bélica (mísseis)
- Componentes eletro-eletrônicos

PROPRIEDADES

- Alta resistência específica
- Baixa ductilidade
- Baixo ponto de fusão=>fundição
- Boa usinabilidade - pode ser forjado, extrudado e laminado
- Soldável
- Boa resistência à corrosão (exceto em meios marinhos)
- Boa resistência à fadiga
- Alta resistência ao impacto

TRATAMENTOS

- Endurecimento por precipitação
- Recozimentos
- Endurec. por deformação plástica possível, mas em pequeno grau

NOMENCLATURA

(MAGNESIUM ASSOCIATION, USA)

- 2 letras indicando os dois principais elementos de liga (ord. crescente)
- 2 ou 3 algarismos indicando as percentagens x10
- 1 letra indica ordem ASTM
- Tratamentos térmicos

LETRAS E ELEMENTOS DE LIGA

Alumínio – A
Bismuto – B
Cobre – C
Cádmio – D
Terra rara – E
Ferro – F
Tório – H
Zircónio – K
Berílio – L

Manganês – M
Níquel – N
Chumbo – P
Prata – Q
Crómio – R
Silício – S
Estanho – T
Zinco – Z

TRATAMENTOS TÉRMICOS

- **F** : não tratado
- **O** : recozido
- **H10 e H11** : levemente encruado
- **H23, H24 e H26** : encruado e parcialmente recozido
- **T4** : tratamento térmico de solubilização
- **T5** : envelhecido artificialmente
- **T6** : tratamento térmico de solubilização e envelhecido artificialmente
- **T8** : tratamento térmico de solubilização, trabalhado a frio e envelhecido artificialmente

Ordem ASTM

- **A** : primeira liga registrada na ASTM
- **B** : segunda liga registrada na ASTM
- **C** : terceira liga registrada na ASTM
- **D** : liga de alta pureza
- **E** : liga de alta resistência à corrosão
- **X1** : liga não registrada na ASTM

EXEMPLO

Liga AZ91A-T6

AZ : significa que o alumínio e o zinco são os dois principais elementos de liga

91 : indica os percentuais de alumínio (9%) e zinco (1%) presentes na liga

A : indica que esta liga foi a primeira a ser registrada na ASTM com estas quantidades de alumínio e zinco

T6 : indica que a liga sofreu tratamento térmico de solubilização e foi envelhecida artificialmente

SISTEMAS BINÁRIOS PRINCIPAIS

- Mg – Al

- Mg-Al-Mn - AMxx

- Mg-Al-Zn - AZxx

- Mg – Zn

- Mg-Zn-Zr - ZKxx

- Mg-Zn-Th - ZHxx

- Mg – Terra rara

- Mg-t.r.-Zr - EKxx

- Mg-t.r.-Zn - EZxx

- Mg – Th

- Mg-Th-Zr - HKxx

- Mg-Th-Zn - HZxx

SOBRE OS ELEMENTOS DE LIGA

- Aumento de resistência sempre por solução sólida

- Independente/ dos elementos de liga, os diagramas de fases são idênticos

- Adição de Al seguido de endurec. precipitação - aumento de resist.

