

ALUMÍNIO E SUAS LIGAS

- PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS

- → Ponto de Fusão: 660 °C
- → Sistema cristalino: CFC
- → Densidade
 - Al= 2,7 g/cm³
 - Cu= 8.9 g/cm³
 - Aço= 7.9 g/cm³

PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS

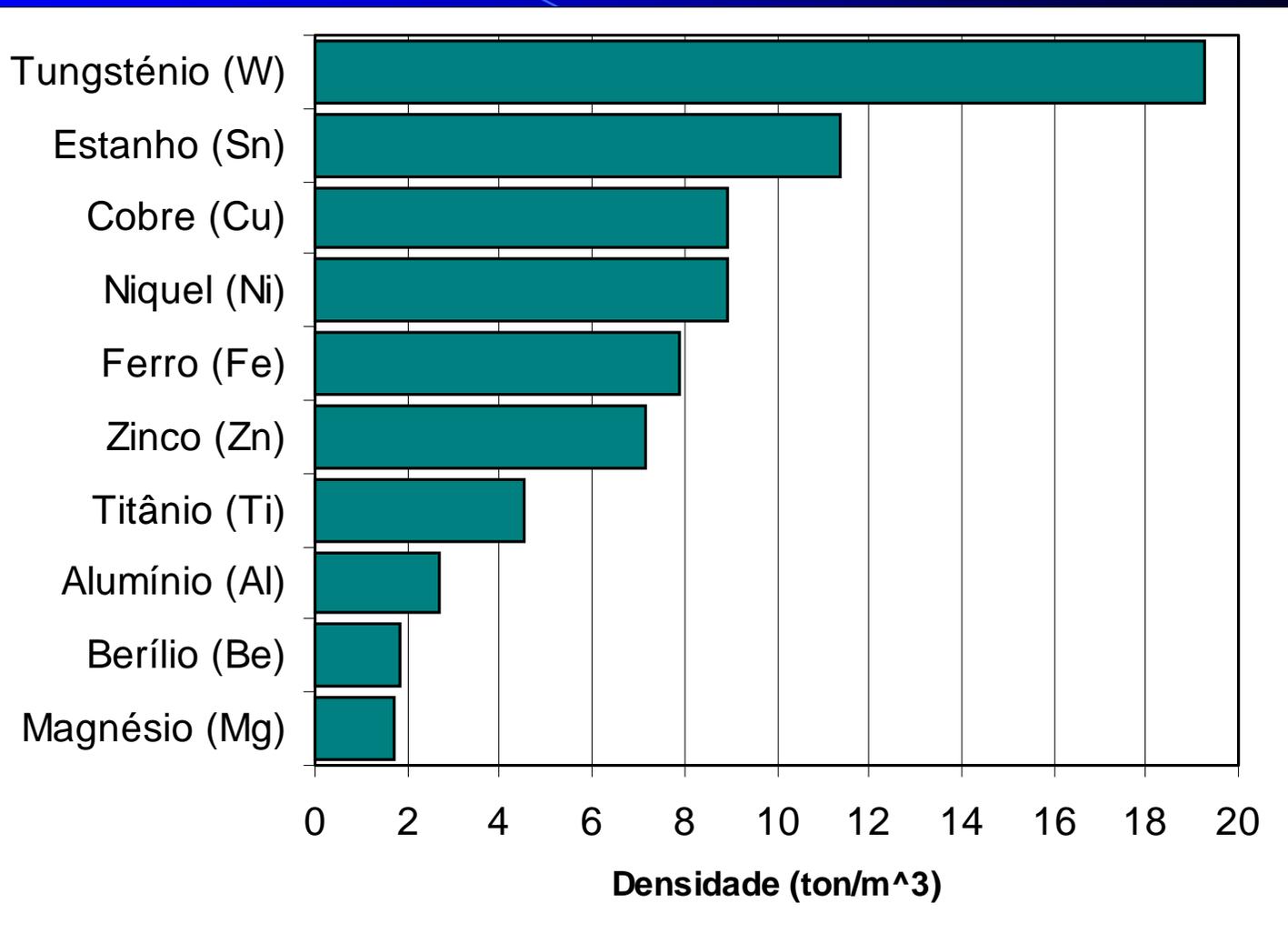
A GRANDE VANTAGEM DO ALUMÍNIO É O BAIXO PESO ESPECÍFICO

→ RESISTÊNCIA MECÂNICA

O Al puro (99,99%) tem baixa resistência mecânica

Resistência à tração:

- Al puro= 6 kg/mm²
- Al comercial= 9-14 kg/mm²
- *ELEMENTOS DE LIGA, TRABALHO A FRIO E TRATAMENTO TÉRMICO, AUMENTAM A RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (60 kg/mm²)*



PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS

● → DUCTILIDADE

Tem alta Ductilidade = HB: 17-20

● → MÓDULO DE ELASTICIDADE

Possui módulo de elasticidade baixo

$$\text{Al} = 7000 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\text{Cu} = 11.500 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\text{Aço} = 21.000 \text{ Kg/mm}^2$$

● → CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

- A condutividade elétrica do Al é 61-65% da do Cu
- A condutividade elétrica é afetada pela presença de impurezas

PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS

→ **condutividade térmica**

Tem elevada condutividade térmica

→ **calor latente de fusão**

Tem elevado calor latente de fusão

Em geral as ligas de Al têm baixo limite de elasticidade, baixa resistência à fadiga e sua resistência baixa muito acima de 150°C

ALUMÍNIO E SUAS LIGAS

PRINCIPAIS IMPUREZAS

- **Ferro** → reduz a trabalhabilidade
(AlFe_3)
- **Silício** → aumenta a resistência à tração
- **Cobre** → aumenta a resistência à tração

ALUMÍNIO E SUAS LIGAS

PRINCIPAIS ELEMENTOS DE LIGA

- Cu, Mg, Si, Zn, Ni, Ti, Cr, Co, Pb, Sn e outros

ALUMÍNIO E SUAS LIGAS

- PRINCIPAIS APLICAÇÕES-

- **Elevada Plasticidade** → laminados de pouca espessura (resguardos de bombons, etc...)
- **Elevada condutividade elétrica** (65% do Cu) → emprego no setor elétrico (cabos, fios, etc...). A vantagem do Al é a leveza.
- **Elevada resistência à corrosão** → artigos domésticos, embalagens, etc...
- **Baixa densidade** → material para construção mecânica (carros, aeronaves, etc...).

