

TECNOLOGIA MECÂNICA

Prof. Eng^o Marcos A. Gasparin dos Santos

Email: m.gasparin@globo.com

Departamento de Mecânica/Mecatrônica

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula

Souza – ETEC JORGE STREET

AULA-05

TECNOLOGIA MECÂNICA

Ítems	Conteúdo – Bases Tecnológicas
1	Materiais: Classificação e Propriedades
2	Materiais Metálicos: Ferrosos e Não Ferrosos
3	Aços e Ferros Fundidos: Obtenção e Classificação
4	Aço Liga e Aços Especiais
5	Materiais Não Metálicos: Polímeros, Cerâmicos e Compósitos
6	Tratamentos Superficiais
7	Processos de Decapagem: Mecânica, Química e Eletrolítica
8	Processos Galvânicos: Pintura Líquida, Pintura em Pó, Fosfatização e Zincagem a Fogo
9	Tratamento Térmico: Normalização, Recozimento, Têmpera e Revenimento
10	Tratamento Termoquímico: Carbonitretação, Nitretação e Cementação
11	Metalografia: Macrografia e Micrografia

TECNOLOGIA MECÂNICA

Data	Cronograma de Aula 1º Semestre de 2016
11/02	Apresentação do Professor e da Disciplina e Base tecnológica, Metodologia de Ensino, trabalhos, prazos e etc.
18/02	Materiais: Classificação e propriedades
25/02	Materiais: Classificação e propriedades
03/03	Materiais: Ferrosos e Não Ferrosos
10/03	Materiais: Ferrosos e Não Ferrosos
17/03	Materiais: Ferrosos e Não Ferrosos
24/03	Materiais: Ferrosos e Não Ferrosos
31/03	Aços e Ferros Fundidos: Obtenção e Classificação
07/04	Aços e Ferros Fundidos: Obtenção e Classificação
14/04	Prova Dissertativa
28/04	Aços Liga e Aços Especiais

TECNOLOGIA MECÂNICA

Data	Cronograma de Aula 1º Semestre de 2016
05/05	Aços Ligas e Aços Especiais
12/05	Materiais Não Metálicos: Polímeros, Cerâmicos e Compósitos
19/05	Materiais Não Metálicos: Polímeros, Cerâmicos e Compósitos
02/06	Tratamentos Superficiais
09/06	Decapagem: Mecânica, Química e Eletrolítica
16/06	Prova Dissertativa
23/06	Resultados e Recuperação
27-30/06	Rematricula

TECNOLOGIA MECÂNICA

Metodologia de Aula

- Aulas serão expositivas através de projetor;
- Material será disponibilizado para os alunos através da sala virtual.
- Teremos um trabalho de fim de curso, onde a nota será a média do conteúdo do trabalho, apresentação e seção tira dúvidas.

TECNOLOGIA MECÂNICA

Bibliografia:

- 1) Fundamentos da Ciência e Engenharia de Materiais – 1ª Ed Rio de Janeiro – PLT – 2008
– Autor: Willian D. Callister Jr.;
- 2) Princípios de Ciência e Tecnologia dos Materiais - 4ª Ed Rio de Janeiro – Ed. Campus
– Elieser Van Vlack – 2003.
- 3) Apostila Centro Paula Souza – ETEC Cel. Fernando Febeliano da Costa.

TECNOLOGIA MECÂNICA

- 3) Tecnologia Mecânica – Processos de Fabricação e Tratamento – Vicente Chiaverini – Ed. MacGraw Hill – 2ª Edição.
- 4) Metalografia dos Produtos Siderúrgicos Comum – Hubertus Colpaert – Ed. Edgard Blücher Ltda – 3ª Edição.
- 5) Aços e Ferros Fundidos – Vicente Chiaverini – Ed. ABM.

TECNOLOGIA MECÂNICA

4.3.1.1) Ligas de Cobre

- O cobre é normalmente usado em sua forma pura, mas também pode ser combinado com outros metais para produzir uma enorme variedade de ligas.
- Cada elemento adicionado ao cobre permite obter ligas com diferentes características tais como: maior dureza, resistência a corrosão, resistência mecânica, usinabilidade ou até para obter uma cor especial para combinar com certas aplicações.

TECNOLOGIA MECÂNICA

- Veja o gráfico abaixo que relaciona as ligas do cobre.
- O sistema da Cooper Development Association (C.D.A.), também adotado pela ASTM divide as ligas de Cobre segundo a seguinte classificação:

TECNOLOGIA MECÂNICA

C 1XX - Cobre comercialmente puro e cobre ligado.

- Para ser considerado como cobre, e não liga de cobre, o metal deve conter 99,3% ou mais do elemento cobre, incluindo-se nesse total o teor de prata, geralmente proveniente do minério, ao qual não se adiciona nenhum outro tipo de elemento, exceto o que tenha sido adicionado para fins de desoxidação.

TECNOLOGIA MECÂNICA

- Cobre ligado é a denominação que se aplica às ligas de cobre com baixo teor de liga, ou seja, aquelas nas quais os teores de todos os elementos de liga somados não ultrapassem a 1%.
- A função desses elementos , como o cádmio e o cromo, é aumentar a resistência mecânica do cobre sem reduzir muito sua condutividade elétrica.
- Em alguns casos são necessários tratamentos térmicos para aumentar a resistência mecânica dos cobres ligados.

TECNOLOGIA MECÂNICA

C 2XX - Latão binário (cobre-zinco).

- Os latões binários são ligas cobre-zinco nas quais os demais elementos somente estão presentes em teores muito baixos, sendo considerados como impurezas.
- São ligas que apresentam razoável resistência à corrosão (em ambientes não muito agressivos) e boa conformabilidade, porém simultaneamente possuem resistência mecânica e dureza bem mais elevadas do que a dos cobs comercialmente puros e cobre ligados.

TECNOLOGIA MECÂNICA

C 3XX - Latão com chumbo (Cu-Zn-Pb)

- Os latões com chumbo são ligas cobre-zinco-chumbo nas quais o chumbo é adicionado com o propósito principal de aumentar a usinabilidade.
- O chumbo não se combina com o cobre, nem com o zinco, nem com qualquer elemento de liga secundário e esta presente nessas ligas sob a forma de partículas (glóbulos) que se distribuem aleatoriamente na microestrutura do latão.
- Essas partículas de chumbo lubrificam a ferramenta de corte durante a usinagem e ao promoverem uma fragilização localizada, favorecem a retirada de cavaco.

TECNOLOGIA MECÂNICA

C 4XX - Latão com Estanho (Cu-Zn-Sn)

- Os latões com estanho são latões nos quais uma pequena parte do zinco é substituída pelo estanho, ou seja, são ligas cobre-zinco-estanho.
- O objetivo da utilização do estanho neste tipo de latão é melhorar a resistência à corrosão em ambientes particularmente agressivos, como água do mar e ambientes contendo cloretos em geral.

TECNOLOGIA MECÂNICA

C 5XX - Bronzes (Cobre-Estanho, com e sem Fósforo)

- Os bronzes mais utilizados na indústria possuem teores de estanho variando entre 2 e 10% para as ligas trabalhadas e entre 5 e 11% para as ligas fundidas.
- A medida que o teor de estanho, aumenta, também aumenta a resistência mecânica da liga até 15% de Estanho, porém a ductibilidade diminui sensivelmente, principalmente a partir de 5% de Estanho.
- Entretanto as propriedades mecânicas podem ser melhoradas com a adição de 0,4%.

TECNOLOGIA MECÂNICA

- Entretanto as propriedades mecânicas podem ser melhoradas com a adição de 0,4% de Fósforo, o qual também atua como desoxidante, originando o chamado *Bronze Fosforoso*.
- Outra propriedade importante dos bronzes é a sua **elevada resistência a corrosão**, o que faz com que muitas de suas aplicações baseiem-se nesta propriedade.

TECNOLOGIA MECÂNICA

- Em teores limitados o chumbo pode ser adicionado para melhorar as *propriedades antifricção, a usinabilidade e a estanqueidade* no caso de peças fundidas, enquanto a adição do zinco é importante para a desoxidação (também no caso de peças fundidas) e para melhorar a resistência mecânica.

