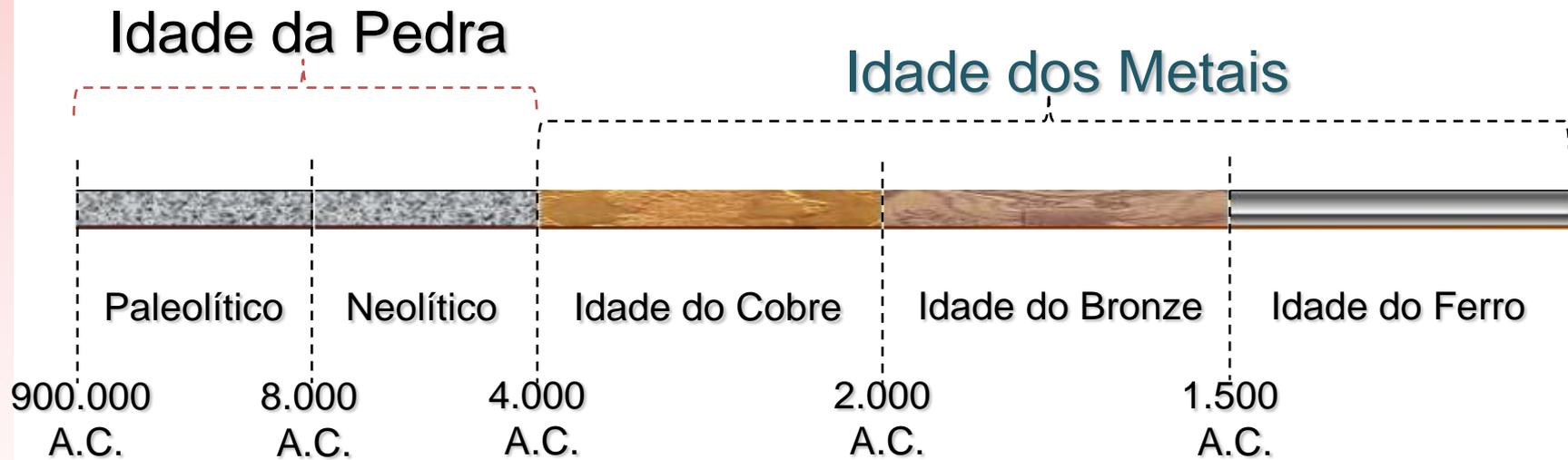


COBRE E SUAS LIGAS

TM242 – Materiais de Engenharia

UFPR – Prof. Scheid

COBRE



COBRE

Histórico da Metalurgia – Idade do Cobre

A fusão do Cobre no Altiplano Iraniano marca o nascimento da metalurgia.

O metal era conhecido como “aes cyprium” (minério do chipre), uma vez que a ilha do chipre era a maior fornecedora de Cobre da antiguidade.



COBRE

Histórico da Metalurgia – Idade do Bronze

O bronze é uma mistura de Cobre e Estanho, que apresenta baixo ponto de fusão.

A liga é mais dura que o Cobre puro, sendo usada na fabricação de lanças, espadas, capacetes, além de ferramentas de adorno.



Molde talhado em pedra



COBRE

Introdução:

Cobre compõe um dos mais importantes grupos de ligas metálicas. São largamente usados devido à excelente condutividade elétrica e térmica, boa resistência à corrosão (atmosférica, em água do mar, produtos químicos e alimentos) e fácil fabricação, moderada resistência à tração e à fadiga. Apresentam ainda boa resistência ao desgaste metal-metal (resistência ao desgaste adesivo) e boa aparência estética.

- Apresenta preço entre 3 e 4 vezes maior que o Al e entre 6 e 7 vezes maior que aços-carbono.
- Forma ligas com os elementos Sn, Zn, Al, Be, Ni e Si.
- Existem reservas de minérios de cobre no Chile, EUA, Canadá, antiga URSS, Peru, Zâmbia e Zaire

COBRE

Propriedades

Número Atômico: 29

Massa Atômica: 63,54

Densidade: 8,93 g/cm³

Estrutura cristalina: Cúbica de Faces Centradas

Módulo de Elasticidade: 115 GPa

Temperatura de fusão: 1083^oC

Condutividade Térmica: 0,941 cal/cm²/cm/ °C/s

Condutividade Elétrica: 1,673 x10⁻⁶ ohms.cm ou 100% IACS - International Annealed Copper Standard

COBRE

Classificação e Designação

O cobre e as ligas de cobre podem ser reunidos em três categorias básicas, que são: **Cobres, Cobres ligados e ligas de cobre.**

- Cobres

Reúne os principais tipos de cobre de emprego na indústria de eletroeletrônicos, incluindo o cobre eletrolítico tenaz e o cobre isento de oxigênio. Nas aplicações em sistemas mecânicos onde a soldabilidade é importante, é usado cobre desoxidado com fósforo.

O cobre eletrolítico tenaz apresenta teor residual de oxigênio de 0,04wt%, que pode se combinar com o hidrogênio proveniente da atmosfera criada pelo processo de soldagem e provocar a fragilização da junta soldada.

O cobre isento de oxigênio não apresenta o problema de soldagem supra citado, entretanto, pela fabricação em processos a vácuo, é mais caro.

COBRE

Classificação e Designação

- Cobre

Considera-se cobre, comumente, o metal que contém 99,3 wt% ou mais desse elemento (incluindo o teor de prata), ao qual não foi adicionado outro elemento, exceto para fins de desoxidação.

- **Cobre eletrolítico tenaz:** contém um teor mínimo de cobre de 99,80 wt% (incluindo a prata até 0,1wt%), um residual de oxigênio entre 0,02 e 0,07 wt% e o restante de outras impurezas (0,01wt%).

- **Cobre desoxidado com fósforo:** contém desde 99,80 a 99,90wt% de cobre (e prata), teores residuais de fósforo entre 0,004 e 0,040wt%. Em casos especiais com baixo teor de fósforo, a faixa está entre 0,001 e 0,005wt% de fósforo.

- **Cobre isento de oxigênio:** apresenta cobre na faixa de 99,95 a 99,99wt% de cobre (e prata), sem teores individuais de óxido cuproso ou desoxidantes (como o fósforo).

COBRE

Classificação e Designação

O cobre e as ligas de cobre podem ser reunidos em três categorias básicas, que são: cobres, cobres ligados e ligas de cobre.

- Cobres Ligados

Os cobres ligados são ligas que apresentam teor de elementos de liga muito baixo.

A adição destes pequenos teores de elementos de liga visa elevar as outras propriedades (exceto a condutividade elétrica e térmica), como: resistência em temperatura mais elevada, resistência mecânica em temperatura ambiente ou ainda usinabilidade.

COBRE

Classificação e Designação

- Cobre Ligados

- **Ligas Cobre-prata:** apresentam entre 0,025 e 0,095 wt% de prata. Nestes teores, a prata solubiliza-se totalmente no cobre. A presença de prata eleva a resistência à fluência em temperaturas relativamente elevadas, preservando a elevada condutividade elétrica (100% IACS). Quando encruado, apresenta maior resistência até temperatura na faixa da soldagem por brasagem fraca (branca).

- **Ligas Cobre-cádmio:** Apresentam teor de cádmio entre 0,05 e 0,3 wt%, o qual se solubiliza totalmente no cobre. A presença do cádmio eleva a resistência à fadiga e ao desgaste, entretanto, a condutividade elétrica é reduzida para a faixa de 85 a 96% IACS.