ALUMÍNIO E SUAS LIGAS

- PRINCIPAIS APLICAÇÕES-

- **VEJA DOCUMENTOS QUE ILUSTRAM AS DIVERSAS APLICAÇÕES DO ALUMÍNIO E SUAS LIGAS**



ALUMÍNIO E SUAS LIGAS

CLASSIFICAÇÃO DAS LIGAS DE ALUMÍNIO

- LIGAS TRABALHADAS OU PARA TRATAMENTO MECÂNICO
- LIGAS PARA FUNDIÇÃO

LIGAS TRABALHADAS OU PARA TRATAMENTO MECÂNICO

- Passam por processos de laminação, extrusão, forjamento, estiramento.

LIGAS TRABALHADAS OU PARA TRATAMENTO MECÂNICO

Sub-divisão:

- **A- LIGAS TRABALHADAS TRATÁVEIS TERMICAMENTE**

Ótimas propriedades mecânicas são obtidas por tratamento térmico

- **B- LIGAS TRABALHADAS NÃO-TRATÁVEIS OU LIGAS ENCRUÁVEIS**

- Não respondem ao tratamento térmico.
- As propriedades mecânicas são determinadas pelo grau de trabalho a frio e encruamento.

LIGAS DE ALUMÍNIO

Ligas de trabalho mecânico

Ligas de fundição

Endurecíveis por
tratamento térmico

Não endurecíveis
por trat. térmico

Al-Cu
Al-Cu-Si
Al-Mg-Si
Al-Zn-Cu
Al-Li

Al-Mg
Al-Mn
Al-Si

SOBRE OS ELEMENTOS DE LIGA

- A % de elementos de liga raramente ultrapassa 15%
- Independentemente dos elementos de liga, os diagramas de fases são muito idênticos????
- Aumento de resist. por solução sólida – adicionar Mg, Fe, Mn
- Aumento de usinabilidade – Cu
- Aumento de resist. corrosão – Si
- Aumento fluidez de fundição – Mn, Si

NOMENCLATURA E SIMBOLOGIA DAS LIGAS DE ALUMÍNIO

- Não há um padrão reconhecido internacionalmente.
- Geralmente o simbolismo para ligas trabalhadas é distinto daqueles de fundição
- **NORMAS: Alcan, ASTM, DIN, ABNT, AA**

NOMENCLATURA ALLUMINUM ASSOCIATION (AA) e ASTM PARA LIGAS TRABALHADAS

■ **XXXX**

X1 → elemento majoritário da liga

X2 → zero se é liga normal

1, 2 e 3 indica uma variante específica da liga normal (como teor mínimo e máximo de um determinado elemento)

X3 e X4 → são para diferenciar as várias ligas do grupo. São arbitrários

NOMENCLATURA ALLUMINUM ASSOCIATION (AA) e ASTM PARA LIGAS TRABALHADAS

Alumínio >99% de pureza	→ 1XXX
Cobre	→ 2XXX
Manganês	→ 3XXX
Silício	→ 4XXX
Magnésio	→ 5XXX
Magnésio e Silício	→ 6XXX
Zinco	→ 7XXX
Outros elementos	→ 8XXX

NOMENCLATURA ALLUMINUM ASSOCIATION (AA) e ASTM PARA LIGAS TRABALHADAS

Alumínio não ligado → 1000

- O segundo algarismo indica modificações nos limites de impurezas
- Os dois últimos algarismos representam os centésimos do teor de alumínio
- Ex: 1065 → **Al com 65% de pureza**

NOMENCLATURA ALLUMINUM ASSOCIATION (AA) e ASTM PARA LIGAS DE FUNDIÇÃO

■ **XXX.X**

X1 → elemento majoritário da liga

X2 e X3 → teor mínimo de alumínio

X4 → zero indica composição das peças fundidas
1 e 2 indica composição dos lingotes

AS LIGAS DE FUNDIÇÃO TAMBÉM PODEM SE SUB-DIVIDIR EM LIGAS TRAT. TERMICAMENTE E NÃO TRAT'VEIS TERMICAMENTE

NOMENCLATURA ALLUMINUM ASSOCIATION (AA) e ASTM PARA LIGAS DE FUNDIÇÃO

Alumínio >99% de pureza → 1XX.X

Cobre → 2XX.X

Silício c/ adição de Cu e/ou Mg → 3XX.X

Silício → 4XX.X

Magnésio → 5XX.X

Zinco → 7XX.X

Estanho → 8XX.X

NOMENCLATURA ABNT PARA LIGAS DE ALUMÍNIO

■ **XXXXX**

X1 → elemento majoritário da liga

X2 → % média do elemento de liga

X3 → refere-se ao segundo elemento de liga
(1: Fe; 2: Cu; 3: Mn; 4: Si, 5: Ni; 6: Ti; 7: B;
8: Cr, 9: outro)

X4 → refere-se ao teor do elemento de liga

X5 → é usado para designar variantes

TRATAMENTOS TÉRMICOS

- Alívio de tensões
- Recozimento para recristalização e homogeneização
- Solubilização
- Precipitação ou envelhecimento



TRATAMENTOS TÉRMICOS

Alívio de tensões

- $T = 130-150^{\circ}\text{C}$
- Tempo depende da espessura da peça

TRATAMENTOS TÉRMICOS

recozimento para recristalização e homogeneização

- $T = 300-400^{\circ}\text{C}$
- recristalização: para ligas laminadas, extrudadas
- homogeneização: peças fundidas (para difundir os microconstituintes)