TECNOLOGIA MECÂNICA

C 6XX - Cobre-Alumínio, Cobre e Silício.

- Essas ligas também são conhecidas como bronzes de alumínio, contem até 14% de Alumínio.
- A concentração de Alumínio favorece a resistência contra a corrosão, ácido sulfúrico e água salgada.
- Além do alumínio, estas ligas podem conter Ferro, Manganês, Níquel, Silício e Arsênio.
- As propriedades mecânicas destas ligas, tais como boa ductilidade e resiliência, são similares a aquelas obtidas com aços baixa-liga.
- Estas ligas obtiveram grande importância tecnológica, especialmente em componentes navais, bombas, trocadores de calor, etc.

TECNOLOGIA MECÂNICA

C 7XX - Cupro-Níquel e Alpaca.

- Estas ligas podem conter até 45% de níquel.
- São resistentes a corrosão e apresentam propriedades de resistência a altas temperaturas as quais são similares a aquelas obtidas com aços inoxidáveis.
- Adições de 2% de manganês e 1,5% de ferro aumentam a resistência à corrosão.
- Ligas cupro-níquel são tipicamente utilizadas para tubos, resistências ou fabricação de moedas.

C 8XX e C 9XX - Estas series são reservadas às ligas fundidas conforme descritas a seguir:

TECNOLOGIA MECÂNICA

- O sistema da Cooper Development Association (C.D.A.), também adotado pela ASTM divide as ligas de Cobre segundo a seguinte classificação:

C 80100 - C 81100 = Cobre comercialmente puro 99% Cu

C 81300 - C 82800 = Ligas de alto teor de cobre > 94% Cu

C 83300 - C 85800 = Latões vermelhos ao chumbo Cu-Zn-Sn-Pb (75-89% Cu)

C 85200 - C 85800 = Latões amarelos ao chumbo Cu-Zn-Sn-Pb (57-74% Cu)

C 86100 - C 86800 = Bronzes ao chumbo e ao manganês Cu-Zn-Mn-Fe-Pb

C 87300 - C 87900 = Bronzes e latões ao silício Cu-Zn-Si

C 90200 - C 94500 = Bronzes ao estanho e ao chumbo Cu-Sn-Zn-Pb

C 94700 - C 94900 = Bronzes ao níquel e ao estanho Cu-Ni-Sn-Zn-P

C 95200 - C 95810 = Bronzes ao alumínio Cu-Al-Fe-Ni

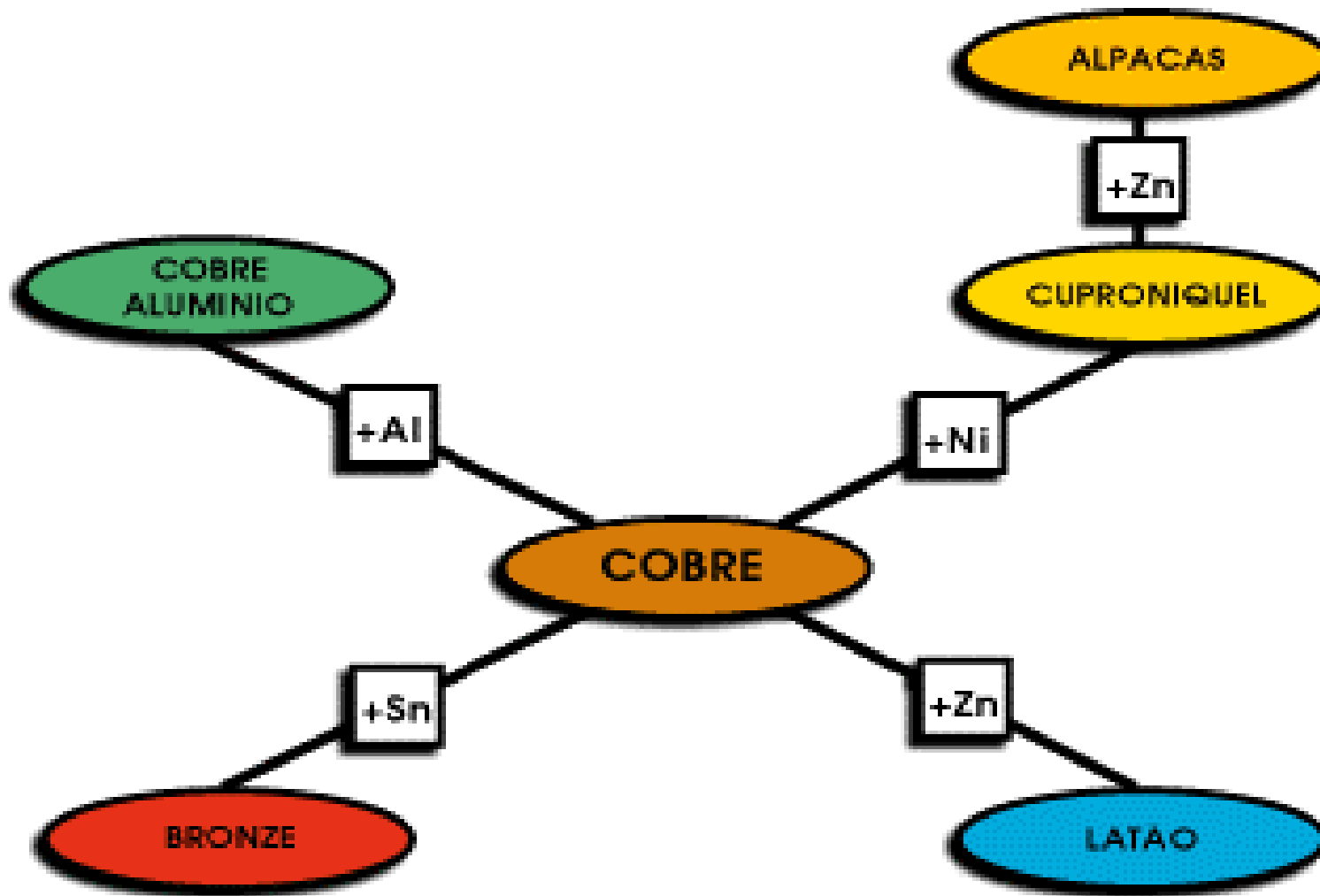
C 96200 - C 96800 = Cobre-níquel Cu-Ni-Fe

C 97300 - C 97800 = Níquel prata Cu-Ni-Zn-Pb-Sn

C 98200 - C 98800 = Cobres ao chumbo Cu-Pb

C 99300 - C 99750 = Ligas especiais --

TECNOLOGIA MECÂNICA



TECNOLOGIA MECÂNICA

A. Cobre e Zinco

- Esta combinação pertence ao *grupo dos latões* e o conteúdo de zinco varia de 5% a 45%.
- Esta liga é utilizada em moedas, medalhas, bijuterias, radiadores de automóvel, ferragens, cartuchos, diversos componentes estampados e conformados etc.

TECNOLOGIA MECÂNICA

B. Cobre e Estanho

- A combinação destes metais forma o *grupo dos bronzes* e o conteúdo de estanho pode chegar a 20%.
- É utilizado em tubos flexíveis, torneiras, varetas de soldagem, válvulas, buchas, engrenagens etc.

TECNOLOGIA MECÂNICA

C. Cobre e Alumínio

- Esta liga normalmente contém mais de 10% de alumínio.
- É utilizada em peças para embarcações, trocadores de calor, evaporadores, soluções ácidas ou salinas etc.

TECNOLOGIA MECÂNICA

D. Cobre e Níquel

- Esta liga é conhecida como *Cupro-níquel* e o conteúdo de níquel pode variar de 10% a 30%.
- É utilizada em cultivos marinhos, moedas, bijuterias, armações de lentes etc.
- As ligas que normalmente contém entre 45% a 70% de cobre, e de 10% a 18% de níquel, sendo o restante constituído por zinco, recebem o *nome de alpacas*.
- Por sua coloração, estas ligas são facilmente confundidas com a prata.
- São utilizadas em chaves, equipamentos de telecomunicações, decoração, relojoaria, componentes de aparelhos óticos e fotográficos etc.

