

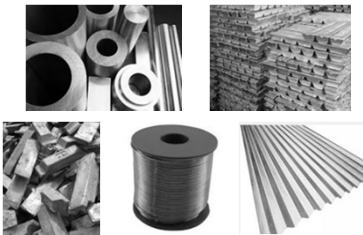
Aula 2

Tecnologia dos Materiais

Prof. Dr. Marcos B. Proença

Conversa Inicial

Na aula 2 abordaremos ligas metálicas não ferrosas, mais especificamente as ligas de cobre, de alumínio, de chumbo, de zinco e de estanho.



Contextualização

As ligas metálicas não ferrosas são de extrema importância devido à utilização em aplicações em que as ligas ferrosas não possuem atributos que lhes permita serem usadas. (...)

(...) As principais ligas não ferrosas são de cobre, de alumínio, de chumbo e de zinco. Estudaremos essas ligas dentro dos mesmos critérios abordados para as ligas metálicas ferrosas.

Tópicos da Aula 2

- **Ligas de cobre**
 - **Liga cobre-zinco**
 - **Liga cobre-estanho**
 - **Liga cobre-níquel**

- **Ligas de alumínio**
 - **Trabalhadas mecanicamente e tratáveis termicamente**
 - **Trabalhadas mecanicamente e não tratáveis termicamente**
 - **Ligas para fundição**

- **Ligas de chumbo**
 - **Chumbo refinado**
 - **Chumbo-estanho**
 - **Chumbo-telúrio**
 - **Chumbo-prata-cobre**
 - **Chumbo-antimônio**
 - **Ligas de chumbo para fabricação de mancais (metais Babbitt)**

- **Ligas de estanho**
 - **Estanho refinado**
 - **Estanho-chumbo**
 - **Ligas de estanho para fabricação de mancais (metais Babbitt)**

- **Ligas de zinco**
 - **Zinco refinado**
 - **Zinco-cobre**
 - **Zinco-alumínio-cobre (Zamac)**

Tema 1

- **Ligas de Cobre**

Liga Cobre-Zinco (Latão)

Latão é uma liga de cobre e zinco contendo teores de zinco que variam de 5% a 50%. Possui estrutura CFC devido à matriz de cobre, com zinco sendo introduzido como inclusão substitucional. O zinco aumenta sua resistência mecânica. (...)

(...) Essa liga é aplicada, como exemplos, na fabricação de tubos de condensadores, torneiras, núcleos de radiadores e terminais elétricos, entre outros.

Diagrama de Fases

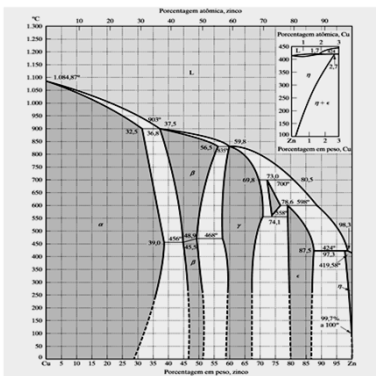


Figura 43 – Diagrama de Fases Cu-Zn. (SHACKELFORD, James F. Ciência dos Materiais)

Tratamento Térmico

O tratamento térmico de recozimento para latões com teores de zinco até 30% provoca um aumento na resistência à tração e, também, na ductilidade. (...)

(...) Também se faz o tratamento mecânico de encruamento, que é o aumento da dureza gerado pela deformação plástica a frio.

Liga Cobre-Estanho (Bronze)

Bronze é uma liga de cobre e estanho contendo teores de zinco que variam de 2% a 10%. Possui estrutura CFC devido à matriz de cobre, com estanho sendo introduzido como inclusão substitucional. (...)

**(...) O estanho interfere nas propriedades do cobre, aumentando sua resistência à corrosão, sua resistência mecânica e dureza sem alterar a ductilidade, permitindo que a liga seja trabalhada a frio.
(...)**

(...) Essa liga é aplicada, como exemplos, em contatos de aparelhos de telecomunicações, molas condutoras, entre outros.

Diagrama de Fases

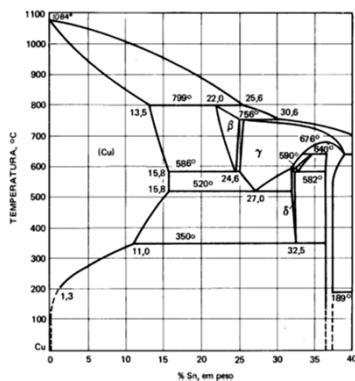


Figura 45 – Diagrama de Fases Cu-Sn. (SHACKELFORD, James F. Ciência dos Materiais)

Tratamento Térmico

O tratamento térmico de recozimento para ligas cobre-estanho não é viável, pois mesmo o endurecimento por precipitação leva a um aumento não significativo em suas propriedades mecânicas. (...)