COBRE

Classificação e Designação

- Cobre Ligados

- **Ligas Cobre-cromo:** apresentam entre 0,6 e 1,2 wt% de cromo. Nestes teores, o cromo promove a formação de fases que permitem a aplicação do tratamento térmico de solubilização e envelhecimento. Assim, quando tratado termicamente, atinge elevada resistência mecânica e resistência à queda de dureza em alta temperatura (até cerca de 400⁰C). Desta forma, as ligas apresentam condutividade elétrica entre 40 e 80% IACS.

- **Ligas Cobre-zircônio:** Apresentam teor de zircônio entre 0,13 e 0,20 wt%, o qual permite a aplicação de tratamento térmico de solubilização e envelhecimento, elevando a resistência mecânica e a resistência a quente até cerca de 450⁰C. A condutividade elétrica é muito boa, sendo mantida em cerca de 93% IACS.

COBRE

Classificação e Designação

- Cobre Ligados

- **Ligas Cobre-telúrio**: apresentam entre 0,4 e 0,6 wt% de telúrio. Nestes teores, o telúrio promove a formação de finas partículas de fases intermetálicas cobre-telúrio, o que eleva a usinabilidade das ligas. Desta forma, as ligas apresentam condutividade elétrica de cerca de 93% IACS.

COBRE

Classificação e Designação

O cobre e as ligas de cobre podem ser reunidos em três categorias básicas, que são: cobres, cobres ligados e ligas de cobre.

- Ligas de Cobre

- As ligas de cobre se classificam de acordo com o tipo de elemento básico adicionado recebendo, em alguns casos, algumas denominações tradicionais como: latão, bronze ou alpacas, etc.

Latões – ligas cobre-zinco

Bronzes – ligas cobre-estanho

Cupro-níqueis – ligas cobre-níquel ou Alpacas

Ligas cobre-alumínio (ou bronzes ao alumínio)

Bronzes de silício – ligas cobre-silício

Ligas Cobre-berílio

COBRE

Classificação e Designação

- Ligas de Cobre

Latões – ligas cobre-zinco

Os latões, utilizados mais como ligas conformadas do que fundidas, abrangem um grande número de ligas com teores de zinco entre 5 e 50 wt%, podendo conter ainda outros elementos de liga.

Os latões com até 37 wt% de zinco são monofásicos em temperatura ambiente (latões alfa).

Os latões com zinco na faixa de 37 a 45 wt% são bifásicos, apresentando a fase beta em adição à alfa.

Os latões com zinco na faixa de 45 a 50 wt% tornam-se monofásicos novamente, entretanto, apresentam somente fase beta (latões beta).

COBRE

Classificação e Designação

- Ligas de Cobre

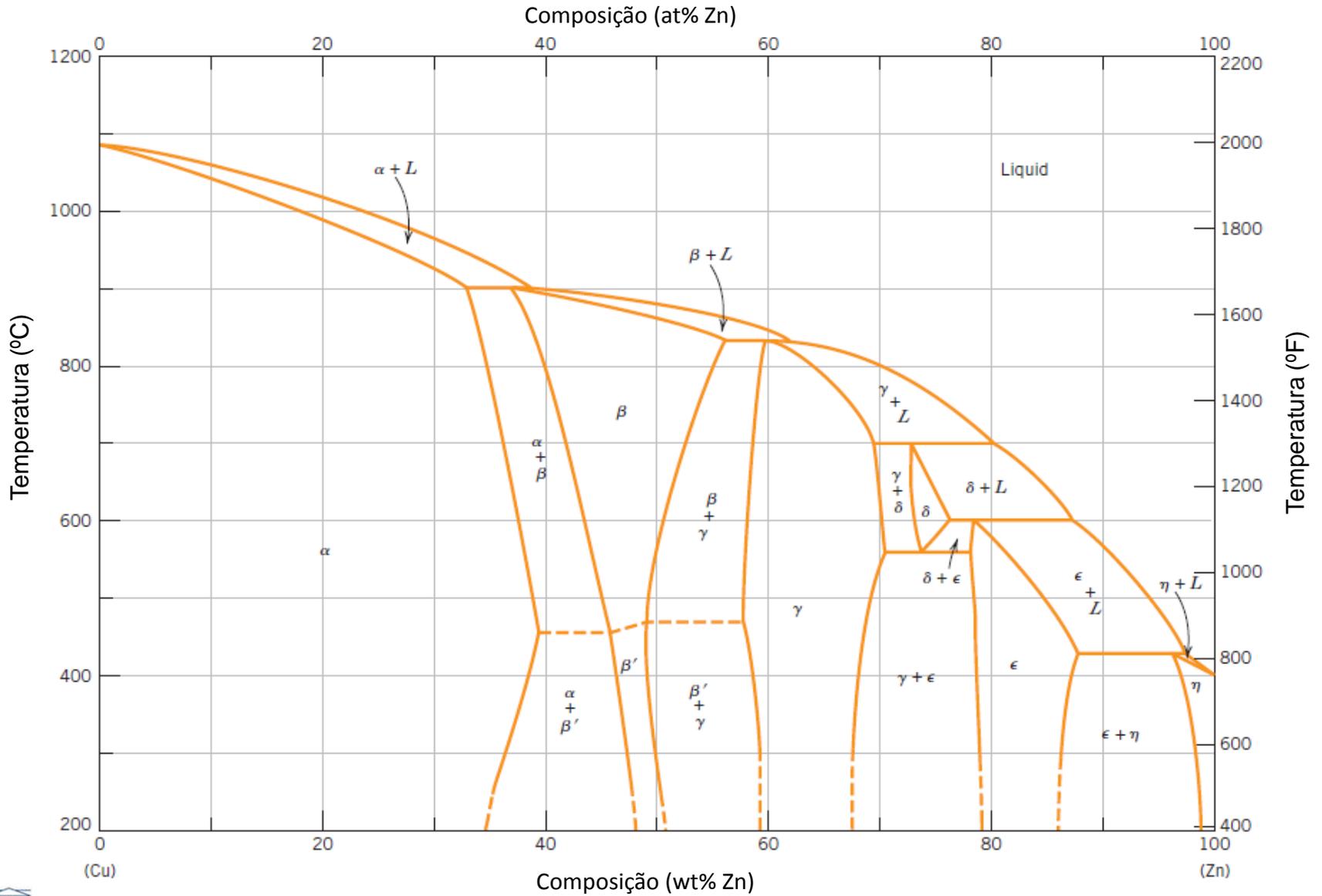
Latões – ligas cobre-zinco

Latões alfa apresentam aumento da resistência mecânica e da ductilidade para aumento do teor de zinco até 30 wt%.

Latões bifásicos (alfa-beta) apresentam aumento mais significativo da resistência mecânica, com redução da ductilidade.

A resistência à corrosão é reduzida em determinados meios com o aumento do teor de zinco, uma vez que aparece o fenômeno de dezincificação.

COBRE E SUAS LIGAS



COBRE

Classificação e Designação

- Ligas de Cobre

Bronzes – ligas cobre-estanho

Os bronzes comuns apresentam entre 2 e 10 wt% de estanho nas ligas conformadas e entre 5 e 11 wt% de estanho para as ligas fundidas.

Até cerca de 8 wt%, as ligas podem ser trabalhadas a frio, a fim de elevar a dureza e o limite de escoamento.

O aumento do teor de estanho até cerca de 15% é acompanhado de elevação da resistência mecânica, com conseqüente queda da ductilidade a partir de 5 wt% deste elemento.