TECNOLOGIA MECÂNICA

E. Cobre e Ouro

- O ouro 18 quilates: mistura de 75% de ouro e 25% de cobre (a quantidade de ouro na liga é indicada em quilates: o ouro puro é o ouro 24 quilates, portanto, quanto mais baixo for o número de quilates, menor será a quantidade de ouro).

TECNOLOGIA MECÂNICA

PRINCIPAIS PROPRIEDADES DO COBRE

- *O Cobre é o Padrão de Condutibilidade;*
- *O Cobre é Compatível com Conectores e Outros Dispositivos;*
- *O Cobre Possui Resistência e Ductilidade;*
- *O Cobre Resiste à Corrosão.*

TECNOLOGIA MECÂNICA

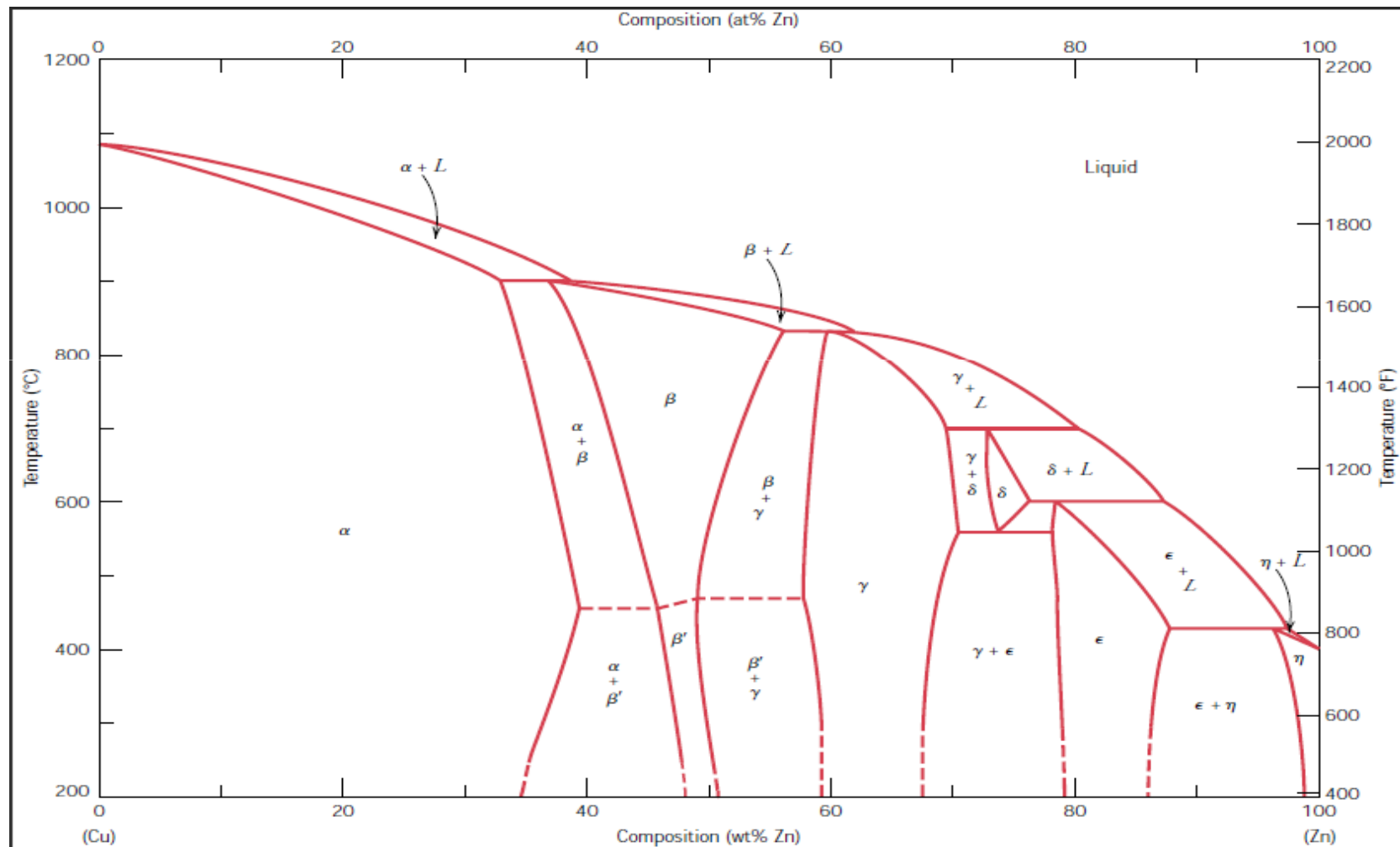
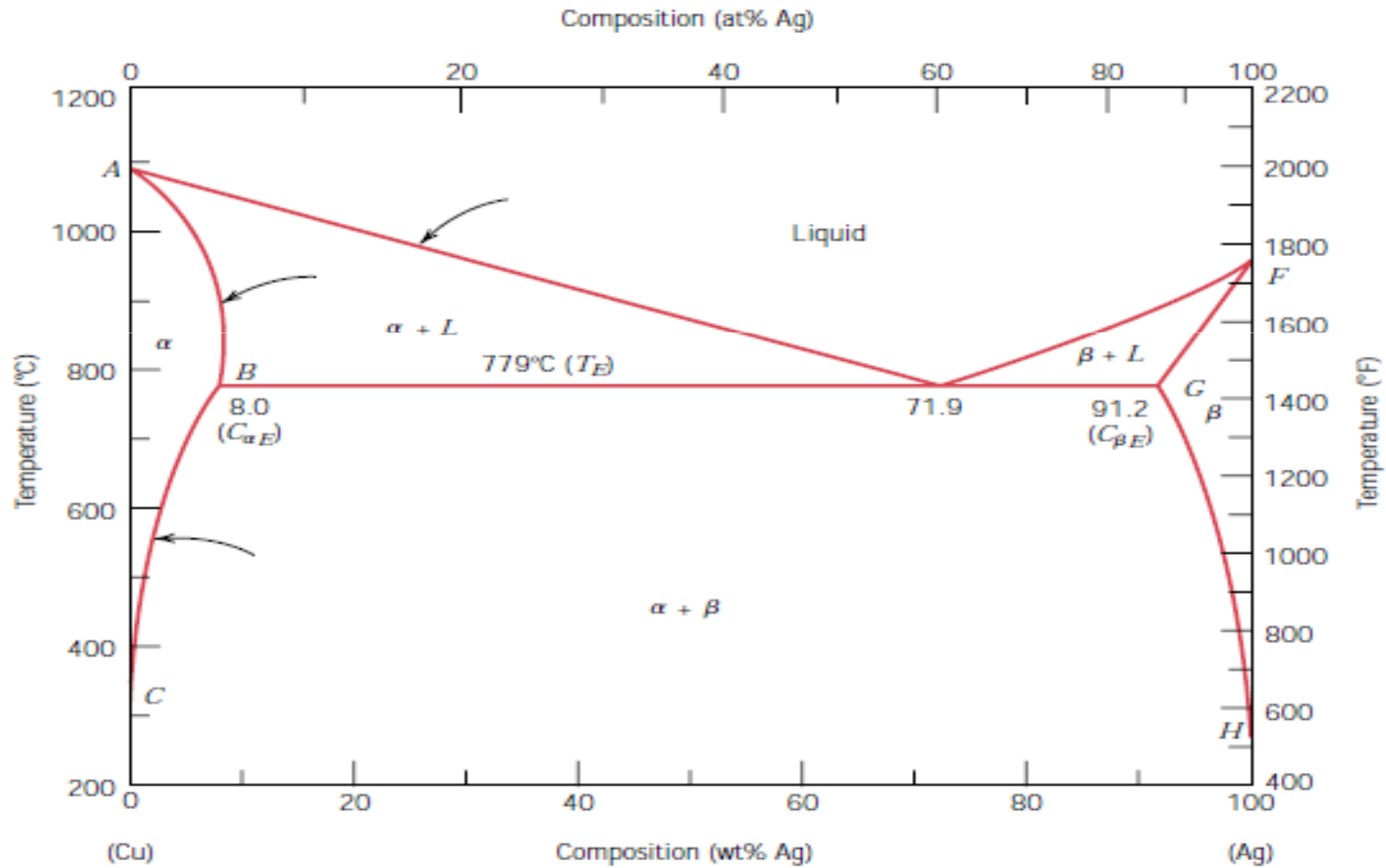


FIGURE 10.17 The copper–zinc phase diagram. (Adapted from *Binary Alloy Phase Diagrams*, 2nd edition, Vol. 2, T. B. Massalski, Editor-in-Chief, 1990. Reprinted by permission of ASM International, Materials Park, OH.)