TRATAMENTOS TÉRMICOS

solubilização

- Dissolve as fases microscópicas.
- Temperatura= depende da liga

Veja a tabela dada em aula para conhecer as ligas de Al tratáveis termicamente

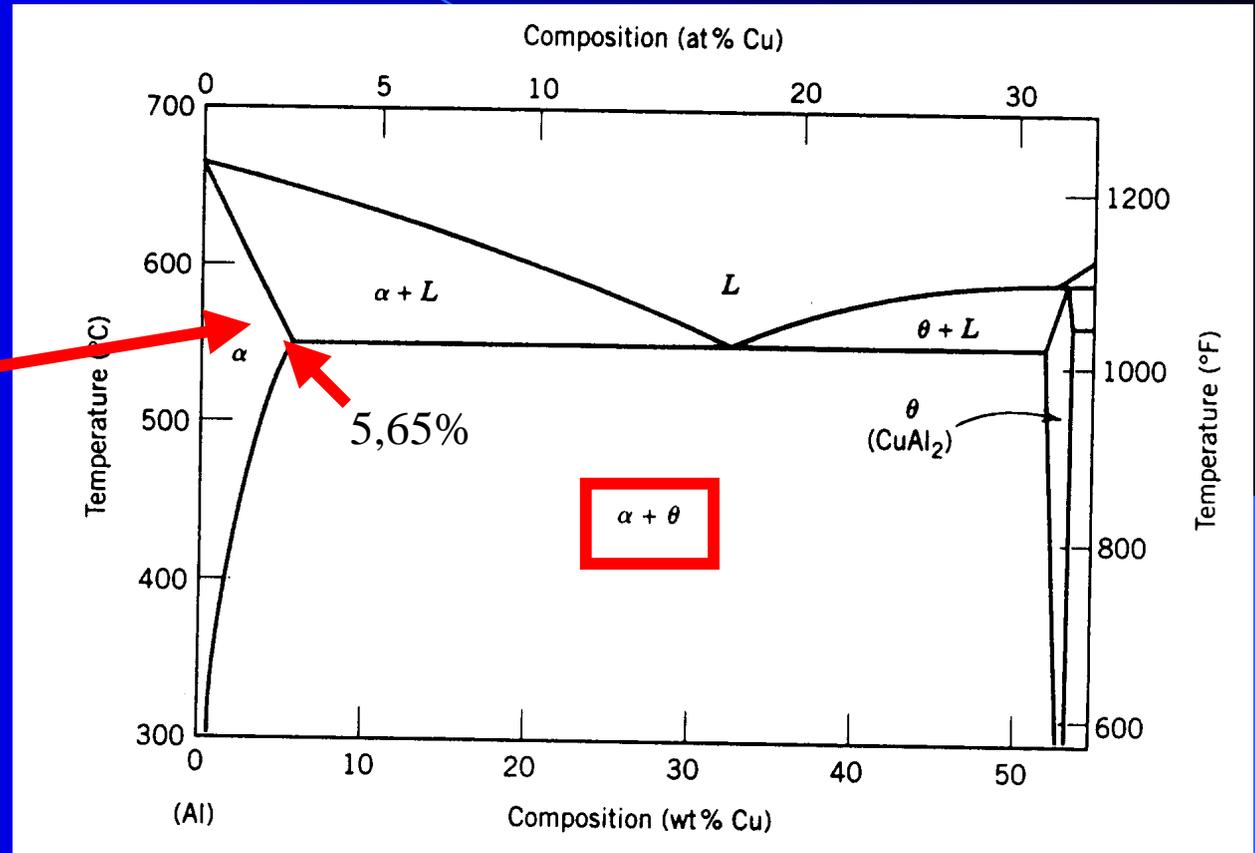
TRATAMENTOS TÉRMICOS

precipitação ou envelhecimento

- Consiste na precipitação de outra fase, na forma de partículas extremamente pequenas e uniformemente distribuídas.
- Esta nova fase enrijece a liga.
- Após o envelhecimento o material terá adquirido máxima dureza e resistência.
- O envelhecimento pode ser natural ou artificial.