As propriedades mecânicas melhoram com a desoxidação com fósforo.

COBRE

Classificação e Designação

- Ligas de Cobre

Bronzes – ligas cobre-estanho

Ligas contendo entre 8 e 16 wt% de estanho podem ser monofásicas, com fase alfa (solução sólida de estanho em cobre).

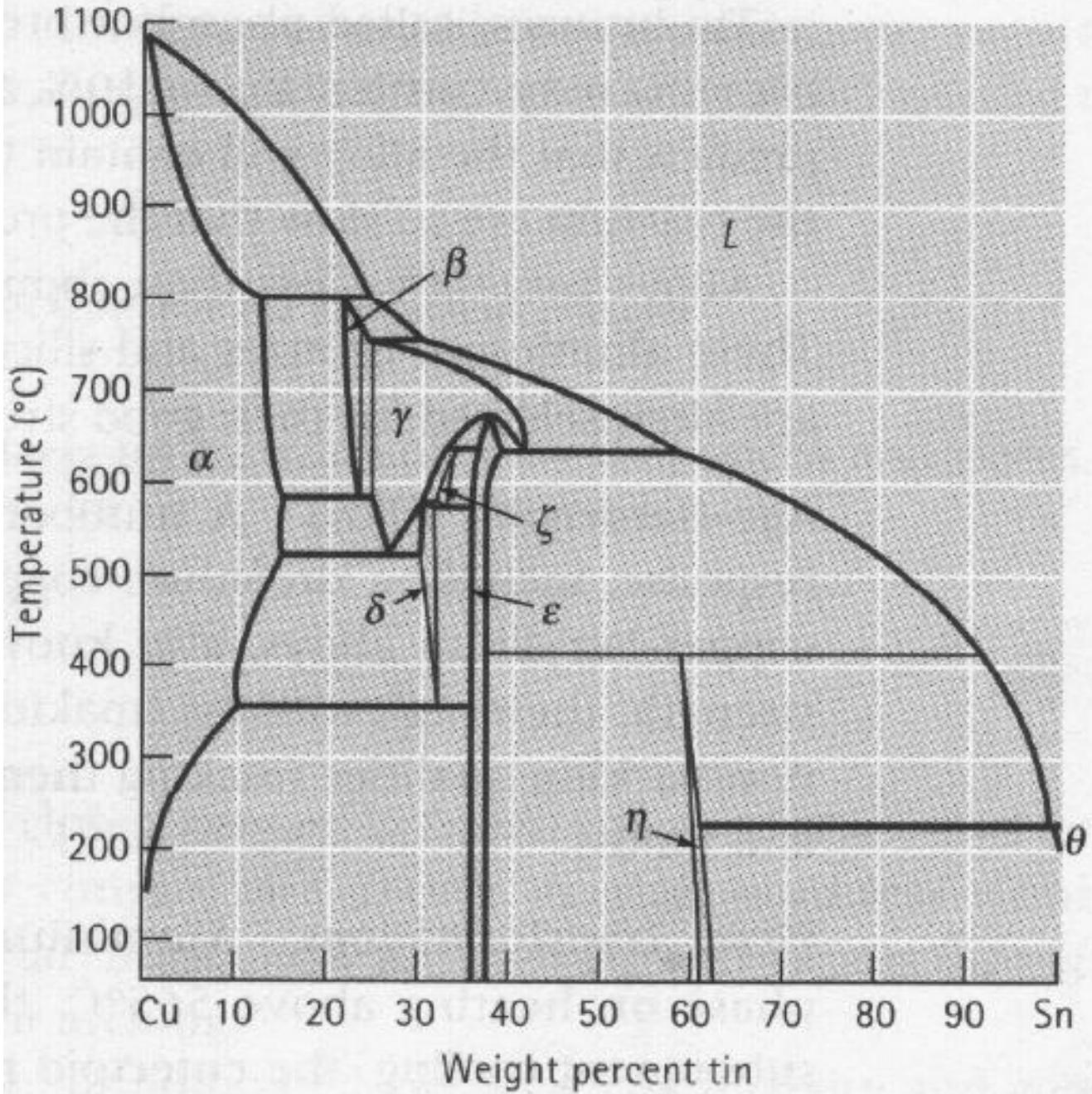
Para teores superiores a 16 wt%, surge uma fase intermetálica cobre-estanho, chamada de fase delta, com elevada dureza.

A associação de uma matriz dúctil e relativamente resistente à tração (fase alfa), com partículas dispersas de elevada dureza (fase delta), confere à liga características de material antifricção, o que torna a liga adequada para a fabricação de mancais de deslizamento.

Chumbo pode ser adicionado aos bronzes, conferindo melhores propriedades antifricção, melhor usinabilidade e estanqueidade (peças fundidas).

Ao contrário dos latões, os bronzes são preferencialmente fabricados por fundição.