TECNOLOGIA MECÂNICA

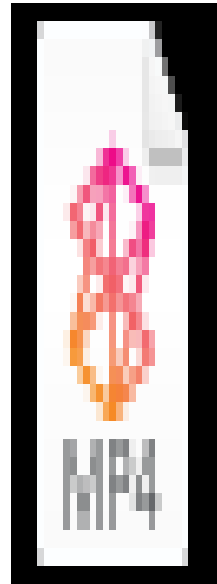


TECNOLOGIA MECÂNICA

4.3.2) Alumínio e suas Ligas

- O alumínio metálico é obtido pela redução eletrolítica da alumina (Al_2O_3) dissolvida em criolita líquida.
- O processo, chamado de Hall-Herolut foi desenvolvido em 1886 de maneira independente por Charles Hall (Estados Unidos) e Paul Heroult (França).

TECNOLOGIA MECÂNICA



e obtenção do alu

TECNOLOGIA MECÂNICA

- As primeiras aplicações do alumínio foram objetos de decoração como molduras de espelhos, travessas e utensílios domésticos.
- Com o tempo, cresceu a diversidade das aplicações do alumínio, de maneira que, praticamente todos os aspectos da vida moderna são afetados diretamente ou indiretamente pelo seu uso.

TECNOLOGIA MECÂNICA

- Recentemente os maiores mercados para as ligas de alumínio são:
 - ✓ Embalagens para alimentos e medicamentos - 34%;
 - ✓ Indústria automobilística e de transportes - 21%;
 - ✓ Construção civil (fachadas, pontes, torres, tanques de estocagem) - 17%;
 - ✓ Cabos e componentes elétricos - 9%;
 - ✓ Bens duráveis (8%);
 - ✓ Indústria de equipamentos e maquinaria - 7% e
 - ✓ Outros - 4%.

TECNOLOGIA MECÂNICA

4.3.2.1) PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO ALUMÍNIO

- Baixo peso. O alumínio apresenta densidade - 2,7 g/cm³, aproximadamente 1/3 da densidade do aço;
- Excelente condutividade elétrica e térmica (de 50 a 60% da condutividade do cobre), sendo vantajoso seu emprego em trocadores de calor, evaporadores, aquecedores, cilindros e radiadores automotivos;

TECNOLOGIA MECÂNICA

- Resistente à corrosão atmosférica, corrosão em meio aquoso (inclusive água salgada), óleos, e diversos produtos solventes;
- Ductilidade elevada (estrutura CFC) permitindo conformação de componentes com elevadas taxas de deformação;
- Não é ferromagnético (característica importante para aplicações eletro-eletrônicas);

TECNOLOGIA MECÂNICA

- Não é tóxico e portanto, é largamente empregado em embalagens;
- A resistência mecânica do alumínio puro é baixa ($\approx 90\text{Mpa}$), entretanto, são empregados os seguintes mecanismos de endurecimento:
 - ❖ Endurecimento por solução sólida (ligas não tratáveis);
 - ❖ Endurecimento por dispersão de partículas (ligas não tratáveis);
 - ❖ Encruamento (ligas não tratáveis);
 - ❖ Endurecimento por dispersão de partículas coerentes ou sub-microscópicas (ligas tratáveis termicamente).

TECNOLOGIA MECÂNICA

- A principal limitação do alumínio é a sua baixa temperatura de fusão (660 °C), o que, limita a temperatura de trabalho destas ligas.

TECNOLOGIA MECÂNICA

QUADRO COMPARATIVO DE LIGAS DE ALUMÍNIO

Critérios para seleção de ligas

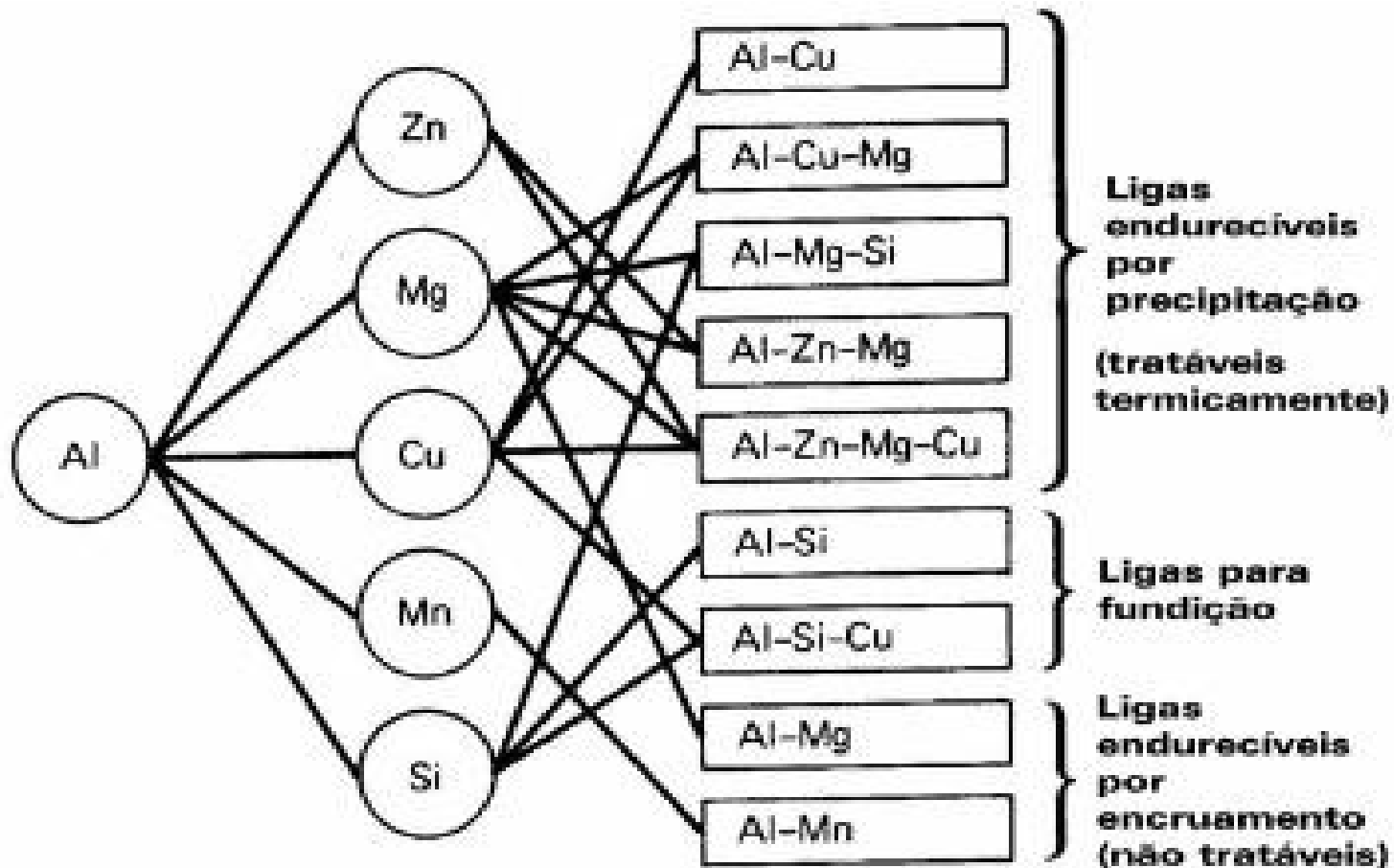
	7XXX			2XXX		5XXX
	ALUMOLD 500	ALCAST	7075 T651	ALUMOLD 350	2024 T351	ALUMOLD 110
Limite de Escoamento	470-540 MPa	280 MPa	260-470 MPa	330-366 MPa	290 MPa	110 MPa
Limite de Resistência	510-590 MPa	310 MPa	360-540 MPa	420-465 MPa	430 MPa	240 MPa
Condutividade Térmica	153 W/m ² C	150 W/m ² C	134 W/m ² C	130 W/m ² C	121 W/m ² C	117 W/m ² C
Alongamento	1,5% a 10%	1,5%	2% a 6%	4% a 9%	11%	9%
Módulo de Elasticidade	72.000 MPa	72.000 MPa	72.000 MPa	72.400 MPa	73.100 MPa	71.100 MPa
Dureza Brinell	175-185 HB	135 HB	104 -161 HB	135-145 HB	120 HB	80 HB
Usinabilidade	Extraordinária	Excelente	Boa	Ótima	Boa	Boa
Estabilidade Dimensional	Excelente	Extraordinária	Ótima	Excelente	Boa	Excelente
Polibilidade	Excelente	Boa	Não Indicado	Boa	Não Indicado	Não Indicado
Soldabilidade	Possível p/ Reparos	Possível p/ Reparos	Possível p/ Reparos	Possível p/ Reparos	Possível p/ Reparos	Excelente
Resistência à Corrosão	Não Indicado	Não Indicado	Não Indicado	Não Indicado	Não Indicado	Excelente