- Refinar o tamanho de grão – Zr

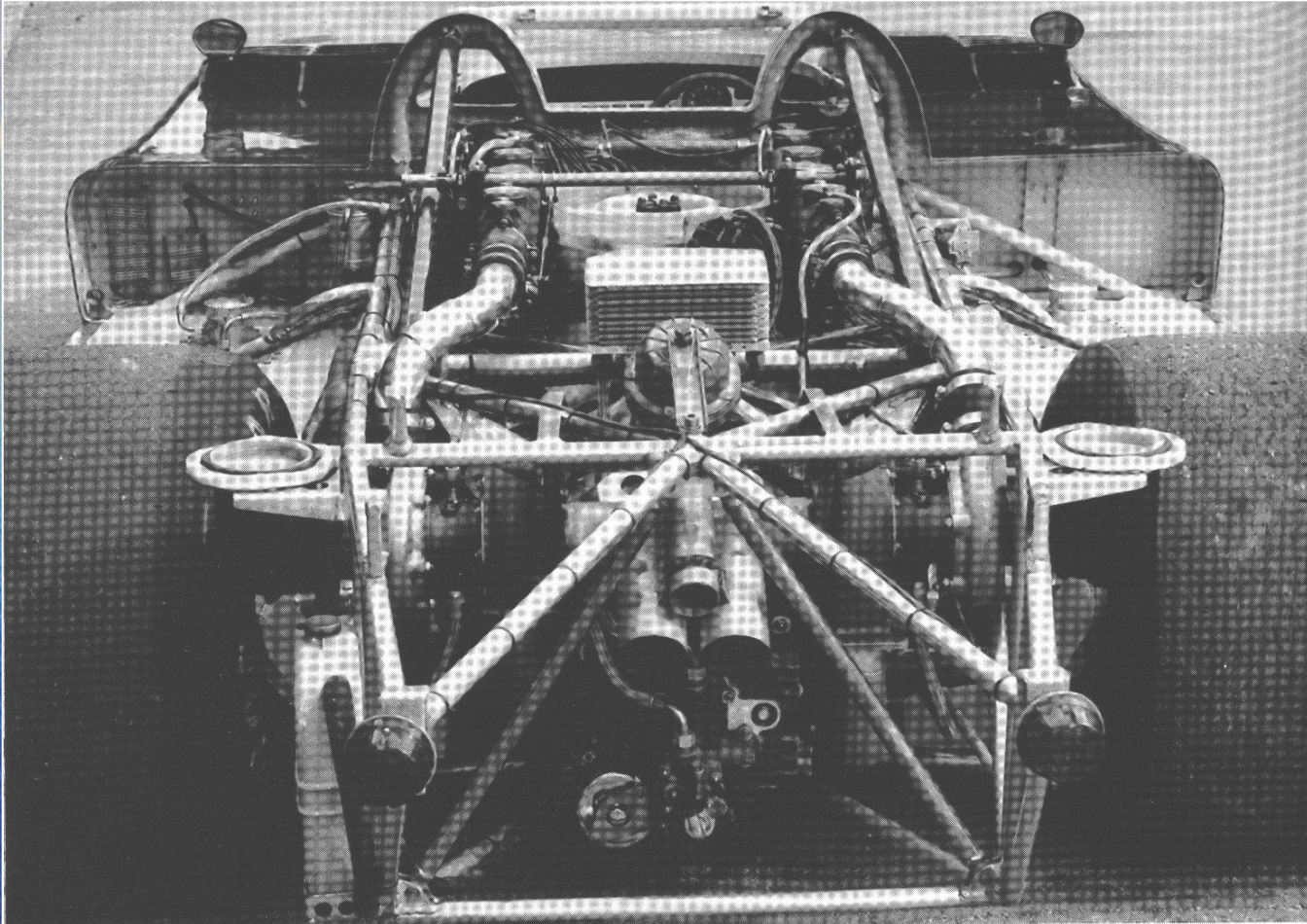
- Aumento de resist. corrosão – Mn

- Aumento resist. mecânica e fluência – Th, Ce

LIGAS DE MAGNÉSIO

ASTM	UNS	Composição	Condição	Propriedades mecânicas			Aplicações/Características
				Rot. (MPa)	Ced.(MPa)	Ext.Rot(%)	
LIGAS DE TRABALHO MECÂNICO							
AZ80A	M11800	8.5Al, 0.5Zn, 0.12Mn		340	250	11	Elementos estruturais, peças forjadas
HK31A	M13310	3.0Th, 0.6Zr	Def. frio e parcialmente recozido	255	200	9	Elementos estruturais com boa resistência até 315°C
ZK60A	M16600	5.5Zn, 0.45Zr	Envelhecido artificialmente	350	285	11	Peças forjadas de grande resistência para aeronaves
LIGAS DE FUNDIÇÃO							
AM60A	M10600	6.0Al, 0.13Mn		220	130	6	Jantes de automóveis
EZ33A	M12330	2.7Zn, 0.6Zr, 3.3Terr. raras	Envelhecido artificialmente	160	110	3	Peças fundidas para utilização até 260°C
AZ91A	M11910	9.0Al, 0.13Mn,0.7Zn		230	150	3	Peças para automóveis, cort-relva e malas de viagem

LIGAS DE MAGNÉSIO

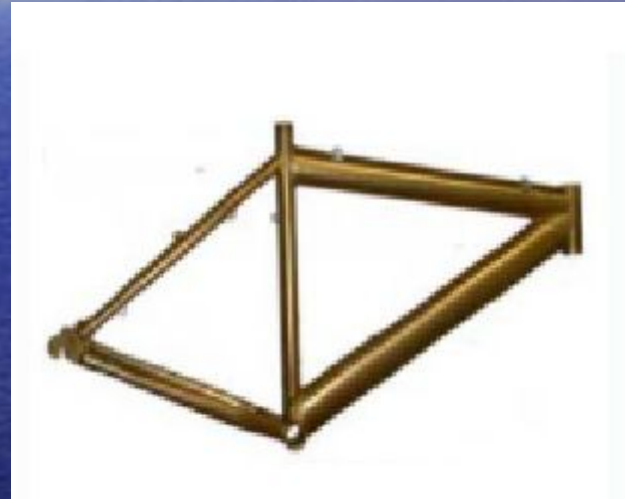


Porsche 917 com estrutura tubular em Magnésio – redução de 15kg em relação ao Al

LIGAS DE MAGNÉSIO



Caixa de câmbio utilizada em helicóptero (Mg-Zr-Zn)



Quadro de bicicleta utilizando liga de magnésio

LIGAS DE TITÂNIO

GENERALIDADES

- **Metal mais recente (a partir de '50)**
- **Abundante – custo elevado de proc.**
- Possui uma transformação alotrópica
Fase α $T < 880^{\circ}\text{C}$
Fase β $T > 880^{\circ}\text{C}$
- **Fase α – HC – pouco dúctil**
- **Fase β – CCC – muito dúctil**
- Formação ligas afeta as propriedades (Temp. de transf. alotrópica, endurecimento por solução sólida)
- Ligas com Al, Sn, V, Mo, Nb, Mn, Cr, Fe, Co, Ta

TRATAMENTOS

- **Recozimentos**
- **Algumas ligas permitem tratamento térmico de envelhecimento**

PROPRIEDADES

- **Baixa densidade (4.5ton/m^3)**
- **Alto ponto de fusão (1668°C)**
- **Grande resistência mecânica**
- **Grande resistência específica**
- **Excelente resistência corrosão abaixo de 550°C**
- **Acima de 550°C tem baixa resistência à corrosão e à fluência**
- **Biocompatibilidade**

APLICAÇÕES

- **Devido à grande resist. específica:**
 - **Aeronáutica e aeroespacial**
 - **Motores a jacto (estrut. e compon.)**
 - **Pás e discos de turbinas**
 - **Viaturas competição e artigos desportivos em geral**
- **Devido à grande resist. corrosão:**
 - **Processamento químico**
 - **Submersíveis**
 - **Implantes biomédicos**
 - **Permutadores de calor**

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 mecânica, tenacidade, resist fluência, soldabilidade
- Resist aumentada com envelhecimento (=> menor resist corrosão)

Ligas α - β

(ou duplex)

- Balanço conveniente de elementos => Microestrutura bifásica
- Os tratamentos térmicos controlam microestrutura e propriedades

Ligas β

V, Mo, Nb, Cr, Fe, Ta

- Grande adição de V e Mo => 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