(...) Também não necessita de tratamento de alívio de tensão, pois é uma liga bastante maleável.

Liga Cobre-Níquel

**A liga cobre-níquel é uma liga contendo teores de níquel que variam de 5% a 45%. Possui estrutura CFC devido à matriz de Cu, com níquel sendo introduzido como inclusão substitucional.
(...)**

(...) O níquel interfere nas propriedades do cobre, aumentando sua resistência à corrosão, principalmente à água do mar, mantendo sua resistividade elétrica, aumentando sua resistência à tração e seu limite de escoamento, bem como dureza, sem interferir na ductilidade e aumentando o limite de fadiga.

Diagrama de Fases

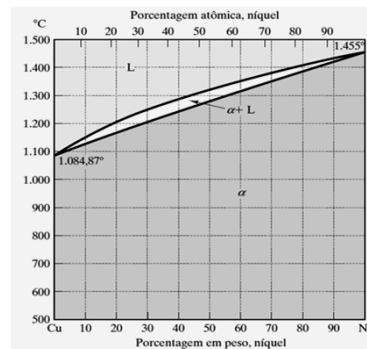


Figura 45 – Diagrama de Fases Cu-Ni. (SHACKELFORD, James F. Ciência dos Materiais)

Tratamento Térmico

O tratamento térmico mais usado em ligas cobre-níquel é o tratamento de homogeneização, para dissolver segregação de elementos em determinados locais e promover, por difusão, sua distribuição de modo mais uniforme por todo o material. (...)

(...) Também é feito recozimento, com o propósito de amolecer um material encruado, consequência do trabalho mecânico.

Tema 2

▪ Ligas de Alumínio

Alumínio

O metal alumínio, pela abundância de seu minério, por apresentar boa condutividade térmica e elétrica, por ser não magnético e por ter baixo peso específico, é o segundo mais importante metal, ficando atrás apenas do ferro. (...)

(...) É usado em várias aplicações de engenharia, principalmente nas indústrias elétrica, de veículos automotivos e de aeronaves. É usado principalmente na estrutura de colmeia das aeronaves e dos radiadores automotivos.

Ligas trabalhadas mecanicamente e que podem ser tratadas termicamente

As ligas de alumínio trabalhadas mecanicamente e que podem sofrer tratamentos térmicos são muito usadas na indústria aeronáutica, principalmente por terem excelente (...)

(...) conformabilidade. Têm resistência mecânica semelhante à resistência dos aços de baixo carbono, porém, com um terço de seu peso específico. As mais usadas são a AA2024, AA6053, AA6061 e AA7075 (duralumínio).

Diagrama de Fases e Tratamento Térmico

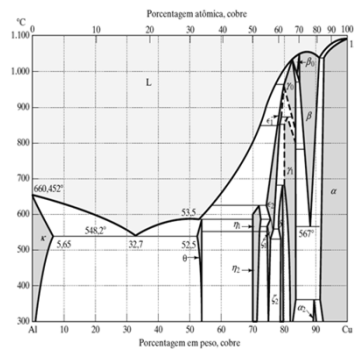


Figura 48 - Diagrama de Fases Al-Cu. (SHACKELFORD, James F. Ciência dos Materiais)

Ligas trabalhadas mecanicamente e que não são tratadas termicamente

Essas ligas são endurecíveis por encruamento, apresentam fácil conformabilidade e alta ductilidade, o que faz com que não gerem tensões críticas pela deformação dos grãos. (...)

(...) Apenas pela deformação do grão haverá o endurecimento.

Relação entre Encruamento e Propriedades Mecânicas

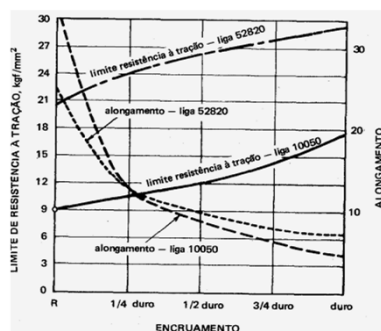


Figura 49 – Gráfico relacionando encruamento com alongamento e limite de resistência à tração. (CHIAVERINI, Vicente. Tecnologia Mecânica)

Ligas para Fundição

A maioria das peças de alumínio é produzida por fundição em moldes. Os processos de fundição mais comuns são em moldes de areia, sob pressão e fundição de precisão. Dessas ligas, as mais usadas são Al-Cu, Al-Si, Al-Mg e Al-Sn. (...)