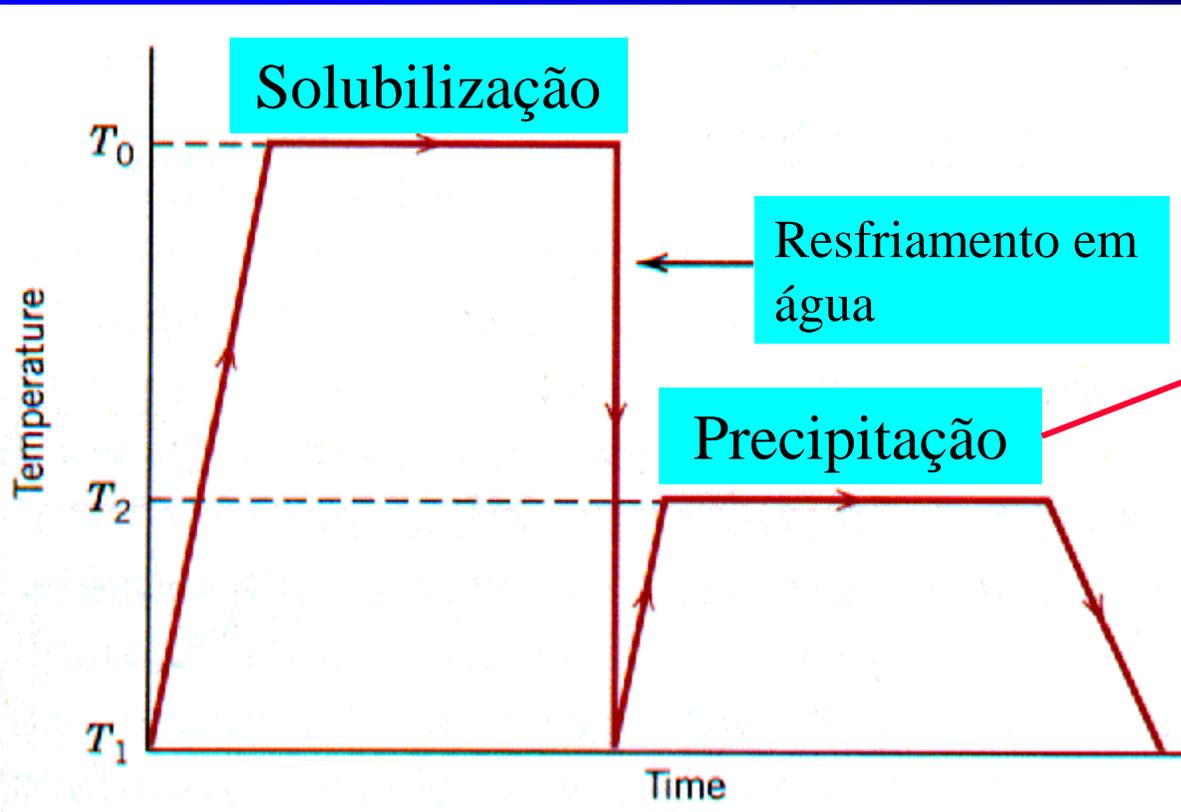
Sistema Al-Cu

Solubilização



A fase endurecedora das ligas Al-Cu é CuAl_2 (θ)

Tratamento térmico de solubilização seguido de envelhecimento



Chamado de envelhecimento que pode ser natural ou artificial

A ppt se dá a T ambiente

A ppt se dá acima da T ambiente por reaquecimento

Ligas binárias Al-Cu

Envelhecidas
Naturalmente

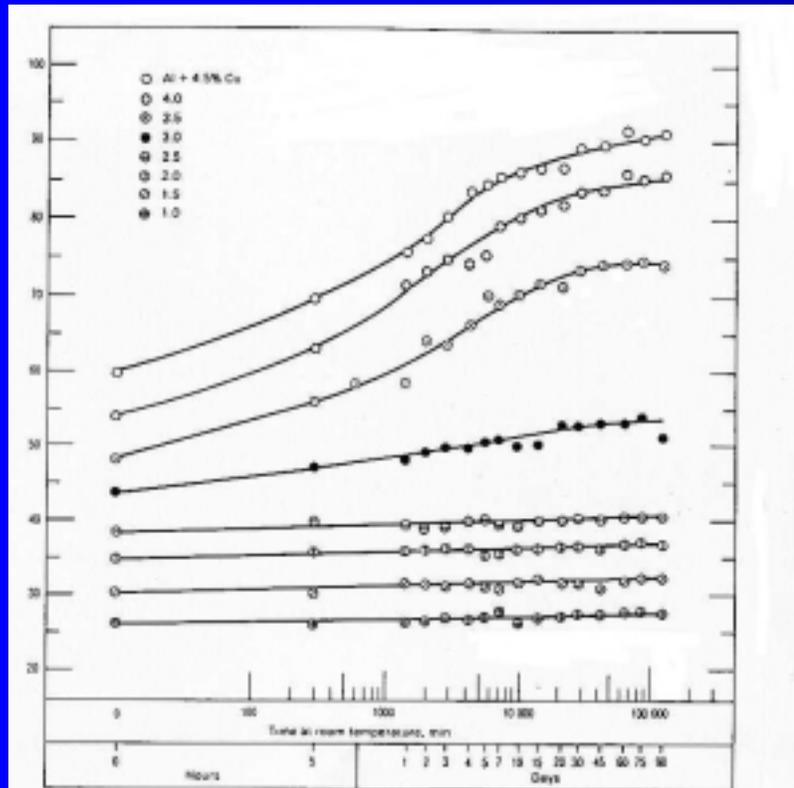


Fig. 4. Natural aging curves for binary Al-Cu alloys quenched in water at 100 °C (212 °F)

Envelhecidas Artificialmente

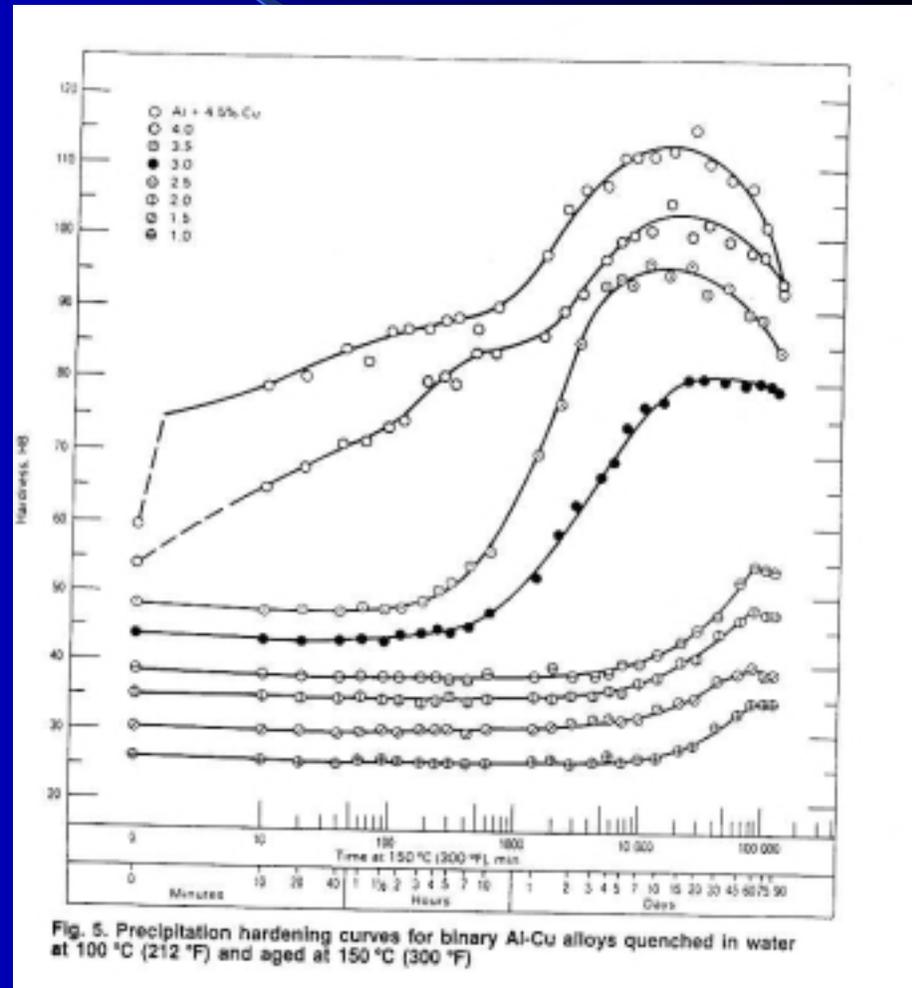


Fig. 5. Precipitation hardening curves for binary Al-Cu alloys quenched in water at 100 °C (212 °F) and aged at 150 °C (300 °F)