COBRE E SUAS LIGAS



COBRE

Classificação e Designação

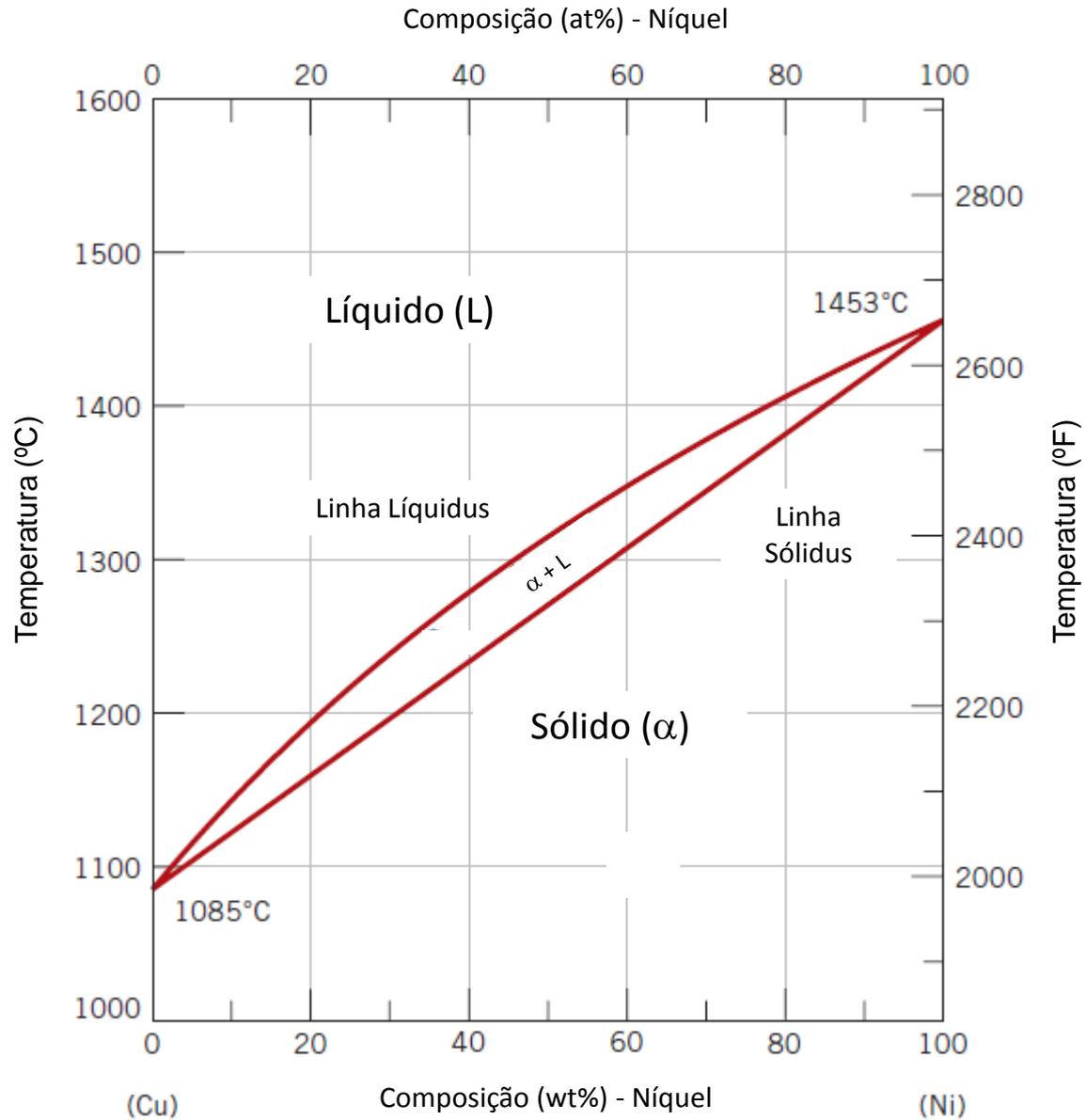
- Ligas de Cobre

Cupro-níqueis – ligas cobre-níquel

Estas ligas formam uma série contínua de soluções sólidas, permanecendo monofásicas para qualquer composição.

Pequenos teores de ferro e manganês elevam a resistência à corrosão-erosão pela ação do fluxo de água.

Podem aparecer silício e berílio nas ligas para fundição, o que eleva a resistência à corrosão e resistência mecânica.



COBRE

Classificação e Designação

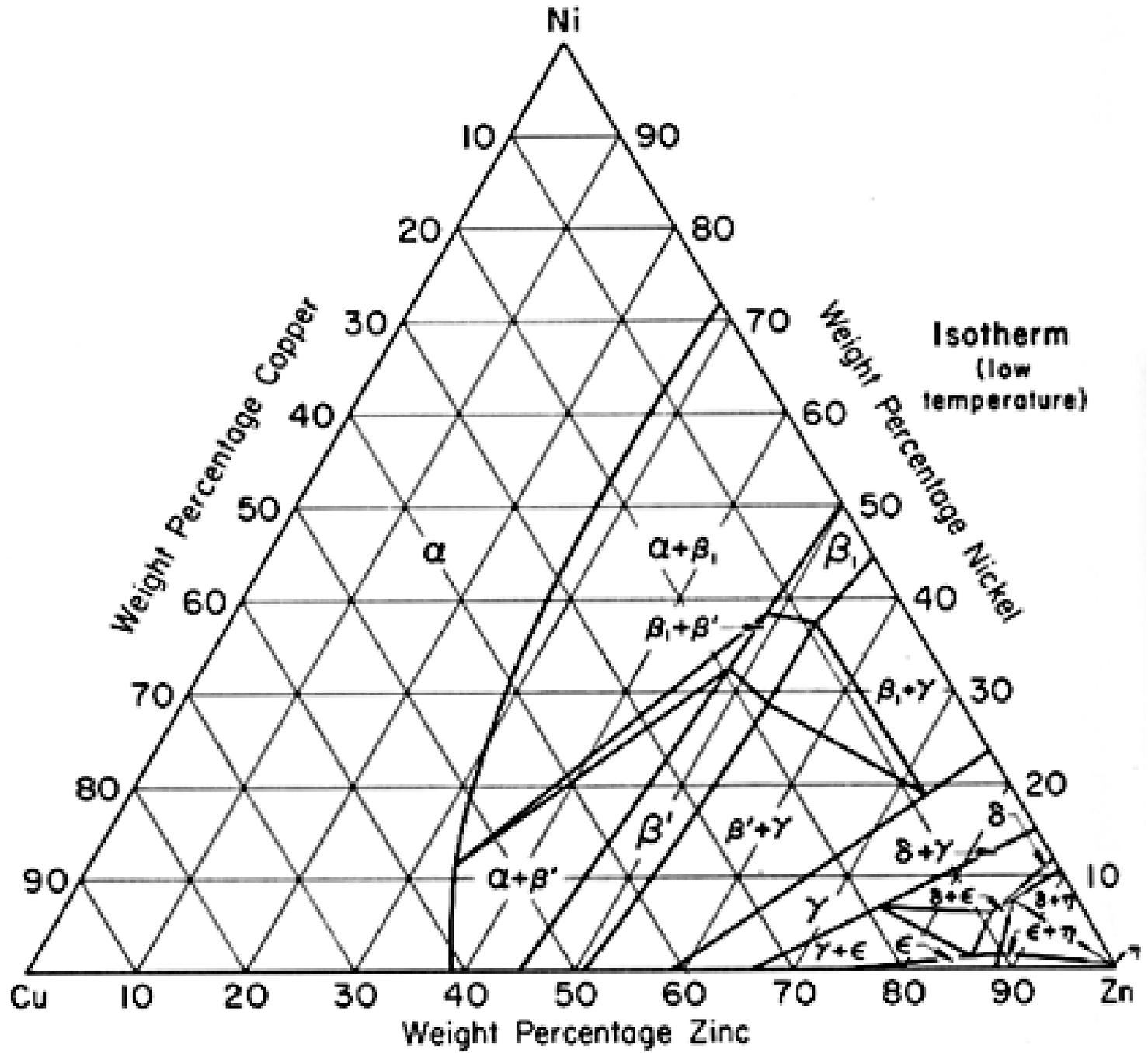
- Ligas de Cobre

Ligas Cobre-níquel-zinco

Alpacas são ligas ternárias cobre-níquel-zinco, que eventualmente podem conter teores significativos de outros elementos, como o chumbo, por exemplo. Estas ligas contêm de 10 a 30 wt% de níquel, porém comercialmente em geral até 18 wt% de níquel, 45 a 70 wt% de cobre e o restante de zinco.

As alpacas são soluções sólidas homogêneas que podem ser deformadas a frio e a quente, além de serem resistentes à corrosão.

A adição de chumbo, além de aumentar a usinabilidade, permite o uso das alpacas para a fabricação de materiais para gravação com fins decorativos.