LIGAS DE TITÂNIO

PROPRIEDADES

Alfa

Resistência à tração: 862 MPa

Tensão de ruptura: 807 MPa

Alongamento: 16%

Beta

Resistência à tração: 993 MPa

Tensão de ruptura: 824 MPa

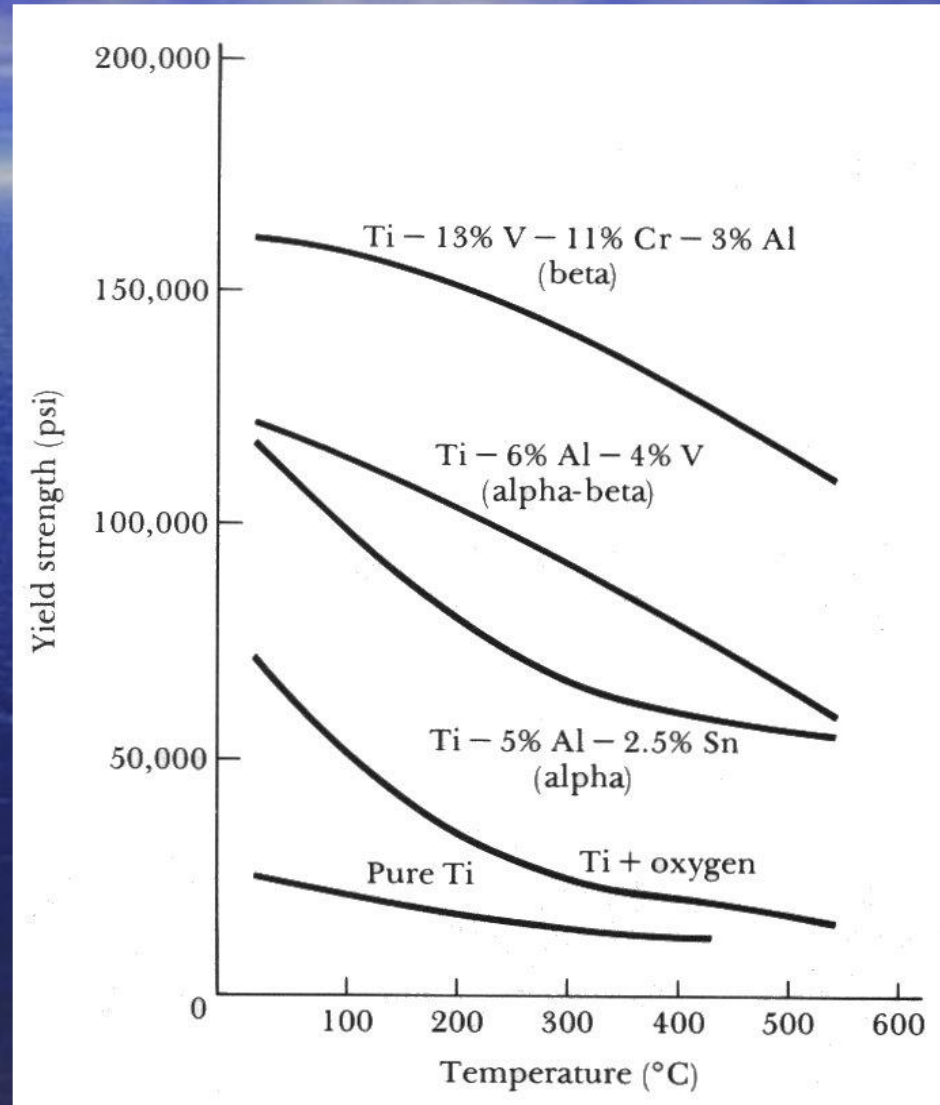
Alongamento: 14%

Alfa-Beta

Resistência à tração: 1276 MPa

Tensão de ruptura: 1200 MPa

Alongamento: 10%



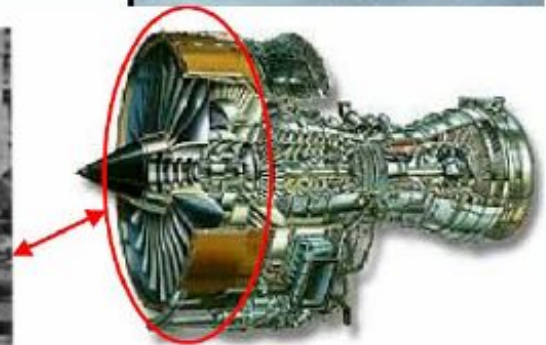
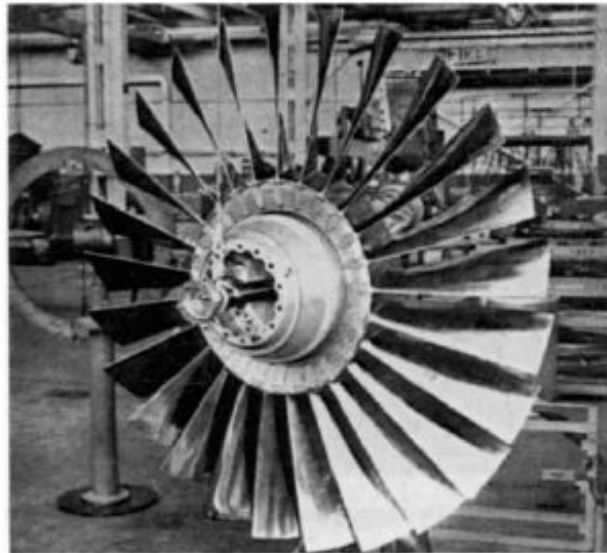
LIGAS DE TITÂNIO

<i>Tipo de liga</i>	<i>Comum (UNS)</i>	<i>Composição</i>	<i>Condição</i>	<u>Propriedades mecânicas</u>			<i>Aplicações/Características</i>
				<i>Rotura (MPa)</i>	<i>Cedência (MPa)</i>	<i>Extensão Rot. (%)</i>	
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

Aeronáutica

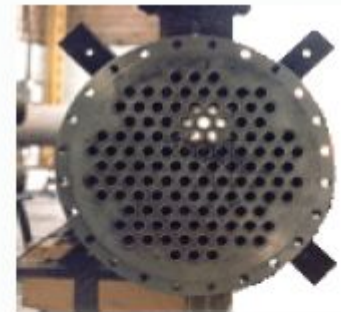
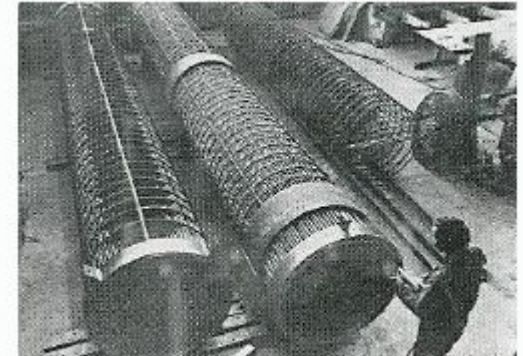
- Pás do compressor do motor
- 25-30 % do peso dos motores modernos



LIGAS DE TITÂNIO

Indústria Química

- Condutas de transporte
- Permutadores de calor
- Equipamentos de manuseamento de produtos químicos
- Refinarias de petróleo em alto mar



LIGAS DE TITÂNIO

BIOMATERIAIS

- Implantes dentários
- Implantes ortopédicos: próteses de quadril, ombro e joelho



LIGAS DE COBRE

GENERALIDADES

- Dos primeiros metais usados
- 3-4 vezes mais caro que o Al e 6-7 vezes mais caro que o aço-carbono
- Forma ligas c/ Sn, Zn, Al, Be, Ni, Si
- Existem 3 grupos básicos de ligas
 - *Latões*: ligas Cu-Zn (existem ainda os latões de chumbo, Cu-Zn-Pb, de estanho, Cu-Zn-Sn...
 - *Bronzes*: ligas Cu-Sn (existem ainda os bronzes de alumínio, Cu-Al, de silício, Cu-Si, de berílio, Cu-Be)
 - *Cuproníqueis*: ligas de Cu-Ni

TRATAMENTOS

- Homogeneização/Recozimento
- Alívio de tensões
- Solubilização e endurecimento por precipitação

PROPRIEDADES

- Excelente condutividade elétrica
- Elevada condutividade térmica
- Elevada resistência à corrosão
- Algumas ligas podem atingir resistência elevada
- Resist específica inferior ao aço e Al
- Resist/custo inferior ao aço e Al

APLICAÇÕES

- 70-80% de uso no estado puro
- Coloração boa para arquitectura, decoração e joalheria
- A boa resistência à corrosão leva a aplicações na indústria naval
- Tem as mais variadas aplicações em todo o tipo de indústria...