TECNOLOGIA MECÂNICA

4.3.2.2) LIGAS DE ALUMÍNIO

- Os principais elementos de liga das ligas de alumínio incluem combinações dos seguintes elementos:
 - Cobre (Cu);
 - Magnésio (Mg);
 - Silício (Si);
 - Manganês (Mn);
 - Zinco (Zn).

TECNOLOGIA MECÂNICA



Principais elementos de liga e classificação das ligas de alumínio

TECNOLOGIA MECÂNICA

- De acordo com o produto, as ligas de alumínio podem ser divididas em dois grupos:
 - *LIGAS CONFORMADAS OU TRABALHADAS* (wrought alloys) – ligas destinadas à fabricação de produtos semi-acabados, como laminados planos (placas, chapas e folhas), laminados não planos (tarugos, barras e arames) perfis extrudados e componentes forjados.

TECNOLOGIA MECÂNICA

- *LIGAS FUNDIDAS (cast alloys)* – ligas destinadas a fabricação de componentes fundidos.
- Somando-se as ligas conformadas e as ligas fundidas, existem mais de 600 ligas reconhecidas industrialmente.

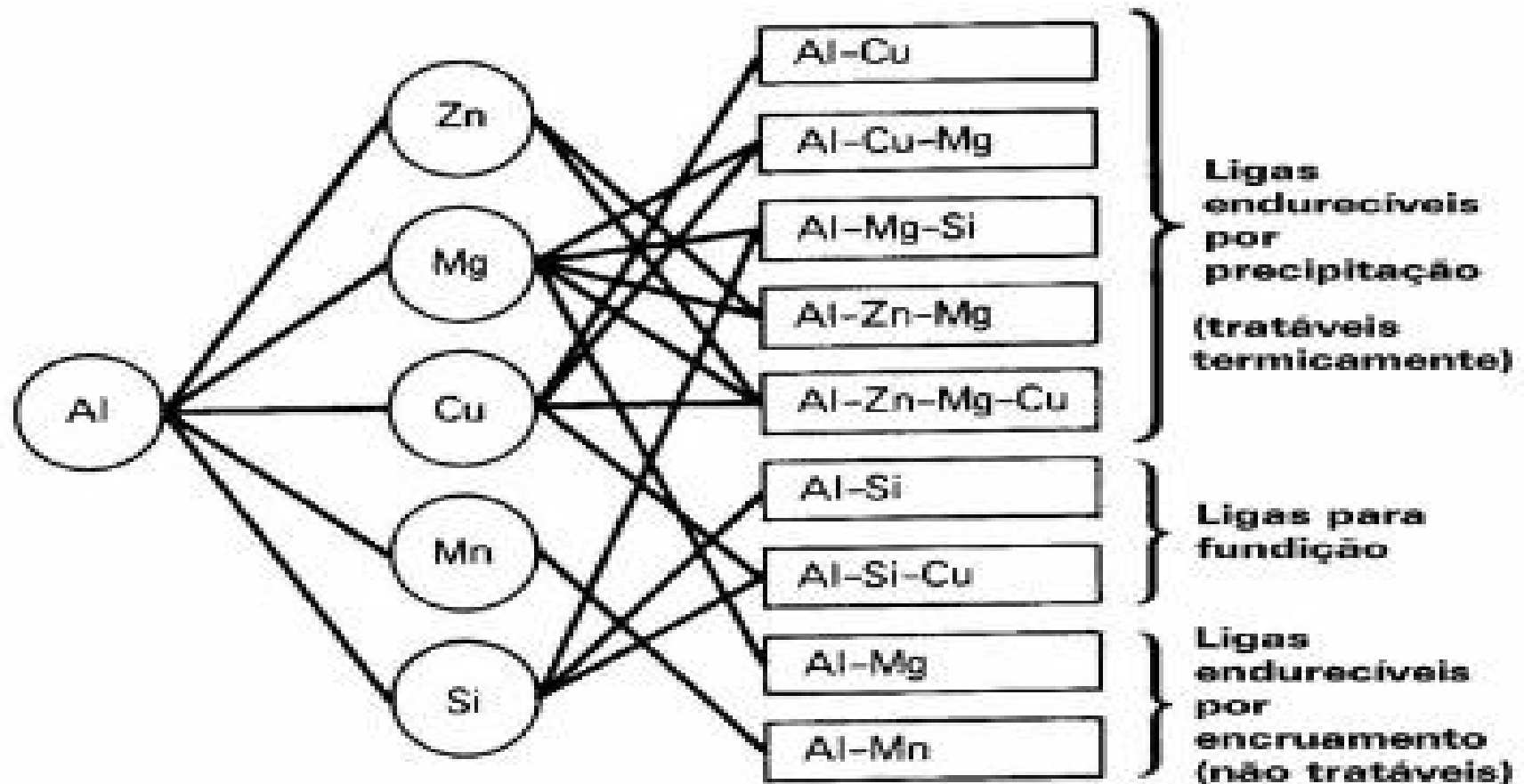
TECNOLOGIA MECÂNICA

- Estes dois grupos se subdividem em:
 - ✓ *LIGAS NÃO-TRATÁVEIS* - Não são endurecidas por meio de tratamento térmico;
 - ✓ *LIGAS TRATÁVEIS TERMICAMENTE* – São endurecidas por meio de tratamentos térmicos.

TECNOLOGIA MECÂNICA

- É importante destacar que termo “tratamento térmico” é, no seu sentido mais amplo, qualquer operação de aquecimento ou resfriamento realizada para modificar as propriedades mecânicas, estrutura metalúrgica ou estado de tensões internas de um produto metálico.
- Nas ligas de alumínio, o tratamento térmico é restrito a operações específicas utilizadas para aumentar a resistência e dureza de ligas endurecíveis por precipitação (conformadas ou fundidas).