NOMENCLATURA E SIMBOLOGIA DAS TRANSFORMAÇÕES ESTRUTURAIS

TÊMPERA OU ESTADO

- Condição ou estado produzido por tratamento mecânico ou térmico.
- Produz propriedades mecânicas e estrutura características.

NOMENCLATURA E SIMBOLOGIA DAS TRANSFORMAÇÕES ESTRUTURAIS - **LIGAS TRABALHADAS**-

- **“F”** COMO FABRICADO, NÃO SOFREU TRATAMENTO NENHUM
- **“O”** SOFREU RECOZIMENTO PARA RECRISTALIZAÇÃO PARA ELIMINAR O ENCRUAMENTO
- **“H”** LIGAS QUE SOFRERAM TRATAMENTO MECÂNICO PARA ENCRUAMENTO
- **“T”** LIGAS QUE SOFRERAM TRATAMENTO TÉRMICO
- **“W”** SOLUBILIZADA E ESTOCADA

NOMENCLATURA E SIMBOLOGIA DAS TRANSFORMAÇÕES ESTRUTURAIS - **LIGAS TRABALHADAS**-

- **“H”** LIGAS QUE SOFRERAM TRATAMENTO MECÂNICO PARA ENCRUAMENTO

HXX

- X1= 1, 2, 3 → refere-se as operações sofridas
- X2= 2,4,6,8 → dá o grau de encruamento

NOMENCLATURA E SIMBOLOGIA DAS TRANSFORMAÇÕES ESTRUTURAIS - **LIGAS TRABALHÁVEIS**-

- 2 → 1/4 duro
- 4 → 1/2 duro
- 6 → 3/4 duro
- 8 → duro

- **“H12”** 1/4 duro (somente encruamento)
- **“H14”** 1/2 duro (somente encruamento)
- **“H16”** 3/4 duro (somente encruamento)
- **“H18”** duro (somente encruamento)
- **“H19”** extra-duro (somente encruamento)
- **“H22, H24”** encruado e depois recozido parcialmente
- **“H32, H34”** encruado e então estabilizado

SIMBOLOGIA PARA LIGAS TRATÁVEIS TERMICAMENTE

- **T1** → Esfriada de uma temperatura elevada de um processo de conformação mecânica e envelhecida naturalmente.
- **T2** → Recozida (ligas de fundição)
- **T3** → Tratada termicamente para solubilização e então trabalhada a frio.
- **T4** → Tratada termicamente para solubilização e então envelhecida a temperatura ambiente.
- **T5** → Envelhecida artificialmente (sem TT). Apenas esfriado do estado de fabricação.

SIMBOLOGIA PARA LIGAS TRATÁVEIS TERMICAMENTE

- **T6** → Tratado por solubilização e então envelhecido artificialmente
- **T7** → Tratado por solubilização e então estabilizado.
- **T8** → Tratado por solubilização, trabalhado a frio e envelhecido artificialmente
- **T9** → Tratado por solubilização envelhecido artificialmente e encruado por trabalhado a frio.
- **T10** → Envelhecido artificialmente (sem tratamento prévio) e trabalhado a frio.

LIGAS TRABALHÁVEIS

- GRUPO DO ALUMÍNIO PURO (1XXX)-

- Fácil de conformar
- Dúctil
- Resistência Mecânica relativamente baixa
- Boa condutividade elétrica
- Bom acabamento
- Fácil de soldar

LIGAS TRABALHÁVEIS

- GRUPO ALUMÍNIO - MANGANÊS (3XXX)-

- Apresenta melhores propriedades mecânicas que o Al puro
- A ductilidade é ligeiramente diminuída pelo Mn
- Boa resistência à corrosão
- É tratável termicamente

LIGAS TRABALHÁVEIS

- GRUPO ALUMÍNIO - SILÍCIO (4XXX)-

- Apresenta baixo ponto de fusão
- Boa fluidez
- Tonalidade cinza agradável quando anodizada
- aplicações arquitetônicas

LIGAS TRABALHÁVEIS

- GRUPO ALUMÍNIO - MAGNÉSIO (5XXX)-

Apresenta a mais favorável combinação de:

- resistência mecânica
- resistência `a corrosão
- ductilidade

É tratável termicamente

LIGAS TRABALHÁVEIS

- Gráfico de resistência `a tração x alongamento

LIGAS TRATÁVEIS TERMICAMENTE

- GRUPO ALUMÍNIO - COBRE (2XXX)-

- Com quantidades de Mg, Mn ou Si
- Apresentam alta resistência mecânica
- Apresentam resistência à corrosão limitada
- Conformabilidade limitada, exceto no estado recozido
- Soldagem por resistência