LIGAS DE COBRE

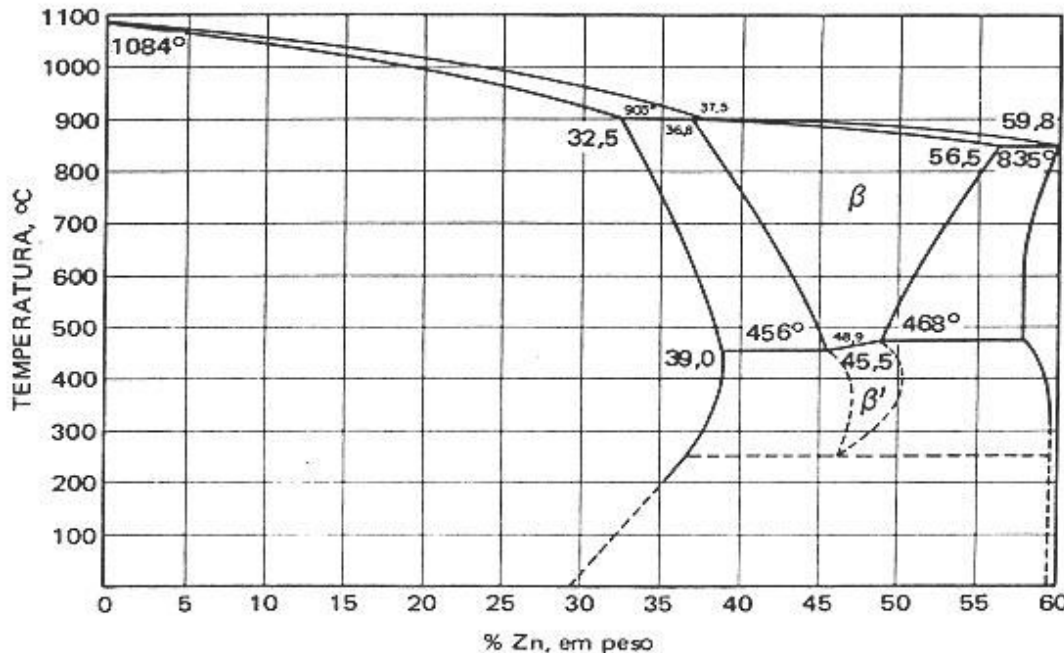


Ao longo do tempo, os telhados em cobre dos edifícios do parlamento no Canadá e a estátua da liberdade tornaram-se cobertos por uma camada de acetato de cobre, responsável pela cor verde e que previne a posterior corrosão.

LIGAS DE COBRE – *LATÕES (Cu-Zn)*

FASES PRESENTES

- Fase α (até 35%Zn)
 - Dúctil e def. a frio até 30%Zn
 - 5%Zn – Latão para dourar (resist à corrosão, medalhas)
 - 15%Zn – Latão vermelho (canalizações, joalheria, decor.)
 - 34%Zn – Latão amarelo (+barato, parafusos, rebites)
- Fases $\alpha + \beta$ (acima 35%Zn)
 - Menos dúctil
 - 40%Zn – Metal Muntz – peças fundidas ou def. quente
 - 40%Zn, 1%Sn – Naval brass – grande resistência à corrosão



INFLUÊNCIA DO Zn

- Aumenta a resistência mecânica
- Aumenta a ductilidade
- Baixa o ponto de fusão
- Baixa o custo

Aplicações

- C210: moedas, medalhas, emblemas, jóias e placas, sendo também usada como base para aplicação de ouro e de esmaltes vítreos
- C220: usada em arquitetura (ferragens, condutos e peças ornamentais) e na fabricação de objetos decorativos
- C230: fabricação de zíper para vestimentas, também s utilizado na fabricação de bijuteria e de alguns componentes eletro-eletrônicos

•C240: fabricação de objetos decorativos (estojos e componentes de relógios)

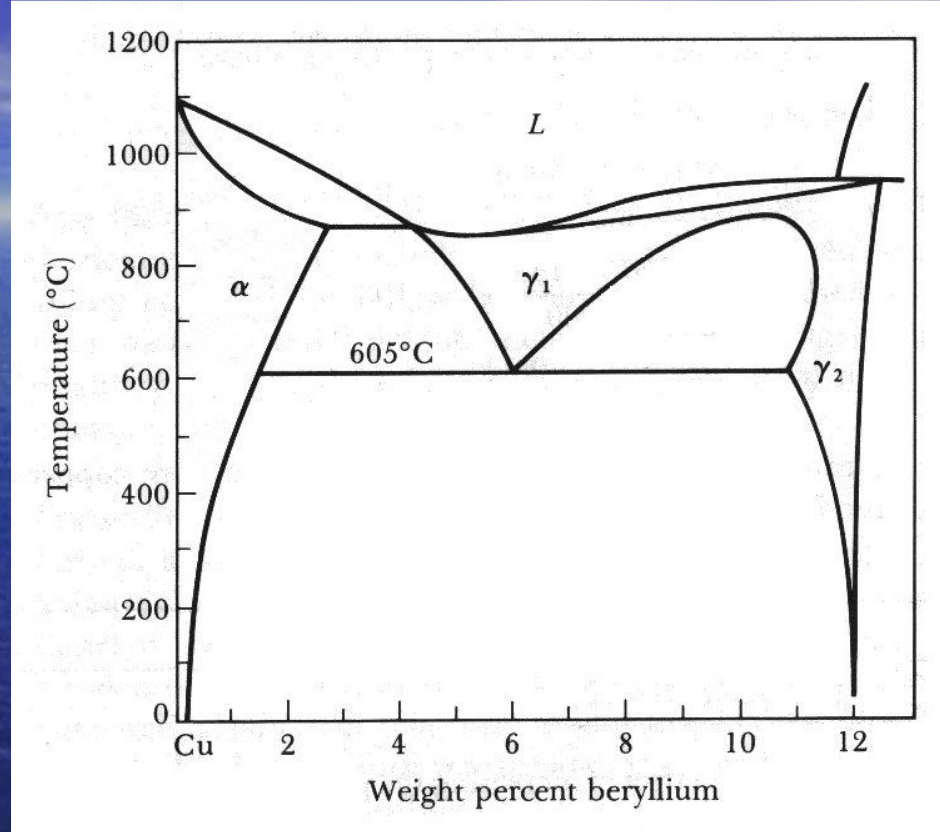
- C260: tubos de trocadores de calor para água não poluída, evaporadores e aquecedores de produtos alimentícios, cápsulas e roscas de lâmpadas, instrumentos musicais de sopro, radiadores de automóveis, metais sanitários, extintores de incêndio, rebites, pinos e parafusos

Liga (ASTM)	Composição Química	Limite de resistência à tração (MPa)	Limite de escoamento (MPa)	Alongamento (%)	Dureza Brinell (HB)	Limite de resistência à fadiga (MPa)
C210	95Cu 5Zn	270-550	100-380	45-3	65-120	-
C220	90Cu 10 Zn	270-570	90-420	50-4	55-125	70-160
C230	85Cu 15Zn	310-600	100-420	50-4	60-135	105-170
C240	80Cu 20Zn	310-640	120-480	52-3	65-155	100-185
C260	70Cu30Zn	330-850	120-540	62-3	65-160	75-200
C268, C270	66Cu 34 Zn 65Cu35Zn	340-860	130-550	60-3	65-165	85-155
C272	64Cu 36Zn	340-860	130-550	56-5	65-165	95-210
C280	60Cu 40Zn	380-600	160-450	40-4	85-145	110-130
C340	65Cu34Zn1Pb	330-550	120-460	45-8	65-135	-
C353	62Cu36Zn2Pb	340-700	150-460	45-2	70-125	100-195
C360	61Cu36Zn3Pb	360-520	150-450	40-12	75-135	140
C370	61Cu38Zn1Pb	380-580	180-520	40-8	80-150	-
C442	71Cu28Zn1Sn	340-400	130-180	65-50	65-85	160-185
C464	61Cu38Zn1Sn	395	160-390	40-20	90-145	150-230

LIGAS DE COBRE - *BRONZES*

BRONZE-BERÍLIO (Cu-Be)