(...) São aplicadas na fabricação de blocos de motor, caixas de câmbio, carcaça de motores etc.

Tema 3

- Ligas de Chumbo

Chumbo

O chumbo é um dos metais mais conhecidos e antigos que temos conhecimento. É dúctil, maleável, de baixo ponto de fusão, sendo cerca de 340° C, e de excelente resistência à corrosão e à radioatividade.

Chumbo Refinado

O chumbo refinado possui pureza de 99,5% a 99,99%, ponto de fusão 327° C, densidade 11,34 g/cm³ e segue a especificação ASTM – B 29-55, contendo de 0,01% a 0,05% de impurezas em sua composição, entre elas: bismuto, cobre, ferro, prata e antimônio. (...)

(...) É muito utilizado na fabricação de solda branca, em revestimento de cabos de tensão e, mais regularmente, como contrapeso.

Chumbo-Estanho

A liga chumbo-estanho contém de 18% a 50% de estanho, com ponto de fusão em torno de 300° C.

As ligas com menores teores de estanho são empregadas em soldas de lâmpadas, e as de maiores teores são empregadas em soldas para tubos.

Diagrama de Fases

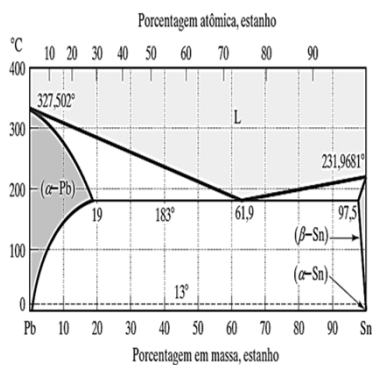


Figura 51 - Diagrama de Fases Pb-Sn. (SHACKELFORD, James F. Ciência dos Materiais)

Chumbo-Telúrio

A liga chumbo-telúrio é a única liga de chumbo que pode ser encruada, sendo usada para chapas e tubulações. Apresenta cerca de 0,05% Te a 0,10% Te, podendo conter, também, cobre. (...)

(...) O encruamento permite um aumento na resistência mecânica e nos limites de resistência à tração e à fadiga.

Chumbo-Prata-Cobre

A liga Pb-Ag-Cu é bastante usada para a confecção de tubulações com água pressurizada; a adição de prata e de cobre, mesmo que em quantidades muito pequenas, é responsável por um aumento na resistência mecânica, o que permite esse uso. (...)

(...) Contém de 0,003% Ag a 0,005% Ag e, também, de 0,003% Cu a 0,005% Cu.

Chumbo-Antimônio

A liga Pb-Sb é empregada para revestimento de cubas galvânicas, sendo, também, usada em tubulações e vasos de produtos químicos por causa de sua alta resistência à corrosão. Contém de 6% Sb a 12,5% Sb.

Chumbo para Fabricação de Mancais (Metais Babbitt)

São ligas de chumbo contendo antimônio, estanho, cobre e arsênio, elementos que permitem que elas tenham boas propriedades mecânicas, mesmo em temperaturas mais elevadas. A mais usada, em automóveis, é a SAE 15.

Tema 4

- Ligas de Estanho

Estanho

O estanho (Sn) é um metal de estrutura tetragonal, e possui, também duas formas alotrópicas. (...)

(...) No estanho branco, ou estanho beta, a ligação de formação é mista, contendo metálica e covalente, e a estrutura cristalina é tetragonal de corpo centrado, com dois átomos por ponto da rede. (...)

(...) A outra forma é o estanho cinza, ou estanho alfa, o qual possui estrutura cristalina cúbica e é um semicondutor. É bastante dúctil e maleável, com ponto de fusão abaixo de 240° C, excelente resistência à corrosão e boa soldabilidade. Porém, apresenta baixa resistência mecânica.
(...)

(...) É usado na forma de folhas, chapas e fios, constituindo, também, a base de muitas ligas, desde o bronze até ligas para soldas e mancais.

Estanho Refinado

Conforme especificação da ABNT/EB 173, pode ter pureza de 99% Sn a 99,95% Sn, sendo, nesta última, chamado estanho eletrolítico. (...)

(...) Sua principal aplicação está na estanhagem (por eletrodeposição) em lâminas de aço, gerando as folhas de flandres, usadas em latas de bebidas ou de alimentos.