LIGAS TRATÁVEIS TERMICAMENTE

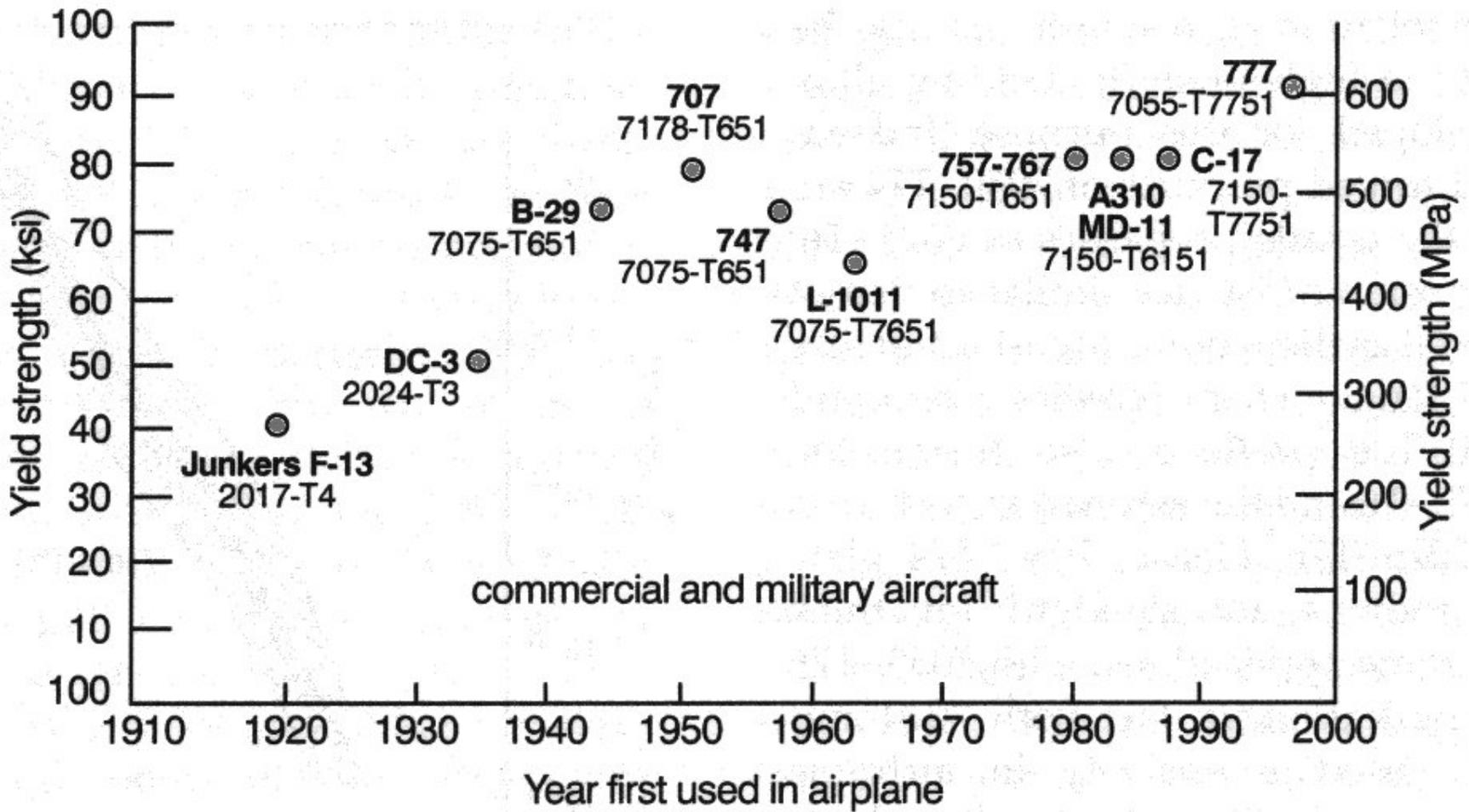
- DURALUMÍNIOALUMÍNIO (2017)-

- Com 4% de Cu, 0,5% de Mg e 0,7% de Mn
- Aplicações na indústria aeronáutica
- Resistência à tração no estado recozido= 18
kgf/mm²
- Resistência à tração depois de envelhecida= 43
kgf/mm²
- Alongamento= 28 kgf/mm²

LIGAS TRATÁVEIS TERMICAMENTE

- DURALUMÍNIO (2024)- 4,4% Cu e 1,5% Mg

- Aplicações na indústria aeronáutica (substituiu a 2017)
- Resistência à tração no estado recozido= 19 kgf/mm²
- Resistência à tração depois de envelhecida= 49 kgf/mm²
- Alongamento= 35 kgf/mm²



ALCLADS

- Foi desenvolvida para melhorar a resistência à corrosão dos duralumínios
- São chapas de duraalumínio revestidas em ambas as faces com alumínio puro
- Promovem uma diminuição de cerca de 10% da resistência à tração
- O revestimento compreende cerca de 10% da seção transversal

LIGAS TRATÁVEIS TERMICAMENTE

- GRUPO ALUMÍNIO - SILÍCIO- MAGNÉSIO (6XXX)-

- Fáceis aos processos de fabricação
- Boa combinação de resistência mecânica e a corrosão
- Fácil de estampar
- Bom acabamento
- Aplicações também na aeronáutica, entre outras

LIGAS TRATÁVEIS TERMICAMENTE

- GRUPO ALUMÍNIO - ZINCO- MAGNÉSIO (7XXX)-

- Com ou sem Cu
- São as mais tenazes de todas as ligas de Al
- Relação resistência /peso superior a de muitos aços de alta resistência
- São difíceis aos processos de fabricação

LIGAS DE Al-Li

- Atrativo para indústria aeroespacial

Propriedades comparadas às ligas de Al usuais, porém com:

- 6-10% da densidade
- 15-20% mais rígido
- Boa resistência à fadiga e à propagação de trincas

Tem menor resit. à corrosão, menor ductilidade e menor tenacidade

LIGAS DE FUNDIÇÃO

- Ligas binárias
- Ligas ternárias ou com mais elementos

LIGAS DE FUNDIÇÃO PROCESSOS DE FABRICAÇÃO

- Fundição em areia
- Fundição sob pressão
- Fundição em molde permanente

LIGAS DE FUNDIÇÃO

- GRUPO ALUMÍNIO - COBRE (2XX.X)-

- O Cu é o principal constituinte endurecedor
- Aumenta a resistência à tração
- Até 5,65% de Cu é tratável termicamente
- O Cu diminui a contração
- O Cu melhora a usinabilidade
- Essas ligas tem baixa resit. à corrosão
- A introdução de Si melhora a fundibilidade

LIGAS DE FUNDIÇÃO

- GRUPO ALUMÍNIO - SILÍCIO (3XX.X e 4XXX.X)-

- São largamente utilizadas
- O Si aumenta a fluidez, reduz a contração e melhora a soldabilidade
- - A altos teores o Si dificultam a usinagem