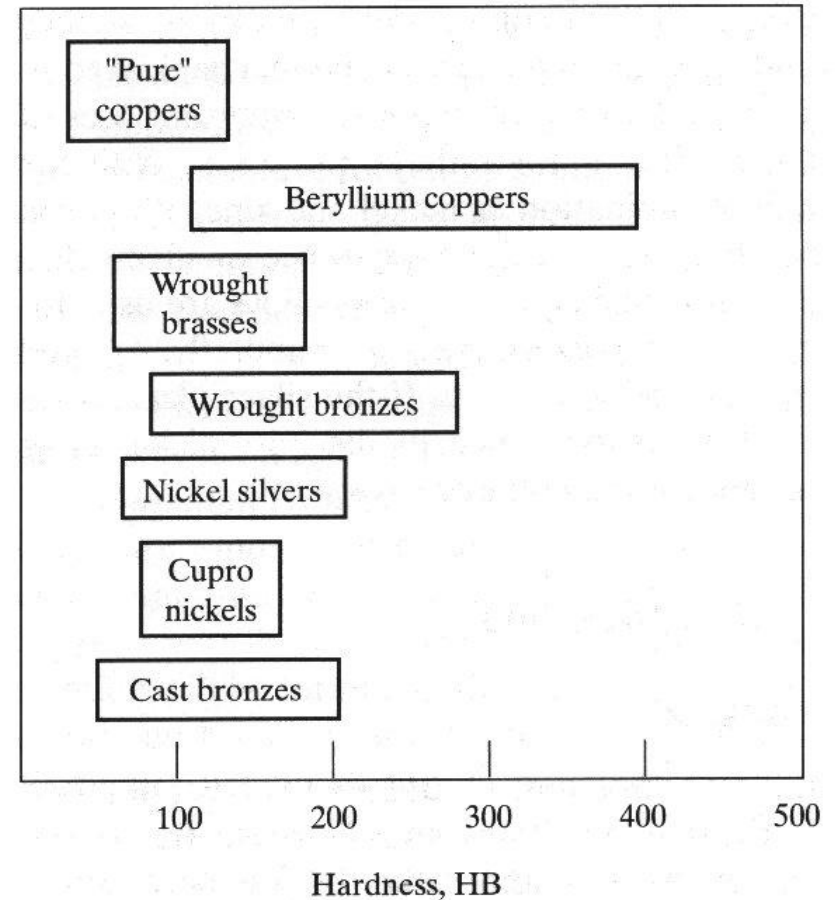
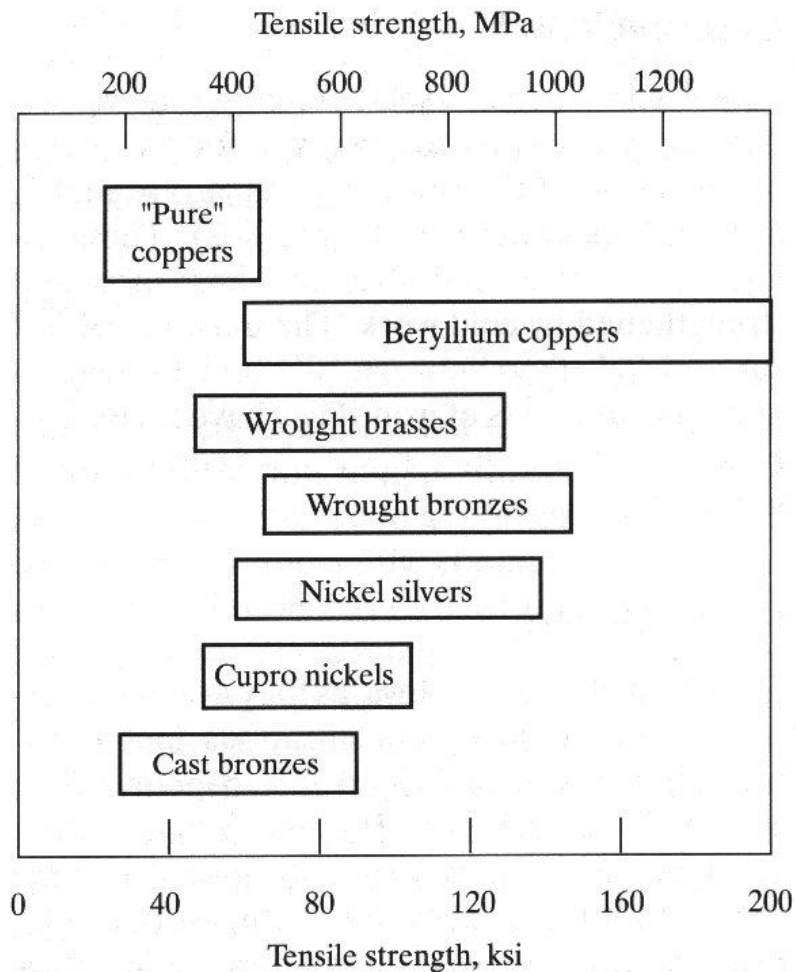
- Única liga de Cu endurecível por precipitação
- Liga com maior resistência
- Excelente resistência ao desgaste e à corrosão
- Usada em instrumentos cirúrgicos e dentários, molas e eléctrodos de soldadura por pontos



CUPRONÍQUEIS (Cu-Ni)

- O níquel é solúvel no cobre em qualquer proporção
- Ligas de melhor resistência à corrosão
- Não muito duras, mas bastante dúcteis
- Usadas em permutadores de calor, tubagens, condensadores, etc

LIGAS DE COBRE



LIGAS DE COBRE

				Propriedades mecânicas			
Nome	UNS	Composição	Condição	Rot. (MPa)	Ced.(MPa)	Ext.Rot(%)	Aplicações/Características
LIGAS DE TRABALHO MECÂNICO							
ETP	C11000	0,04 Oxi	Recozido	220	69	45	Fio electrico, rebites, juntas, panelas, pregos, tectos falsos, decoração
Cobre-Berílio	C17200	1.9Be,0.2Co	Envelhecido	1140-1310	690-860	4-10	Instrumentos cirúrgicos e dentários, molas, válvulas, diafragmas, electrodos não consumíveis
Latão de cartuchos	C26000	30Zn	Recozido	300	75	68	Radiadores de automóveis, componentes de munições, casquilhos de lâmpadas, envólucros de lanternas
			Def.frio (H04)	525	435	8	
Bronze fosforoso	C51000	5Sn, 0.2P	Recozido	325	130	64	Discos de embraiagem, diafragmas, fusíveis, molas
			Def.frio (H04)	560	19	10	
Cupro-níquel	C71500	30Ni	Recozido	380	125	36	Condensadores e permutadores de calor, tubagens água salgada
			Def.frio (H02)	515	485	15	
LIGAS DE FUNDIÇÃO							
Latão amarelo	C85400	29Zn, 3Pb, 1Sn	—	234	83	35	Mobiliário, apoios de radiadores, iluminação
Bronze chumbo	C90500	10Sn, 2Zn	—	310	152	25	Apoios, juntas, segmentos, chumaceiras, engrenagens
Bronze alumínio	C95400	4Fe, 11Al	—	586	241	18	Apoios, engrenagens, parafusos sem-fim, juntas de válvulas

TRATAMENTOS TÉRMICOS EM LIGAS DE COBRE

Recozimento

- O recozimento com o propósito de amolecer o material encruado por deformação mecânica pode produzir diferentes graus de amolecimento, dependendo do tempo e da temperatura nos quais este material é tratado. Quanto maior a temperatura e mais longo o tempo, maior o amolecimento obtido

O recozimento é aplicado em geral ao metal no processo de fabricação após trabalho a frio com redução em espessura da ordem de 35 a 75 %. É uma prática industrial generalizada realizar recozimentos sucessivos seguindo um padrão de decréscimo do tamanho de grão.