COBRE

Classificação e Designação

- Ligas de Cobre

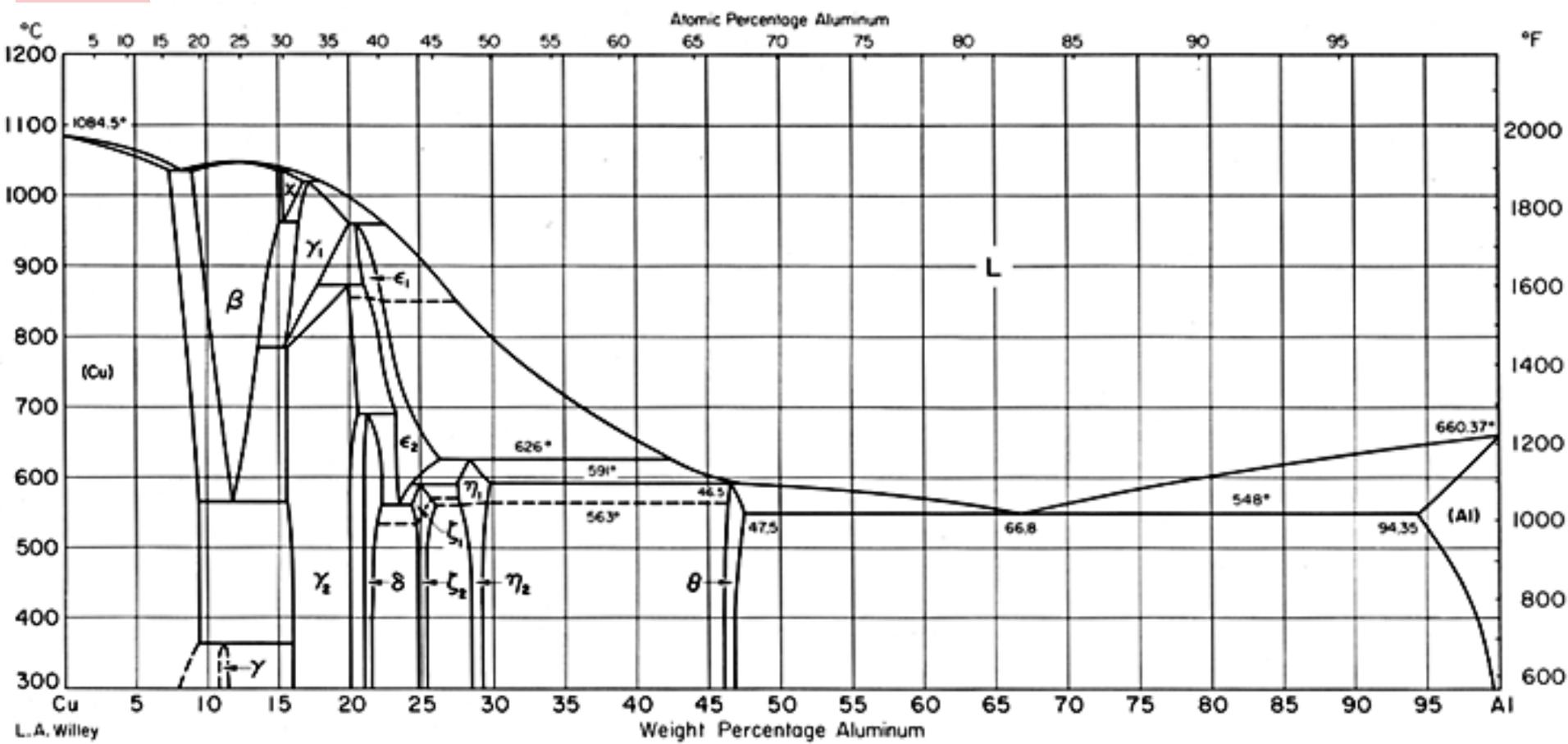
Ligas cobre-alumínio (ou bronzes ao alumínio)

As ligas com até 5 wt% de alumínio desenvolvem estrutura monofásica, caracterizando-se pela elevada resistência mecânica e resistência à corrosão, além da elevada conformabilidade à frio.

Para ligas com alumínio entre 8 e 9 wt%, a estrutura é bifásica e as ligas caracterizam-se pela elevada resistência à oxidação e conformabilidade a quente. O ferro adicionado eleva a resistência mecânica, enquanto o manganês, eleva a soldabilidade.

Bronzes de silício – ligas cobre-silício

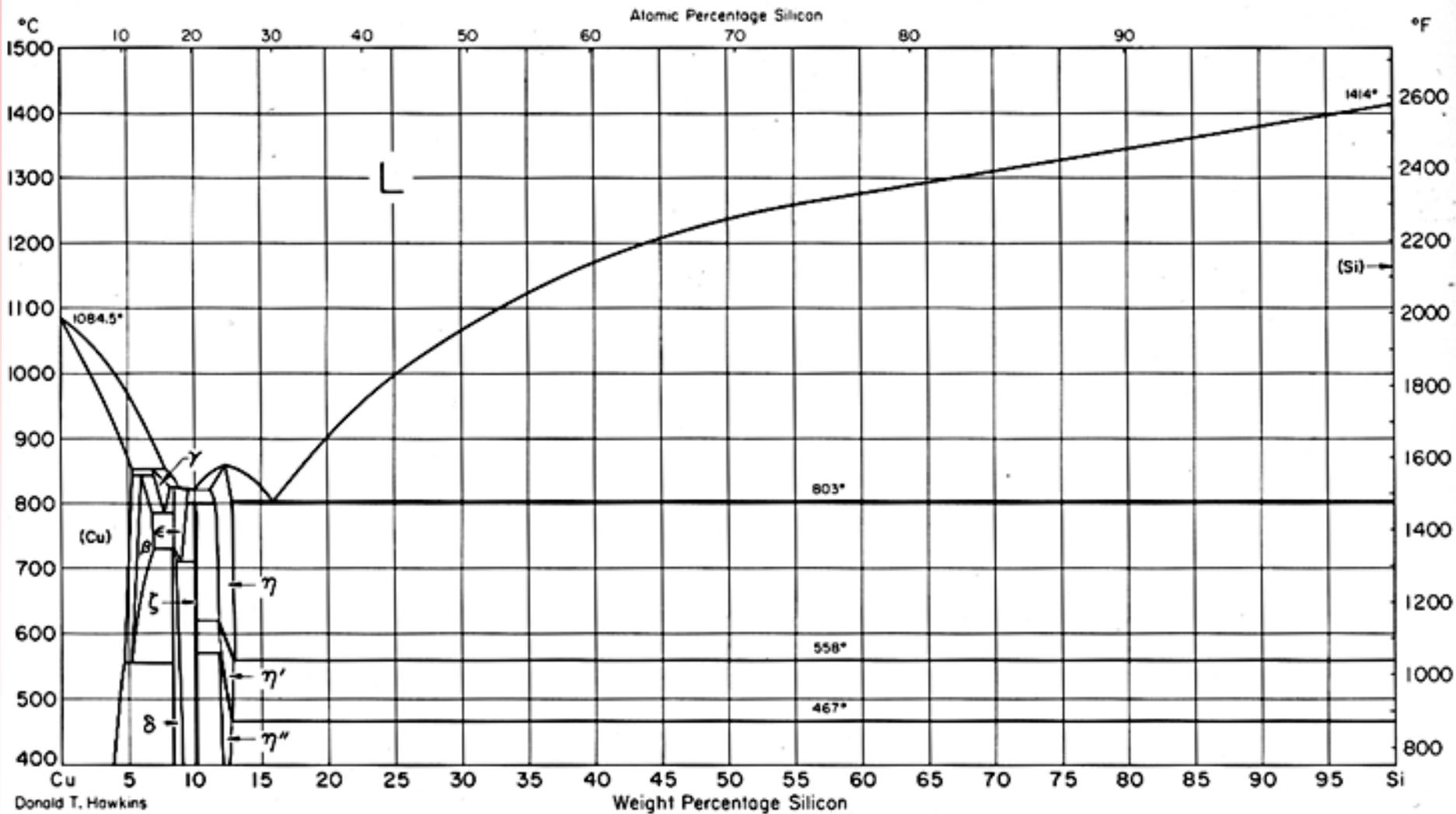
Apresentam elevada resistência à corrosão por ácidos e elevada soldabilidade, como consequência do teor de silício. As ligas conformadas apresentam até 3 wt% de silício, enquanto para fundição podem ter entre 4 e 5 wt% deste elemento.