- **As ligas:**

- Apresentam excelente resistência à corrosão
- Apresentam boa resistência à tração
- Apresentam excelente ductilidade

LIGAS DE FUNDIÇÃO

- GRUPO ALUMÍNIO - MAGNÉSIO (5XX.X)-

- Boas propriedades mecânicas
- Apresentam a maior resistência à tração de todas as ligas fundidas
- Usinabilidade
- Boa resistência à corrosão
- São as mais leves
- A soldabilidade não é boa
- Tem alta tendência a se oxidar durante a fusão

LIGAS DE FUNDIÇÃO

- GRUPO ALUMÍNIO - ESTANHO (8XX.X)-

- Usada na fabricação de buchas e mancais
- Apresenta grande resistência à fadiga e à corrosão

LIGAS DE FUNDIÇÃO

- OUTROS ELEMENTOS DE LIGA

TITÂNIO (0,05-0,2%)

- Atua como refinador de grão
- Aumenta a resistência à tração e a ductilidade
- Diminui a condutividade térmica

LIGAS DE FUNDIÇÃO

- OUTROS ELEMENTOS DE LIGA

BORO (ATÉ 0,1%)

- Torna mais duradouro o efeito do titânio em refusões
- Atua como refinador de grão
- Aumenta a resistência à tração e a ductilidade
- Diminui a condutividade térmica

LIGAS DE FUNDIÇÃO

- OUTROS ELEMENTOS DE LIGA

FERRO (0,15-1,2%)

- Reduz a contração
- Atua como refinador de grão (exceto nas ligas de Silício)
- Diminui a adesão à matriz em fundição sob pressão

LIGAS DE FUNDIÇÃO

- OUTROS ELEMENTOS DE LIGA

MANGANÊS

- **Reduz a contração**
- **Atua como refinador de grão**
- **Nas ligas de Al-Cu e Al-Si melhora a resistência à tração à altas temperaturas**
- **Na presença de ferro pode ter efeito contrário**

LIGAS DE FUNDIÇÃO

- OUTROS ELEMENTOS DE LIGA

CROMO

- Atua como refinador de grão
- Usado junto com Titânio
- Melhora a resistência em temperaturas elevadas
- Nas ligas de Al-Zn-Mg reduz a corrosão sob tensão

LIGAS DE FUNDIÇÃO

- OUTROS ELEMENTOS DE LIGA

NÍQUEL (0,5-3%)

- Melhora a estabilidade dimensional
- Melhora a resistência em temperaturas elevadas
- 5% de Ni produz alta contração

LIGAS DE FUNDIÇÃO

- OUTROS ELEMENTOS DE LIGA

ZINCO (0,5-3%)

- Em combinação com o Mg produz alta resistência ao impacto, alta resistência à tração e excelente ductilidade
- Pequenos teores de Zn nas ligas Al-Cu melhora a usinabilidade
- A altos teores produz alta contração e fragilidade a quente

AA	Resist. corrosão	Maquin.	Soldabil.	UNS	Composição	Condição	Propriedades mecânicas			Aplicações/Características
							Rot. (MPa)	Ced.(MPa)	Ext.Rot(%)	
LIGAS DE TRABALHO MECÂNICO - NÃO TRATÁVEIS										
1100	A	C-D	A	A91100	0.12Cu	Recozido(O)	90	35	35-45	Alimentos, produtos químicos, permutadores de calor, reflectores de luz
3003	A	C-D	A	A93003	0.12Cu, 1.2Mn,0.1Zn	Recozido(O)	110	40	30-40	Utensílios culinários, reservatórios de pressão e tubagens, latas de bebidas
5052	A	C-D	A	A95052	2.5Mg, 0.25Cr	Def. Frio (H32)	230	195	12-18	Tubagens de óleo e combustível em aeronaves, tanques de combustível, rebites, arame
LIGAS DE TRABALHO MECÂNICO - TRATÁVEIS TERMICAMENTE										
2024	C	B-C	B-C	A92024	4,4Cu, 1.5Mg, 0.6Mn	Tratado termic. (T4)	470	325	20	Estruturas aeronauticas, rebites, jantes de camião, parafusos
6061	B	C-D	A	A96061	1.0Mg, 0.6Si, 0.3Cu	Tratado termic. (T4)	240	145	22-25	Camiões, canoas, automóveis, mobiliário, tubagens
7075	C	B-D	D	A97075	5.6Zn,2.5Mg, 1.6Cu,0.23Cr	Tratado termic. (T6)	570	505	11	Estruturas aeronauticas e outras de elevado carregamento
LIGAS DE FUNDIÇÃO - TRATÁVEIS TERMICAMENTE										
295.0				A02950	4.5Cu, 1.1Si	Tratado termic. (T4)	221	110	8,5	Volantes, jantes de camiões e aviões, carters
356.0				A03560	7.0Si, 0.3Mg	Tratado termic. (T6)	228	164	3,5	Caixas de transmissão, blocos de motor
LIGAS DE LÍTIO										
2090				---	2.7Cu,0.25Mg 2.25Li,0.12Zr	Trat. termic. e def. frio (T83)	455	455	5	Estruturas aeronauticas e de tanques criogénicos
8090				---	1.3Cu,0.95Mg 2.0Li,0.1Zr	Trat. termic. e def. frio (T651)	465	360	---	Estruturas aeronauticas e outras de elevado carregamento

PROPRIEDADES QUÍMICAS DO Al

- CORROSÃO-

- O Al sofre pouca corrosão quando exposto ao ar, devido ao óxido (Al_2O_3) que se forma espontaneamente na superfície.
- A adição de elementos de liga geralmente retarda a formação do óxido, não melhorando a resistência à corrosão.



PROPRIEDADES DA ALUMINA (Al_2O_3)

- é estável
- transparente
- inerte
- protege o Al dos meios agressivos

→ A proteção do Al pode ser melhorada por anodização.