Um procedimento típico de laminação e recozimento de latão (70 Cu – 30 Zn) segue o seguinte esquema:

- 1 – Laminação da placa fundida com 57 mm de espessura para 25 mm.
- 2 – Recozimento até atingir tamanho de grão de 0,105 mm.
- 3 – Laminação até 9,9 mm de espessura.
- 4 – Recozimento até tamanho de grão de 0,150 mm.
- 5 – Laminação leve de correção/revisão até 9,14 mm.
- 6 – Laminação até 2,79 mm.
- 7 – Recozimento até tamanho de grão de 0,010 mm.
- 8 – Laminação até 1,32 mm.
- 9 – Recozimento até tamanho de grão de 0,050 mm.
- 10 – Laminação até 0,762 mm.
- 11 – Recozimento até tamanho de grão de 0,030 mm.

Alívio de tensões

- As ligas de cobre trabalhadas a frio são suscetíveis à corrosão sob tensão mesmo em temperaturas e atmosferas / ambientes comuns. Esse tipo de degradação é acelerado em ambientes que contêm amônia e é mais comum em ligas que contêm mais de 10 % de zinco. O latão naval e o latão com alumínio são especialmente suscetíveis
- O alívio de tensões é obtido mediante aquecimento adequado ou flexão mecânica. Frequentemente uma combinação de aquecimento e de ação mecânica é o método mais efetivo para aliviar tensões

Solubilização e endurecimento por precipitação

- É aplicado comumente nos bronzes ao alumínio e o cobre-berílio. Nesta última consiste na solubilização pelo aquecimento durante 1 a 3 horas, variando conforme a liga entre 775° a 1035°C seguindo-se a precipitação entre 2 a 5 horas e temperaturas variando de 300° a 510°C. Pode-se obter limites de resistência à tração da ordem de 150 kgf/mm²
- As ligas primeiramente são solubilizadas depois conformadas a frio e endurecidas por precipitação.

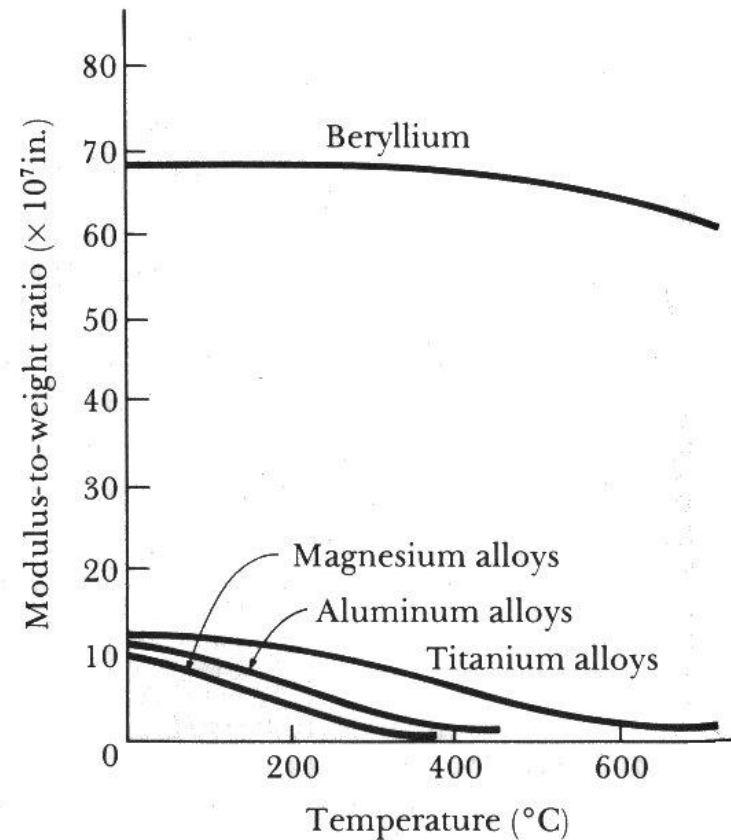
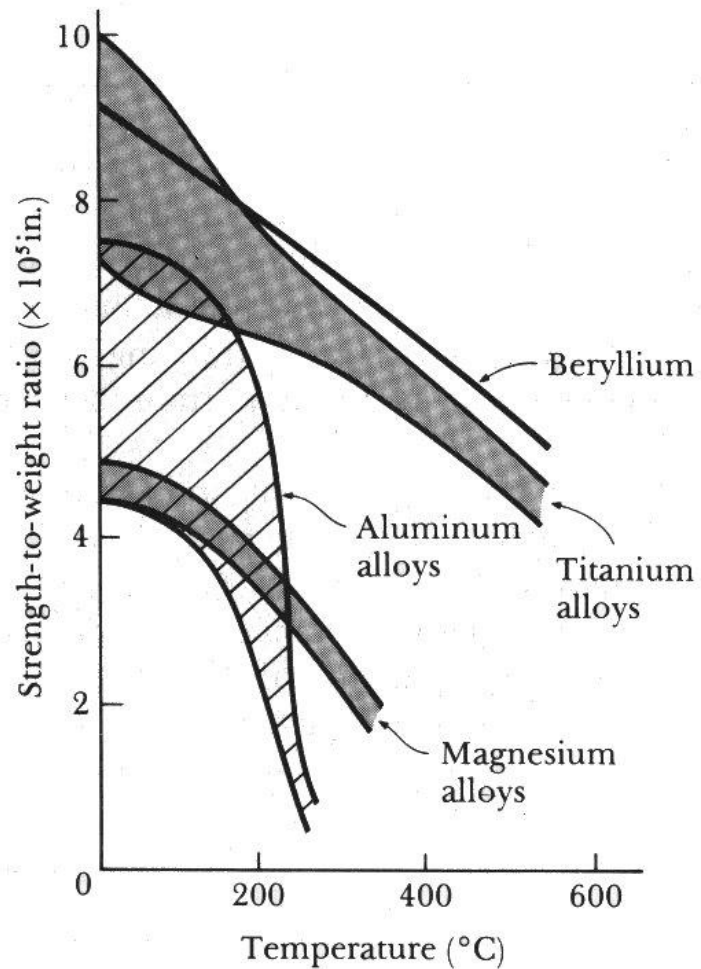
Homogeneização

- Tem como objetivo eliminar ou diminuir a segregação de lingotes que devam ser trabalhados a frio ou a quente. É aplicado principalmente nas ligas bronze ao estanho, bronze ao silício e cupro-níquel. Consiste no aquecimento a uma temperatura de cerca 90°C acima da máxima temperatura de recozimento, durante tempo prolongado