L.A. Willey



Cu-Si Copper-Silicon



COBRE

Classificação e Designação

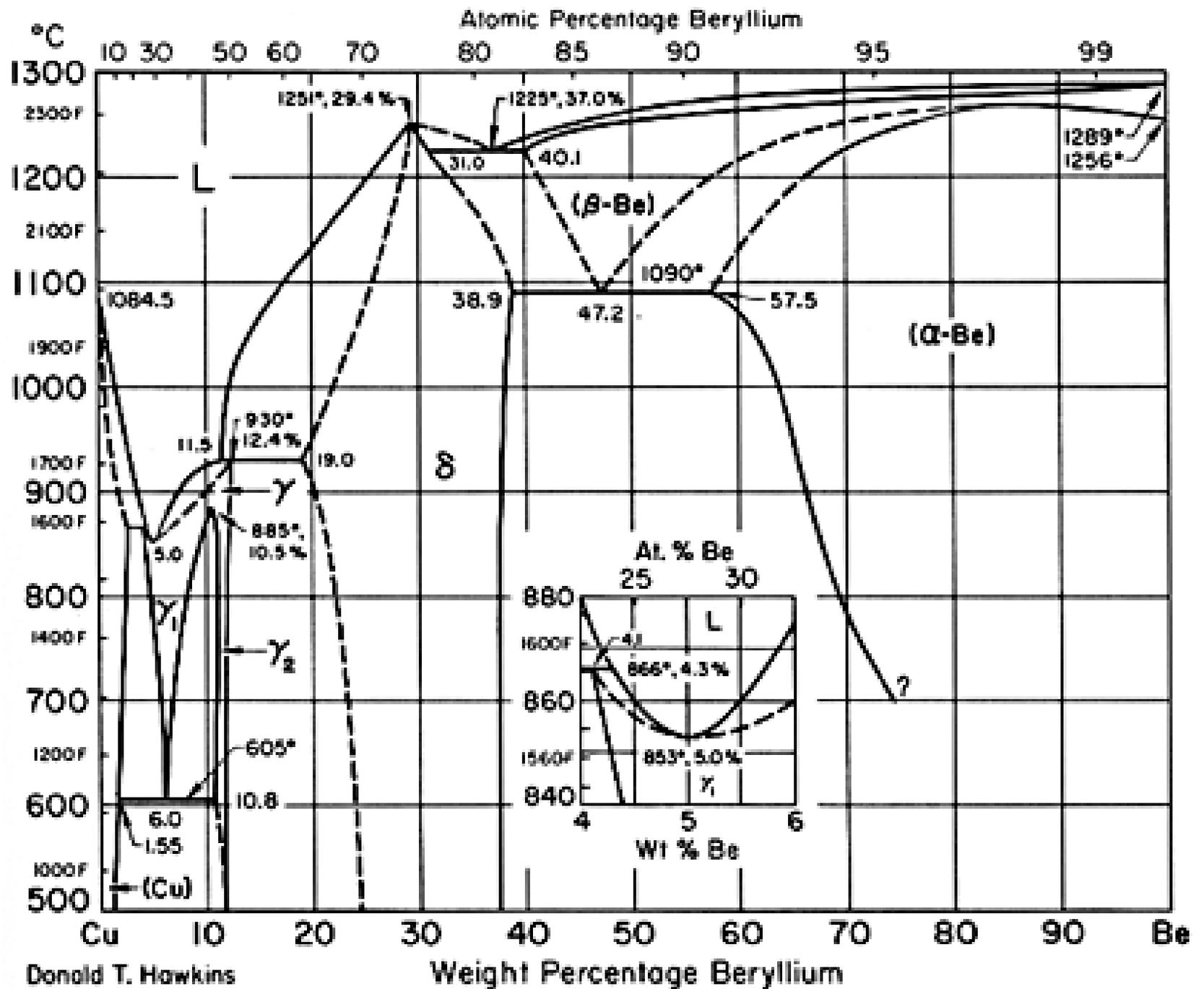
- Ligas de Cobre

Ligas cobre-berílio

Estas ligas contém entre 1,5 e 3,0 wt% de berílio, além de pequenos teores de cobalto, níquel e ferro.

Na condição solubilizada e envelhecida, essas ligas apresentam elevada resistência mecânica, elevado limite de escoamento e maior resistência à fadiga.

COBRE E SUAS LIGAS



Donald T. Hawkins

COBRE

Classificação e Designação

Os materiais à base de cobre podem ser divididos em duas categorias: ligas trabalhadas e ligas fundidas.

Cobres dúcteis são usados na forma de produtos conformados (barras, tubos, chapas, perfis e arames).

Na forma fundida, estão normalmente os latões e os bronzes.

A designação do cobre e suas ligas segue a numeração UNS (Unified Numbering System – SAE / ASTM), conforme segue:

Ligas trabalhadas:

- Cobres (incluindo cobre ligado com prata): 10100 a 13000
- Cobres ligados: 14000 a 16000
- Ligas de cobre: 17000 a 70000

Ligas fundidas:

- Utilizam a numeração entre 80000 e 90000.

COBRE

Sistema de designação de têmperas

Cobre apresenta um sistema de designação de têmpera baseada no mecanismo de endurecimento:

- Grau de encruamento obtido nos processos de conformação
- Grau de endurecimento por tratamento térmico (solubilização e envelhecimento).

H00 – H86 – Encruamento por trabalho a frio em diversos níveis

HR01 a HR50 – Encruamento + tratamento térmico de alívio de tensões

M01 a M45 – Condição como fabricado (fundido ou forjado)

O10 – O82 – Tratamento térmico de recozimento visando determinadas propriedades mecânicas

OS005 a OS200 – Recozimento para acerto do tamanho de grão

TB00, TD00 a TD04, TF00, TH01 a TH04, TL00 a TL10 – usado para diversas combinações de tratamentos termomecânicos, encruamento e tratamento térmico de solubilização e envelhecimento, além de outras designações incluindo a soldagem.

COBRE

Classificação e Designação

Ligas Trabalhadas

- C1XXXX - Cobre e Cobre ligado
- C2XXXX – Latões (Cu-Zn)
- C3XXXX – Bronzes (Cu-Sn)
- C4XXXX - Bronze com Zn
- C5XXXX - Bronze Fosforoso
- C61XXX - C64XXX- Cobre Alumínio
- C65XXX- Cobre Silício
- C66XXX - C69XXX- bronzes especiais
- C7XXXX - Cobre Níquel

Ligas Fundidas

- C8XXXX – Latões (Cu-Zn), ligas Cu-Cr, Cu-Co e Cu-Be
- C9XXXX – Bronzes (Cu-Sn), ligas Cu-Al, Cu-Ni e Cu-Ni-Zn