TECNOLOGIA MECÂNICA



Principais elementos de liga e classificação das ligas de alumínio

TECNOLOGIA MECÂNICA

Tabela 01: Grupos de ligas normalizados

Grupo	Principal elemento de liga
1000	Alumínio não ligado de pureza mínima de 99%
2000	Cobre
3000	Manganês
4000	Silício
5000	Magnésio
6000	Magnésio e silício
7000	Zinco
8000	Outros elementos

TECNOLOGIA MECÂNICA

4.3.2.3) NOMENCLATURA DAS LIGAS CONFORMADAS:

- **1xxx** - Al puro não ligado com 99,00% mínimo de Al;
- **2xxx** - ligas contendo COBRE como elemento de liga principal e adições de outros elementos, principalmente Mg. As ligas da série 2xxx são largamente empregadas na indústria aeronáutica e aeroespacial;
- **3xxx** - ligas contendo MANGANÊS como elemento de liga principal;

TECNOLOGIA MECÂNICA

- **4xxx** - ligas contendo SILÍCIO como elemento de liga principal;
- **5xxx** - ligas contendo MAGNÉSIO como elemento de liga principal;
- **6xxx** - ligas contendo MAGNÉSIO e SILÍCIO como elementos de liga principais;
- **7xxx** - ligas contendo ZINCO como elemento de liga principal e adições de Cu, Mg, Cr e Zr;

TECNOLOGIA MECÂNICA

- 8xxx – Ligas cujas composições apresentam diferentes elementos como Sn ou Li;
- 9xxx – reservada para uso futuro.

TECNOLOGIA MECÂNICA

4.3.2.4) APLICAÇÕES DAS LIGAS DE ALUMÍNIO CONFORMADAS

- Nomenclatura:
 - ✓ Na série **1xxx**, os dois últimos dígitos indicam a % de Al acima de 99%. exemplos:
 - ❑ liga 1050 - 99,50% de Al;
 - ❑ liga 1060 - 99,60% de Al.

TECNOLOGIA MECÂNICA

- O segundo dígito indica modificações no limite de impurezas ou a adição de algum elemento de liga.
- Se o 2º dígito for **0** (zero), indica que o Al não foi ligado e apresenta o limite de impurezas convencional.
- Os números entre **1** e **9** indicam controle especial sobre uma ou mais impurezas ou a adição de elementos de liga.

TECNOLOGIA MECÂNICA

- ✓ Nas séries **2xxx** à **8xxx**, os dois últimos dígitos não possuem significado numérico, apenas identificam diferentes ligas do mesmo grupo (número seqüencial).
- O segundo dígito indica modificações no limite de impurezas ou a adição de elementos de liga.
- Ligas experimentais também utilizam este sistema de classificação, porém, são indicadas pelo prefixo **X**.

TECNOLOGIA MECÂNICA

a) SÉRIE 1XXX:

- Alumínio comercialmente puro, não ligado, com pureza igual ou superior à 99% de Al.
- O Ferro e o Silício são as principais impurezas.
- As ligas da série 1000 são caracterizadas pela excelente resistência à corrosão, alta condutibilidade térmica e elétrica, baixa resistência mecânica e elevada ductilidade.

TECNOLOGIA MECÂNICA

- Um aumento moderado na resistência mecânica pode ser obtido por meio de encruamento.
- Aplicações:
 - Equipamentos de indústria química;
 - Refletores;
 - Trocadores de calor;
 - Condutores elétricos e capacitores;
 - Embalagens (papel alumínio);
 - Painéis decorativos para uso na construção civil.

TECNOLOGIA MECÂNICA

b) SÉRIE 2XXX:

- O COBRE é o elemento de liga principal e, na maioria das ligas, o Mg é o elemento de liga secundário.
- São ligas tratáveis termicamente, podendo, após os tratamentos, atingir-se a resistência de aço baixo carbono (450 MPa).
- A resistência à corrosão das ligas da série 2xxx é inferior a de outras ligas de alumínio.

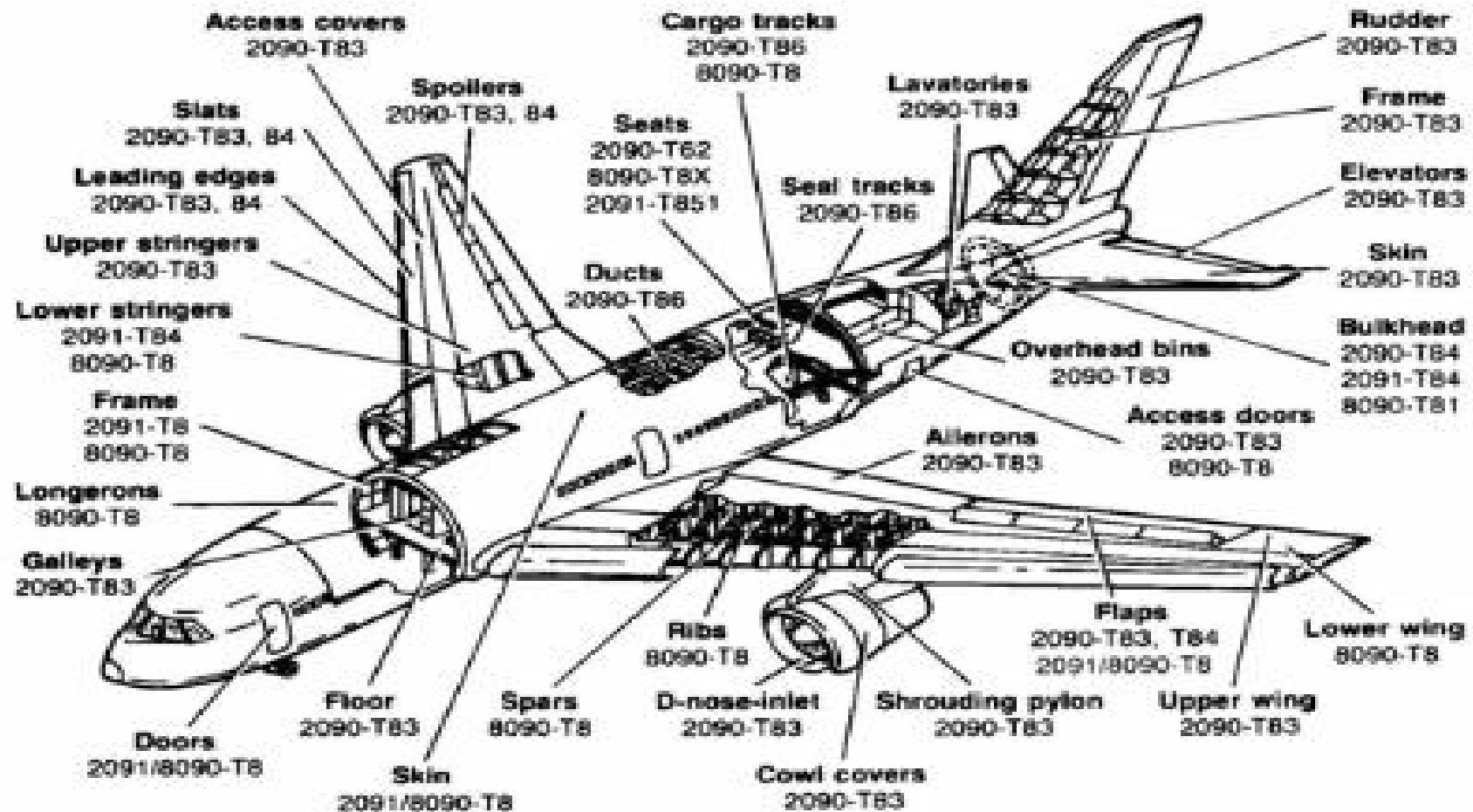
TECNOLOGIA MECÂNICA

- Sob certas condições estas pode apresentar corrosão intergranular.
- As ligas desta série apresentam boa usinabilidade e características de soldagem limitadas (exceto a liga 2219).