LIGAS DE BERÍLIO

Componentes			Impurezas, max (ppm)						Propriedades mecânicas			Aplicações/Características
Grau	Be,min	BeO,max	Al	C	Fe	Mg	Si	Outros	Rotura (MPa)	Ceden. (MPa)	Ext.Rot (%)	
GRAUS ESTRUTURAIS												
S-65B	99,0	0,7	600	1000	800	600	600	400	290	207	3	Pode ser usado até 600°C, possuindo cedência a 100MPa
S-200F	98,5	1,5	1000	1500	1300	800	600	400	325	240	2	
GRAUS DE INSTRUMENTAÇÃO E ÓPTICA												
I-70A	99,0	0,7	700	700	1000	700	700	400				Instrumentação óptica de satélites
O-50	99,0	0,5	700	700	1000	700	700	400				Instrumentação óptica por infra-vermelhos de satélites GPS
I-220B	98,0	2,2	1000	1500	1500	800	800	400				Desenvolvidos para aplicação a sistemas de elevada precisão geométrica e grande resistência à deformação plástica.
I-400B	94,0	4,3	1600	2500	2500	800	800	400				
OUTRAS LIGAS												
Liga	Be	Al			E (GPa)	Dens. (ton/m^3)	Rotura (MPa)	Ceden. (MPa)	Ext.Rot (%)	Aplicações/Características		
Lockalloy	62	38			200	2,1	380	290	5 - 7	Aviônica, aeronaves e satélites, maxilas de travão em automóveis de competição		

LIGAS DE BERÍLIO



LIGAS E SUPERLIGAS DE NÍQUEL

GENERALIDADES

- 10º material mais consumido
- É das ligas de aplicação industrial mais recente
- Existem várias séries de ligas com várias designações – Monel, Inconel, Incoloy, Nimonic, Hastelloy, etc

PROPRIEDADES

- Ni e suas ligas tem grande resistência à corrosão
- Rigidez próxima do aço
- Algumas ligas têm elevada tenacidade e resistência a temperaturas sub-zero
- Outras ligas têm elevada resistência até 1200°C, mantendo a resistência à corrosão

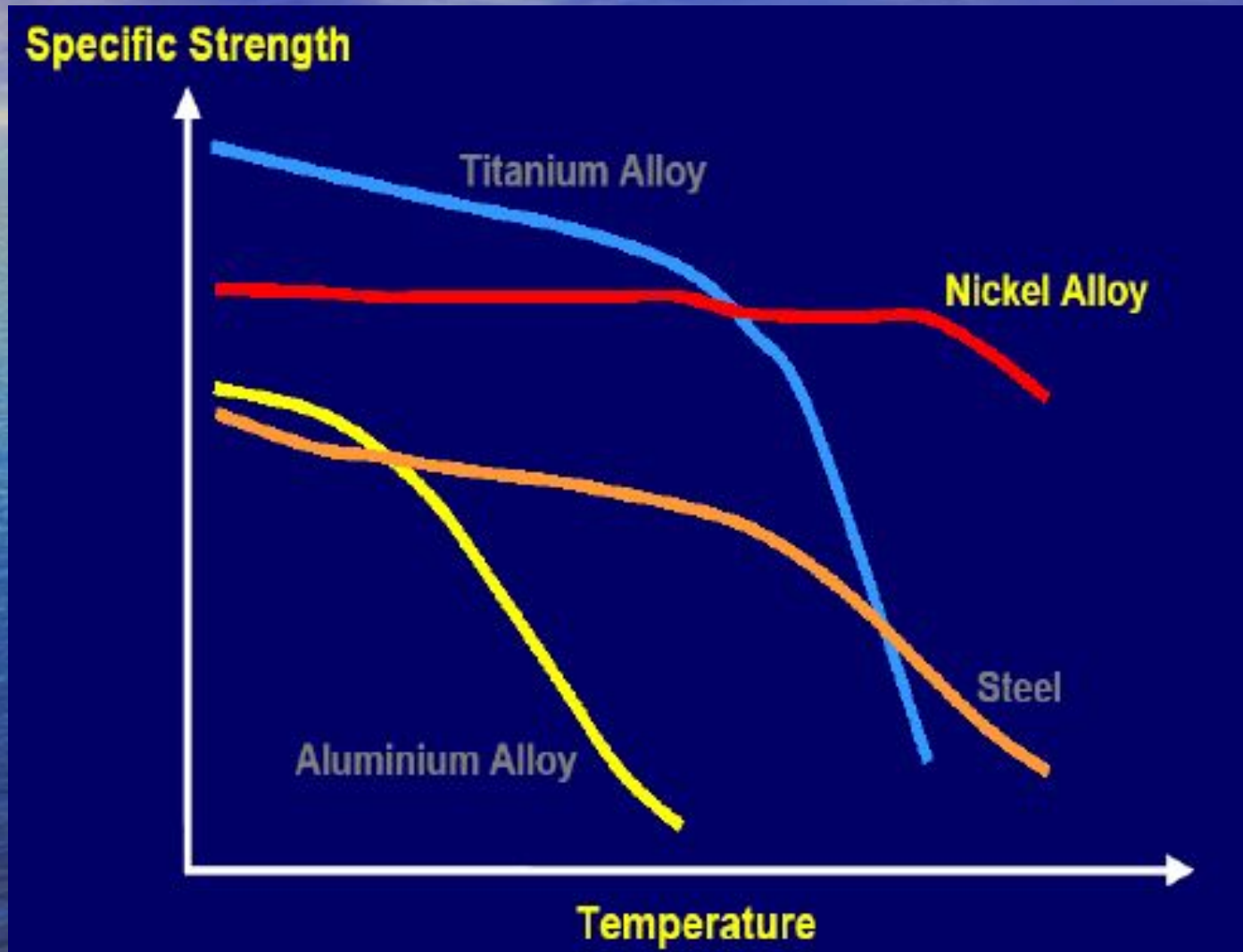
APLICAÇÕES

- Usado na indústria química e alimentar
- Revestimento de chapa de aço
- Aplicações requerendo elevada resistência à fluência e corrosão a altas temperaturas

TRATAMENTOS

- Elevadas propriedades mecânicas são conseguidas por solução sólida, endurecimento por dispersão de carbonetos e/ou por envelhecimento