COBRE

Composições – Ligas Trabalhadas

| DESIGNAÇÃO | ELEMENTOS QUÍMICOS BÁSICOS (EM %) | | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------------------|-------|---------|---------|-----------|-----------|-------|----------|----------|---------|---------|-----------|-----------------|
| | Cu | Ag | Cr | Te | Cd | Zr | Zn | Sn | Ni | Al | Si | Be | Outros |
| COBRE | | | | | | | | | | | | | |
| C 11000 | 99,90 mín. | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,040 |
| C 10300 | 99,95 mín. | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,001-0,005P |
| C 10100 | 99,95 mín. | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| COBRE LIGADO | | | | | | | | | | | | | |
| C 11300 | 99,0-99,9 | 0,027 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,040 |
| C 18200 | rest. | - | 0,6-1,2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| C 14500 | 99,90 mín. | - | - | 0,4-0,6 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| C 14300 | 99,8-99,9 | - | - | - | 0,05-0,15 | - | - | - | - | - | - | - | 0,004-0,012P |
| C 15000 | 99,95 mín. | - | - | - | - | 0,13-0,20 | - | - | - | - | - | - | - |
| LIGAS DE COBRE | | | | | | | | | | | | | |
| C 21000 | 94,0-96,0 | - | - | - | - | - | rest. | - | - | - | - | - | - |
| C 26000 | 68,5-71,5 | - | - | - | - | - | rest. | - | - | - | - | - | - |
| C 28000 | 59,0-63,0 | - | - | - | - | - | rest. | - | - | - | - | - | - |
| C 52100 | 90,5-92,8 | - | - | - | - | - | - | 7,0-9,0 | - | - | - | - | 0,03-0,35P |
| C 52400 | 88,3-90,1 | - | - | - | - | - | - | 9,0-11,0 | - | - | - | - | 0,03-0,35P |
| C 70600 | rest. | - | - | - | - | - | - | - | 9,0-11,0 | - | - | - | 1-1,8Fe |
| C 74500 | 63,5-68,5 | - | - | - | - | - | rest. | 9,0-11,0 | - | - | - | - | - |
| C 60600 | 92,0-96,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | 4,0-7,0 | - | - | - |
| C 65100 | rest. | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,8-2,0 | - | - |
| C 17000 | rest. | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,60-1,79 | 0,20 Ni+Co mín. |

COBRE

Composições – Ligas Fundidas

ELEMENTOS QUÍMICOS BÁSICOS (%)

| DESIGNAÇÃO | Cu | Sn | Pb | Zn | Fe | Al | Mn | Ni | Si | Outros |
|-------------------|------|----|-----|-----|-----|----|-----|----|-------|-----------------|
| LIGAS MAIS COMUNS | | | | | | | | | | |
| C 83600 | 85 | 5 | 5 | 5 | - | - | - | - | - | - |
| C 84400 | 81 | 3 | 7 | 9 | - | - | - | - | - | - |
| C 84800 | 76 | 3 | 6 | 15 | - | - | - | - | - | - |
| C 85400 | 67 | 1 | 3 | 29 | - | - | - | - | - | - |
| C 85800 | 58 | 1 | 1 | 40 | - | - | - | - | - | - |
| C 86300 | 63 | - | - | 25 | 3 | 6 | 3 | - | - | - |
| C 86500 | 58 | - | - | 39 | 1 | 1 | 1 | - | - | - |
| C 87200 | 89 | - | - | 5 | 2,5 | 1 | - | - | 1 a 5 | - |
| C 87500 | 82 | - | - | 14 | - | - | - | - | 4 | - |
| C 90300 | 88 | 3 | - | 4 | - | - | - | - | - | - |
| C 92200 | 88 | 6 | 1,5 | 4,5 | - | - | - | - | - | - |
| C 93700 | 80 | 10 | 10 | - | - | - | - | - | - | - |
| C 94300 | 70 | 5 | 25 | - | - | - | - | - | - | - |
| C 95300 | 89 | - | - | - | 1 | 10 | - | - | - | - |
| C 95800 | 81,3 | - | - | - | 4 | 9 | 1,2 | - | - | - |
| C 97600 | 64 | 4 | 4 | 8 | - | - | - | 20 | - | - |
| C 97800 | 66 | 5 | 2 | 2 | - | - | - | 25 | - | - |
| C 81100 | 99,7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| C 81400 | 99 | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,8Cr-0,06Be |
| C 81800 | 97 | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,4Be-1,5Co-1Ag |
| C 82400 | 98 | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,7 Be-0,3Co |
| C 96400 | 70 | - | - | - | - | 1 | - | 30 | - | 1,5Nb |

COBRE

Propriedades – Ligas Trabalhadas

| METAL/LIGA (Designação) | CONDIÇÃO (Forma) | LIMITE DE RESISTÊNCIA (MPa) | LIMITE DE ESCOAMENTO (MPa) | ALONGAMENTO (% em 50 mm) |
|------------------------------------|---|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| COBRE ELETROLÍTICO (C 11000) | Recozido Encruado | 220 395 | 69 365 | 45 4 |
| COBRE-PRATA (C 11300) | Recozido Encruado | 235 395 | 72 365 | 45 4 |
| COBRE-CÁDMIO (C 14300) | Recozido Encruado | 220 400 | 75 385 | 42 3 |
| COBRE-CROMO (C 18200) | Solubilizado Solubilizado + encruado + precipitado | 235 460 | 130 405 | 40 14 |
| COBRE-ZIRCÔNIO (C 15000) | Recozido (barra 6 mm) Solubilizado + encruado + precipitado + encruado (barra 9,5 mm) | 285 470 | 250 440 | 34 11 |
| COBRE-TELÚRIO (C 14500) | Recozido (barra 13 mm) Encruado (idem .) | 230 330 | 76 305 | 46 15 |

COBRE

Propriedades – Ligas Trabalhadas

| LIGA | CONDIÇÃO (Forma) | LIMITE DE RESISTÊNCIA (MPa) | LIMITE DE ESCOAMENTO (MPa) | ALONGAMENTO (% em 50 mm) |
|-------------------------------------|---|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| LATÃO 95-5 (C 21000) | Recozido | 235 | 64 | 45 |
| | Encruado | 440 | 400 | 4 |
| LATÃO 70-30 (C 26000) | Recozido | 300 | 75 | 68 |
| | Encruado | 680 | – | 3 |
| LATÃO 60-40 (C 28000) | Recozido | 370 | 145 | 45 |
| | Encruado | 485 | 345 | 10 |
| BRONZE 92-8 (C 52100) | Recozido | 380 | – | 70 |
| | Encruado | 825 | – | 2 |
| BRONZE 90-10 (C 52400) | Recozido | 455 | – | 68 |
| | Encruado | 885 | – | 3 |
| COBRE-NÍQUEL 90-10 (90 70600) | Recozido | 350 | 90 | 35 |
| | Encruado | 585 | 540 | 3 |
| ALPACA 65-10-25 (C 74500) | Recozido | 340 | 125 | 49 |
| | Encruado | 655 | 525 | 3 |
| COBRE-ALUMÍNIO 95-5 (C 60600) | Recozido (placa 13 mm) | 310 | 115 | 40 |
| | Encruado (idem) | 415 | 165 | 35 |
| COBRE-SILÍCIO 98,5-1,5 (C 65100) | Recozido | 275 | 105 | 50 |
| | Encruado (idem) | 620 | 460 | 12 |
| COBRE-BERÍLIO 98-2 (C 17000) | Solubilizado (tira) | 410-540 | 190-370 | 35-60 |
| | Solubilizado + precipitado + (idem) | 1030-1240 | 895-1140 | 4-10 |

COBRE

Soldabilidade

Cobre e suas ligas são mais comumente soldados por processos a arco como GTAW, GMAW e SMAW. Podem ainda ser soldados por oxigás, laser, feixe de elétrons, resistência, ultrassom, centelhamento, fricção e pressão e podem ser unidos também por brasagem.

GTAW – Uso mais frequente com espessuras até 3 mm com chanfro reto e sem metal de adição, enquanto acima de 3mm espessura deve-se usar adição. Acima de 6mm o processo mais adequado é o GMAW.