TECNOLOGIA MECÂNICA

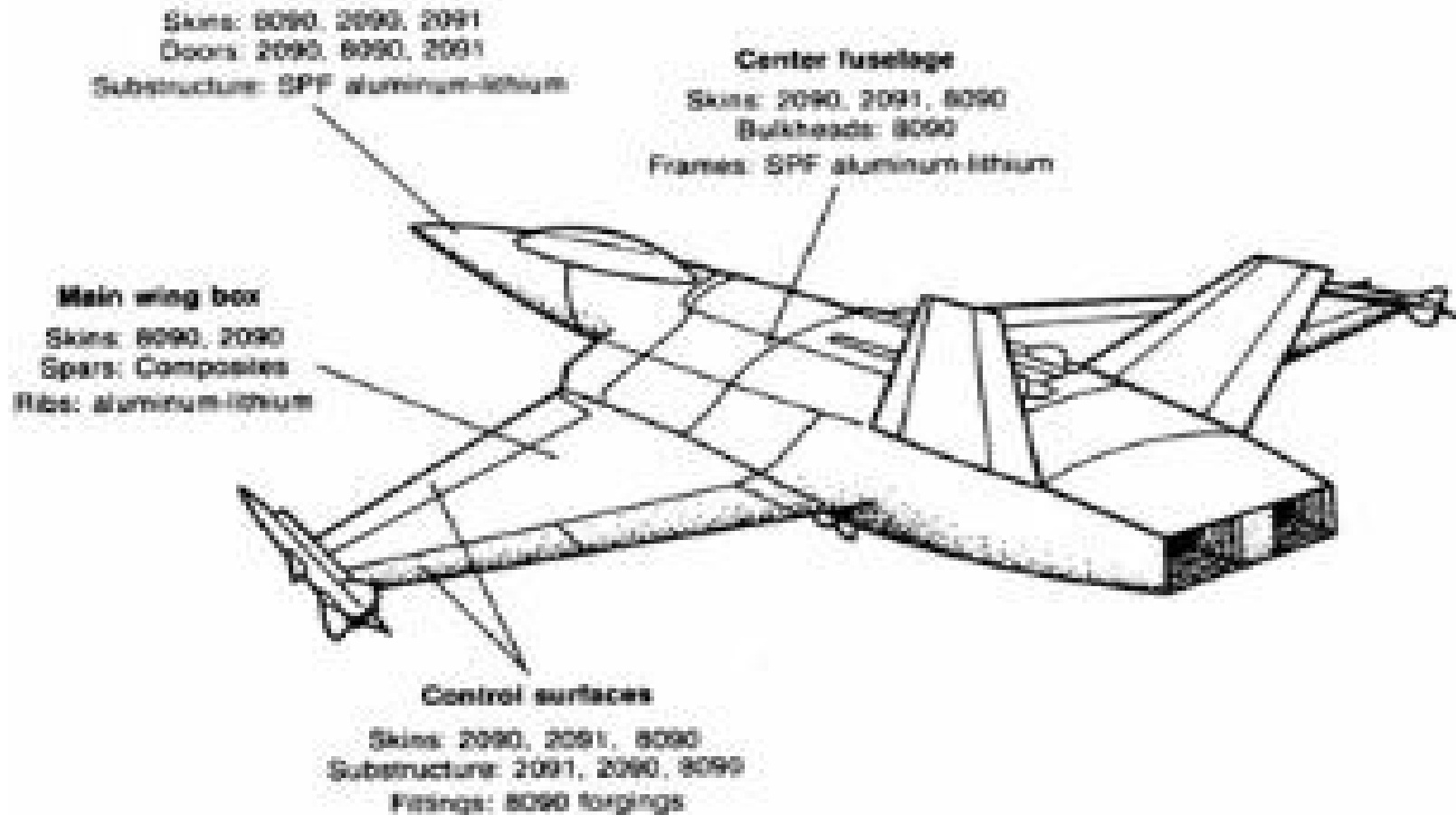
- Aplicações:
 - Componentes com elevada relação resistência/peso, sujeitos a temperaturas inferiores à 130°C;
 - Rodas forjadas para a indústria aeronáutica e de caminhões;
 - Fuselagem e componentes estruturais de aeronaves (vide figura);
 - Componentes de suspensão de automóveis.

TECNOLOGIA MECÂNICA



Aplicações de ligas alumínio-cobre e alumínio-lítio em aeronave comercial.

TECNOLOGIA MECÂNICA



Aplicações de ligas alumínio-cobre e alumínio-lítio em um aeronave militar.

TECNOLOGIA MECÂNICA



TECNOLOGIA MECÂNICA

c) SÉRIE 3XXX:

- O MANGANÊS é o elemento de liga principal.
- As ligas desta série não são tratáveis termicamente, entretanto, apresentam resistência 20% superior que ligas da série 1xxx.
- Devido a baixa solubilidade de Mn no Al (de até 1,8%) existem poucas da série 3xxx.
- Entretanto três delas são largamente empregadas na indústria: 3003, 3004 e 3105.

TECNOLOGIA MECÂNICA

- Aplicações:
 - Componentes de resistência mecânica baixa que exijam elevada ductilidade;
 - Latas de bebidas;
 - Utensílios de cozinha;
 - Trocadores de calor;
 - Tanques de armazenamento;
 - Sinalização rodoviária;
 - Painéis decorativos e telhados para uso na construção civil.

TECNOLOGIA MECÂNICA



TECNOLOGIA MECÂNICA

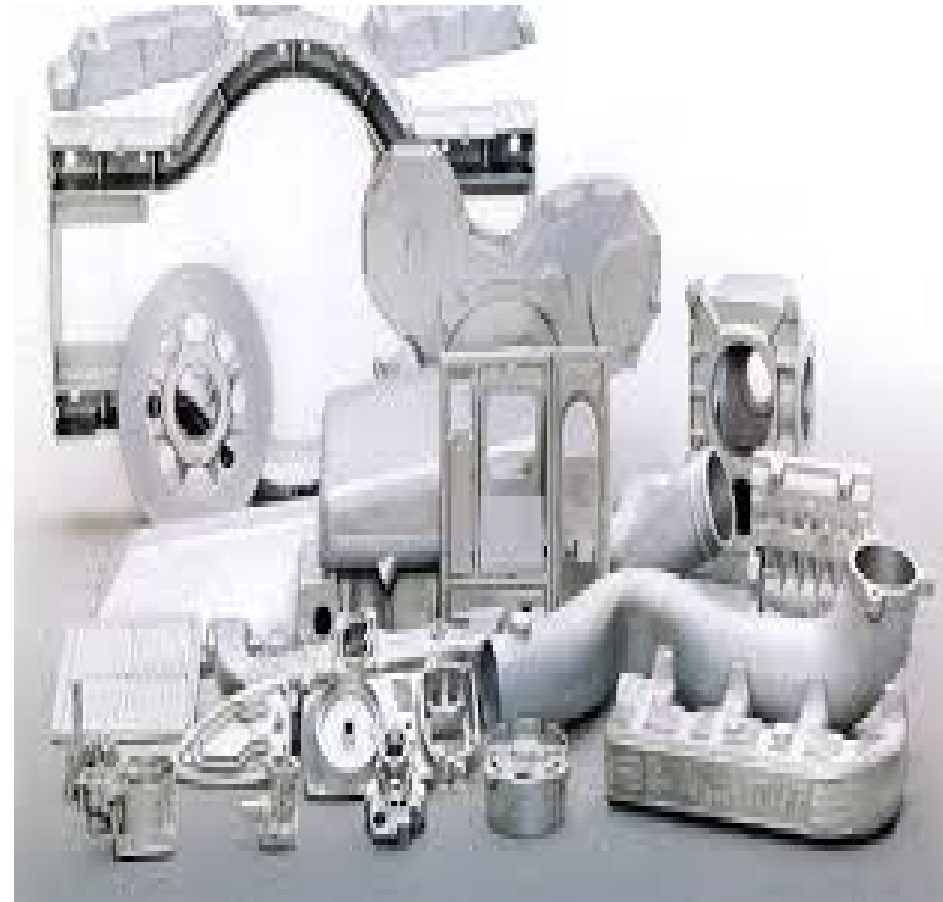
d) SÉRIE 4XXX:

- O SILÍCIO é o elemento de liga principal.
- A maior parte das ligas desta série não são tratáveis termicamente.
- O Si pode ser adicionado para abaixar a temperatura de fusão sem provocar fragilidade excessiva, assim, ligas Al-Si são utilizadas em arames de solda ou como ligas para brazagem de Al (soldagem de Al).