LIGAS E SUPERLIGAS DE NÍQUEL



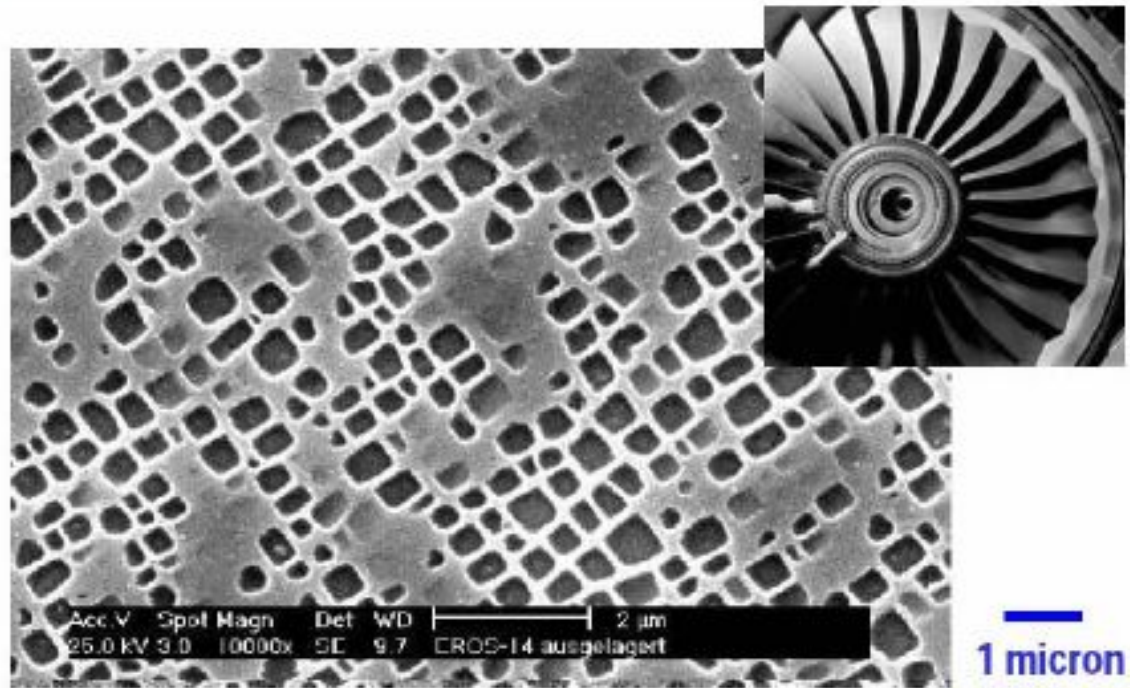
LIGAS E SUPERLIGAS DE NÍQUEL

Nome	UNS	Composição	Condição	Propriedades mecânicas			Aplicações/Características
				Rot. (MPa)	Ced. (MPa)	Ext. Rot (%)	
Ni puro	N02200	99.9Ni	Recozido	350 665	112 560	45 4	Revestimentos ou componentes para resistência a corrosão
Monel 400	N04400	31.5Cu	Recozido	546	273	37	Válvulas, bombas e permutadores de calor
Monel K500	N05500	29.5Cu, 2.7Al, 1.0Fe, 0.6Ti	Envelhecido	1050	770	30	Veios, molas e pás de turbina
Inconel 600	N06600	15.5Cr, 8Fe	Carbonetos dispersos	560	203	49	Equipamentos para tratamento térmico
Inconel 625	N06625	21.5Cr, 2.5Fe, 9Mo, 3.6Nb	Deformado a frio	896	483	50	
Inconel X750	N07750	15.5Cr, 7Fe, 2.5Ti	Envelhecido	1241	827	25	
Hastelloy B-2	N10665	28Mo	Carbonetos dispersos	950	520	55	Componentes estruturais resistentes à corrosão e processamento químico
Hastelloy C276	N10276	16Cr, 16Mo, 6Fe, 4W		792	531	60	
Incoloy 800	N08800	46Fe, 21Cr	Carbonetos dispersos	623	287	37	Permutadores de calor
Incoloy 825	N08825	21.5Cr, 30Fe, 3Mo, 2.2Cu		690	310	45	

LIGAS E SUPERLIGAS DE NÍQUEL

Aplicação

- Aplicações requerendo elevada resistência à fluência e corrosão a altas temperaturas (ex. Pás de turbinas)



1 micron
0.001 mm

LIGAS DE BAIXO PONTO DE FUSÃO

ZINCO

ESTANHO

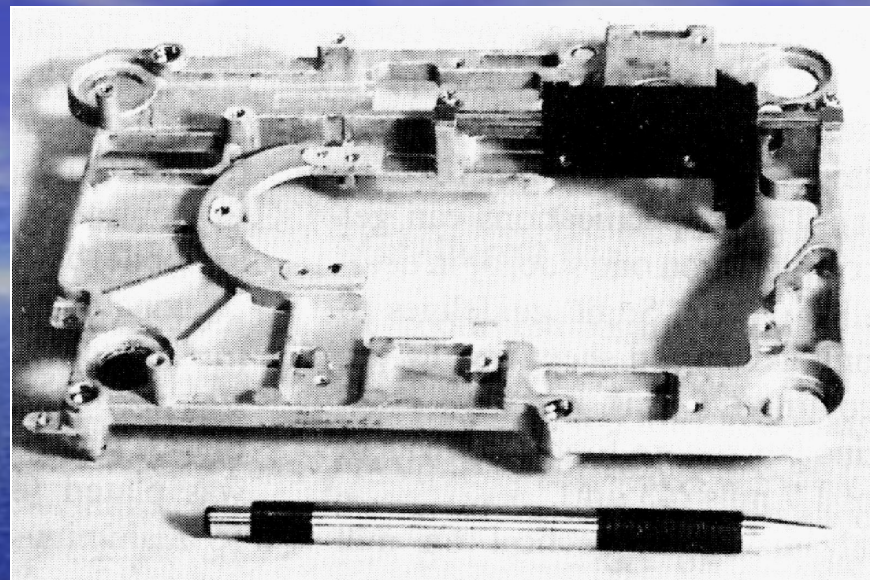
CHUMBO

GENERALIDADES

- Definidos como os materiais com temperatura de fusão abaixo de 800°C
- Não são sensíveis ao trabalho a frio, não apresentando, por isso, encruamento por deformação plástica
- Apresentam fluência à temperatura ambiente, não sendo por isso usados em aplicações estruturais
- São particularmente indicados para a obtenção de peças fundidas devido à sua elevada fluidez e ao seu baixo ponto de fusão

ZINCO - Zn

- Forma ligas com Al, Cu e Pb
- Muito usado em fundição de peças pelo baixo ponto de fusão e elevada fluidez
- A produção divide-se em:
 - **Revestimentos – 40%**
 - Fundição peças – 26% (carbu. Autom.)
 - Elemento de liga em latões – 18%
 - Zinco laminado – 12%
 - Outros – 4% (tintas anti-corrosivas, ânodos consumíveis, etc)



ESTANHO - Sn

- Sn “puro” só é usado em revestimentos
- Sensível ao trabalho a frio mas amacia com o tempo
- Forma ligas com Sb e Cu
- **40% da produção vai para revestimentos anti-corrosivos de aço e cobre**
- Usado em brazagem

CHUMBO - Pb

- Um dos metais mais pesados
- Fundição de símbolos tipográficos
- Proteção contra raios g e raios x
- Isolamento de som e vibrações
- Baterias de acumuladores

LIGAS DE METAIS REFRACTÁRIOS

GENERALIDADES

- Definidos como os materiais com temperatura de fusão acima de 1800°C
 - **Tungsténio - W**
 - **Molibdénio - Mo**
 - **Tântalo - Ta**
 - **Nióbio - Nb**
 - Zircónio, Crómio e Vanádio (não usados como refractários)
 - Háfnio e Rénio (muito raros)
- Todos possuem elevadas densidades
- Exibem fraca resistência à corrosão a temperaturas elevadas
- Têm fraca ductilidade à temperatura ambiente