Estanho-Chumbo

A liga estanho-chumbo contém de 35% Pb a 40% Pb. É usada para soldas de componentes que necessitam de solda viscosa e fluida, como componentes de equipamentos elétricos e eletrônicos. (...)

(...) Nessa faixa contém as mesmas fases já comentadas na liga Pb-Sn, só que nesse caso prevalecerá a fase beta, mais maleável do que a fase alfa.

Estanho para Fabricação de Mancais

São ligas de estanho usadas para a fabricação de mancais, e contêm cobre, estanho, antimônio e chumbo, elementos que permitem que elas tenham boas propriedades mecânicas, mesmo em temperaturas mais elevadas. (...)

(...) As mais usadas, na indústria automotiva, são a SAE 12 e a ASTM 2.

Tema 5

- Ligas de Zinco

Zinco

O zinco é um metal de estrutura hexagonal compacta. Possui ponto de fusão próximo a 420° C e boa resistência à corrosão. É muito maleável, podendo ser laminado em chapas ou estirado em fios por extrusão. (...)

(...) É usado principalmente como proteção anticorrosiva, seja pela deposição eletroquímica em chapas e componentes de máquinas seja como *primer* em pintura protetiva contra a corrosão e em cataforese de veículos automotivos. (...)

(...) Também é usado como elemento de liga nos latões, ligas para fundição sob pressão e como pigmento.

Zinco Refinado

Conforme especificação da ABNT/P-EB 302, deve possuir pureza de 98% Zn a 99,95% Zn, tendo como impurezas o chumbo, o cádmio e o ferro. (...)

(...) Sua principal aplicação está como elemento de proteção contra a corrosão de instalações industriais, torres de transmissão e navios, devido à técnica de proteção catódica por ânodo de sacrifício. Também pode ser eletrodepositado.

Zinco-Cobre

A liga zinco-cobre contém duas fases intermediárias, γ e ϵ , sendo que a fase γ é de estrutura cúbica de face centrada de Cu_5Zn_8 , que é a fase mais dura e mais frágil da liga. (...)

(...) A fase ϵ é de estrutura CCC, mais maleável. Essas fases ficam entre 59,8% Zn a 87,5% Zn no diagrama de fases ZnCu.

Zinco-Alumínio

Ligas de zinco, alumínio e cobre são conhecidas como Zamac, e são para fundição sob pressão. Também podem conter magnésio. Essas ligas possuem ponto de fusão em torno de 385°C , boas propriedades mecânicas e boa usinabilidade. (...)

(...) Podem ser niqueladas e cromadas e permitem boa aderência de pinturas e vernizes em sua superfície. A tabela a seguir apresenta as principais ligas Zamac, segundo a norma ABNT/P-CB 10, das quais as mais usadas são ZAMAC 3 e ZAMAC 5.

Essas ligas são usadas para fundir, sob pressão, componentes de automóveis, como grades de radiadores, maçanetas, fechaduras, bombas de combustível, tampas dos tanques de abastecimento e componentes internos. (...)

(...) Também são usadas em eletrodomésticos da linha branca, em liquidificadores, ventiladores, refrigeradores, aspiradores e televisores; em coberturas de motores, componentes de equipamentos elétricos, caixas terminais e, além disso, em ferragens para construção civil (...)

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS DE DOIS TIPOS DE ZAMAC

Características	Zamac 3	Zamac 5
Densidade, g/cm ³	6,6	6,7
Intervalo de solidificação, °C	380-386	380-386
Retração, %	4-5	4-5
Coefficiente de dilatação, cm/cm/°C	27 X 10 ⁻⁶	27 X 10 ⁻⁶
Limite de resistência à tração, khf/mm ²	26-30	30-34
Limite de escoamento, kgf/mm ²	25-29	29-33
Módulo de elasticidade, kgf/mm ²	8.500	9.600
Alongamento, %	5-8	3-6
Resistência ao choque Charpy, kgf.m/cm ²	10-12	10,5-12,5
Limite de fadiga (10 ⁸ ciclos), kgf/mm ²	4-8	5-7
Dureza Brinell (10 mm/500 kgf)	(80-90)	(85-95)

Tabela 29 - Propriedades Mecânicas - Ligas Zamac. (CHIAVERINI, Vicente. Tecnologia Mecânica)

Síntese

A partir desta aula você adquiriu conhecimentos sobre ligas não ferrosas, tanto estruturais quanto relacionados às propriedades, às aplicações e aos tratamentos para uso profissional.

Aprofunde seus conhecimentos lendo a rota de aprendizagem 2.