PRODUTOS DA CORROSÃO

- São incolores e não-tóxicos
- Aliados à alta resistência à corrosão torna-se largamente usado na indústria química e alimentícia (embalagens)
- Geralmente, o Al puro tem maior resistência à corrosão que suas ligas

SOLVENTES DO ÓXIDO E DO METAL

- **Compostos Mercuriais**
- **Ácidos fortes - HCl, HF (menos HAC, HNO₃, H₂SO₄)**
- **Soluções aquosas que contém Hg e Cu**
- **NaOH**

PRINCIPAIS AGENTES AGRESSIVOS

COMPORTAMENTO DO ALUMÍNIO E SUAS LIGAS COM OUTROS METAIS

- CORROSÃO GALVÂNICA-

- O QUE ACONTECE QUANDO COLOCADOS 2 METAIS JUNTOS NUM EQUIPAMENTO QUÍMICO OU AMBIENTE AGRESSIVO QUE CONSTITUA UM ELETRÓLITO (EX: ÁGUA SALGADA)?

COMPORTAMENTO DO ALUMÍNIO E SUAS LIGAS COM OUTROS METAIS

- CORROSÃO GALVÂNICA-

- Tem-se que analisar a série galvânica
- Quanto mais separados na série, maior a ação eletroquímica quando estiverem juntos.

SERIE GALVÂNICA

Série Galvânica de Ligas Comuns*

Anódica	
↑	
	Magnésio
	Ligas de magnésio
	Zinco
	Alumínio, 2S
	Cádmio
	Liga de alumínio 17S-T
	Aço carbono
	Aço ao cobre
	Ferro fundido
	Aço com 4 a 6% Cr
	Aço com 12 a 14% Cr
	Aço com 16 a 18% Cr
	Aço com 23 a 30% Cr
	Aço níquel
	Aço 7% Ni, 17% Cr
	Aço 8% Ni, 18% Cr
	Aço 14% Ni, 23% Cr
	Aço 20% Ni, 25% Cr
	Aço 12% Ni, 18% Cr, 3% Mo
	Liga para solda estanho-chumbo
	Chumbo
	Estanho
	Níquel
	60% Ni, 15% Cr
	Inconel
	80% Ni, 20% Cr
	Latões
	Cobre
	Bronzes
	Níquel-prata
	Cobre-níquel
	Metal monel
	Níquel
	60% Ni, 15% Cr
	Inconel
	80% Ni, 20% Cr
	Aço 12 a 14% Cr
	Aço 16 a 18% Cr
	Aço 7% Ni, 17% Cr
	Aço 8% Ni, 18% Cr
	Aço 14% Ni, 23% Cr
	Aço 23 a 30% Cr
	Aço 20% Ni, 25% Cr
	Aço 12% Ni, 18% Cr, 3% Mo
	Prata
↓	
Catódica	Grafita

} Ativa

} Ativa

} Ativa

} Passiva

} Passiva

PREVENÇÃO DA CORROSÃO GALVÂNICA

- **evitar contato metal-metal** → coloca-se entre os mesmos um material não-condutor (isolante)
- **Usar Inibidores** → Usa-se principalmente quando o Al é usado em equipamentos químicos onde haja líquido agressivo.

COMPORTAMENTO DO ALUMÍNIO E SUAS LIGAS QUANTO À CORROSÃO

- Ligas de Al-Cu e Al-Cu-Zn são as de menor resistência à corrosão
- Depois vem Al-Si.
- As ligas Al-Mg tem a mais alta resistência à corrosão.

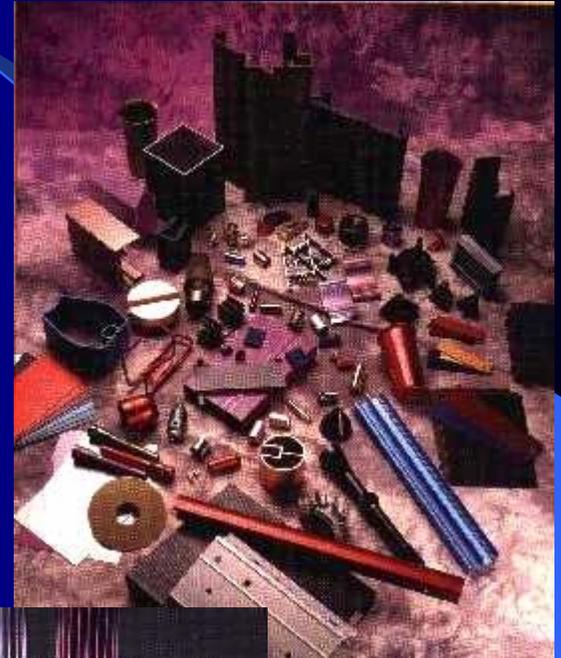


ANODIZAÇÃO

- **Consiste em reforçar a camada de oxidação por processo eletrolítico (4-100 microns)**
- **A peça de Al à tratar é o ânodo (onde ocorre a oxidação)**
- **O íon oxidante que se libera sobre a peça pode ser impregnado através de corantes.**

PRÉ-TRATAMENTO PARA ANODIZAÇÃO

- Desengraxamento
- Fosqueamento
- Neutralização



SELAGEM - ANODIZAÇÃO-

- **Fechamento dos poros da camada anódica através da hidratação do óxido de alumínio**

PRINCIPAIS BANHOS PARA ANODIZAÇÃO

- Alumilite (H_2SO_4)
- Bengough (H_2CrO_4)
- Eloxal ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

TRATAMENTO QUÍMICO POR IMERSÃO EM BANHOS QUENTES

- Uma outra maneira de reforçar a camada de óxido é por imersão da peça em banhos de sais fundidos. No entanto, a camada depositada (1-3 MÍCRONS) não é homogênea e há uma maior dificuldade de se controlar a espessura da mesma.
- *Portanto, a qualidade da camada depositada por este processo é inferior à produzida por anodização.*

PRINCIPAIS BANHOS PARA TRATAMENTO QUÍMICO

- MBV (Bauer Vogel modificado)
- EW (Erfrwerk)
- ALROK
- ALODINE