TECNOLOGIA MECÂNICA

- A liga 4032 é empregada na fabricação de pistões forjados devido ao baixo coeficiente de expansão e sua alta resistência ao desgaste.
- Ligas contendo entre 4 e 7% de Si apresentam cores que variam do cinza ao negro após serem submetidas a anodização e assim são utilizadas em painéis decorativos na construção civil.

TECNOLOGIA MECÂNICA



TECNOLOGIA MECÂNICA

- Aplicações:
 - Uso em arquitetura e construção civil;
 - Fios, arames e pós para brazagem.

TECNOLOGIA MECÂNICA

e) SÉRIE 5XXX:

- O MAGNÉSIO é o elemento de liga principal.
- O Mg é um dos elementos mais efetivos no endurecimento do Al.
- Quando utilizado como elemento principal ou em conjunto com o Mn, o resultado são ligas não tratáveis com resistência moderada à elevada.

TECNOLOGIA MECÂNICA

- O Mg é considerado mais efetivo que o Mn como endurecedor, (0,8% de Mg tem o mesmo efeito sobre a resistência que 1,25% de Mn) e ainda, pode ser adicionado em quantidades elevadas (~15%).
- Ligas desta série possuem boas características de soldagem e resistência à corrosão em atmosfera marinha.

TECNOLOGIA MECÂNICA

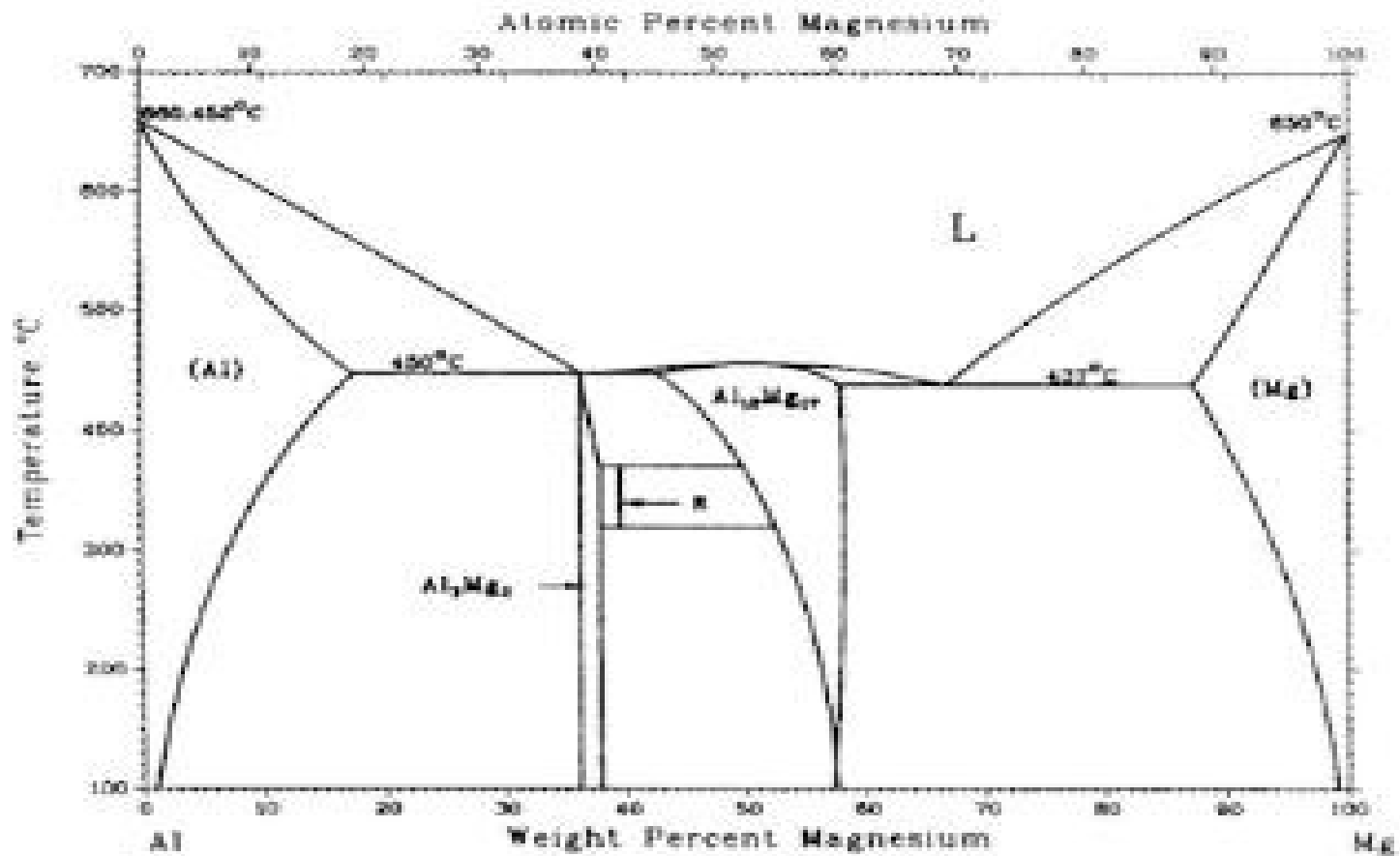
- Aplicações:
 - Uso em arquitetura e decoração;
 - Embalagens (tampas de latas de Al);
 - Suportes para iluminação pública;
 - Peças de barcos e navios;
 - Tanques para criogenia;
 - Componentes de guindastes e automotores

TECNOLOGIA MECÂNICA



TECNOLOGIA MECÂNICA

Al-Mg



TECNOLOGIA MECÂNICA

f) SÉRIE 6XXX:

- O MAGNÉSIO e o SILÍCIO são os elementos de liga principais.
- A proporção de Mg e Si visa a formação da fase Mg_2Si , formando ligas tratáveis termicamente.
- As ligas da série 6xxx apresentam boa ductilidade, boas características de soldagem e de usinagem e boa resistência à corrosão.

TECNOLOGIA MECÂNICA

- Aplicações:
 - Uso em arquitetura e decoração;
 - Quadros de bicicletas ;
 - Estruturas soldadas.

TECNOLOGIA MECÂNICA



TECNOLOGIA MECÂNICA

g) SÉRIE 7XXX:

- O ZINCO é o elemento de liga principal, adicionado em quantidades entre 1 e 8%.
- Adições em conjunto com Mg resultam em ligas tratáveis termicamente com resistência mecânica elevada.
- Normalmente, Cu e Cr também são adicionados em pequenas quantidades.

TECNOLOGIA MECÂNICA

- Aplicações:
 - Componentes da indústria aeronáutica como estruturas, peças móveis e componentes de alta resistência.

TECNOLOGIA MECÂNICA

h) SÉRIE 8XXX:

- As ligas da série 8xxx envolvem um grande número de composições com uma miscelânea de elementos de liga.
- As ligas conformadas contendo Li (2,4% a 2,8%) foram desenvolvidas para uso aeroespacial e criogenia.

TECNOLOGIA MECÂNICA

4.3.2.5) NOMENCLATURA DOS ESTADOS DE ENDURECIMENTO DAS LIGAS DE ALUMÍNIO

TECNOLOGIA MECÂNICA

QUESTIONÁRIO:

- 1) Quais são as características da Liga Não Ferrosas?
- 2) Quais são os principais materiais não ferrosos?
- 3) Cite 5(cinco) nomes de materiais não ferrosos?
- 4) As minas de cobre são classificadas de acordo com o sistema de exploração, quais são?
- 5) Quais os processos utilizados para fabricação de produtos para Cobre e suas Ligas?
- 6) Quais são as ligas de Cobre comercialmente utilizadas?
- 7) Quais são as principais propriedades do Cobre?

TECNOLOGIA MECÂNICA

- 8) Quais são as características principais de Alumínio e suas ligas?
- 9) Quais são as ligas de Alumínio?
- 10) Quais são os principais elementos de liga de Alumínio?
- 11) Quantas nomenclaturas existe para ligas de Alumínio?