- Minimizar ZTA principalmente para ligas endurecidas por precipitação
- CC- é a polaridade mais usada. Alta frequência pode ser usada nas ligas com Al e Be para quebrar filme de oxido
- Eletrodo EWTh-2 é o mais utilizado

COBRE

Soldabilidade

Cobre e suas ligas são soldáveis a arco mas apresentam pior soldabilidade que os aços.

As dificuldades da soldagem a arco de cobre são:

- 1- Elevada condutividade térmica tende a causar falta de fusão (ou dificuldade de fusão).
- 2- Elevada expansão térmica causa tensionamento e trincamento.
- 3- Baixo ponto de fusão pode induzir à formação de inclusões de escória, especialmente pelo processo SMAW. A escória pode ter maior temperatura de fusão do que o metal fundido.
- 4- O coalescimento dos grãos pode levar a degradação das propriedades.
- 5- Elementos presentes como chumbo, estanho, bismuto e fósforo podem causar fragilização e trincamento. Vapores de zinco podem impedir a completa fusão.

COBRE

Soldabilidade

Cobre apresenta condutividade térmica extremamente elevada (oito vezes maior que a dos aços). Desta forma, o calor do arco é dissipado rapidamente da solda para o metal base e, conseqüentemente, a penetração pode ter difícil atendimento, resultando em falta de fusão na raiz.

Pré-aquecimento da junta é necessário em diversos casos a fim de assegurar a boa penetração.

Porosidade devida a hidrogênio dissolvido pode ocorrer durante a soldagem de cobre.

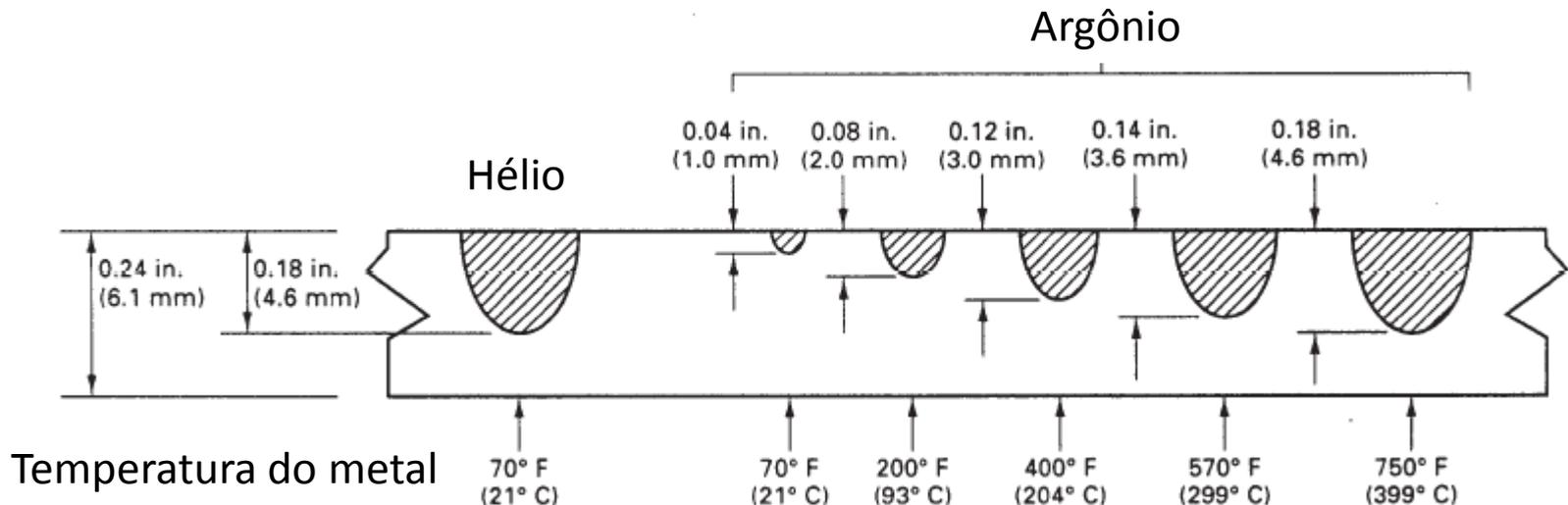
Cobre puro e desoxidado com oxigênio devem ser soldados com composições similares às das ligas usadas.

COBRE

Soldabilidade

Seções até 1,6mm são soldadas com argônio como gás de proteção. Em seções com maior espessura, redução da velocidade de soldagem e pré-aquecimento torna-se necessário quando for usado argônio.

Para seções com espessura maior que 1,6mm, hélio é preferido como gás de proteção, reduzindo a tendência ao aprisionamento de oxigênio. Para mesma corrente de soldagem, maiores velocidades poderão ser usadas com hélio, já que a penetração é maior.



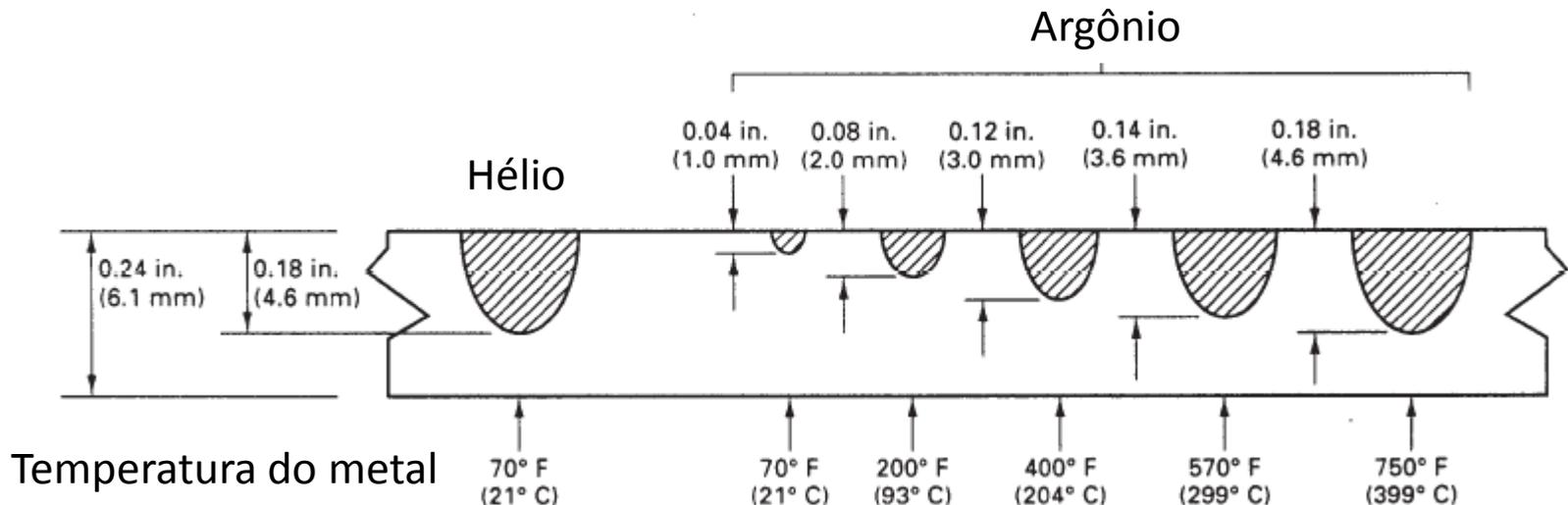
COBRE

Soldabilidade

Misturas de argônio e hélio poderão ser usados, resultando em características intermediárias.

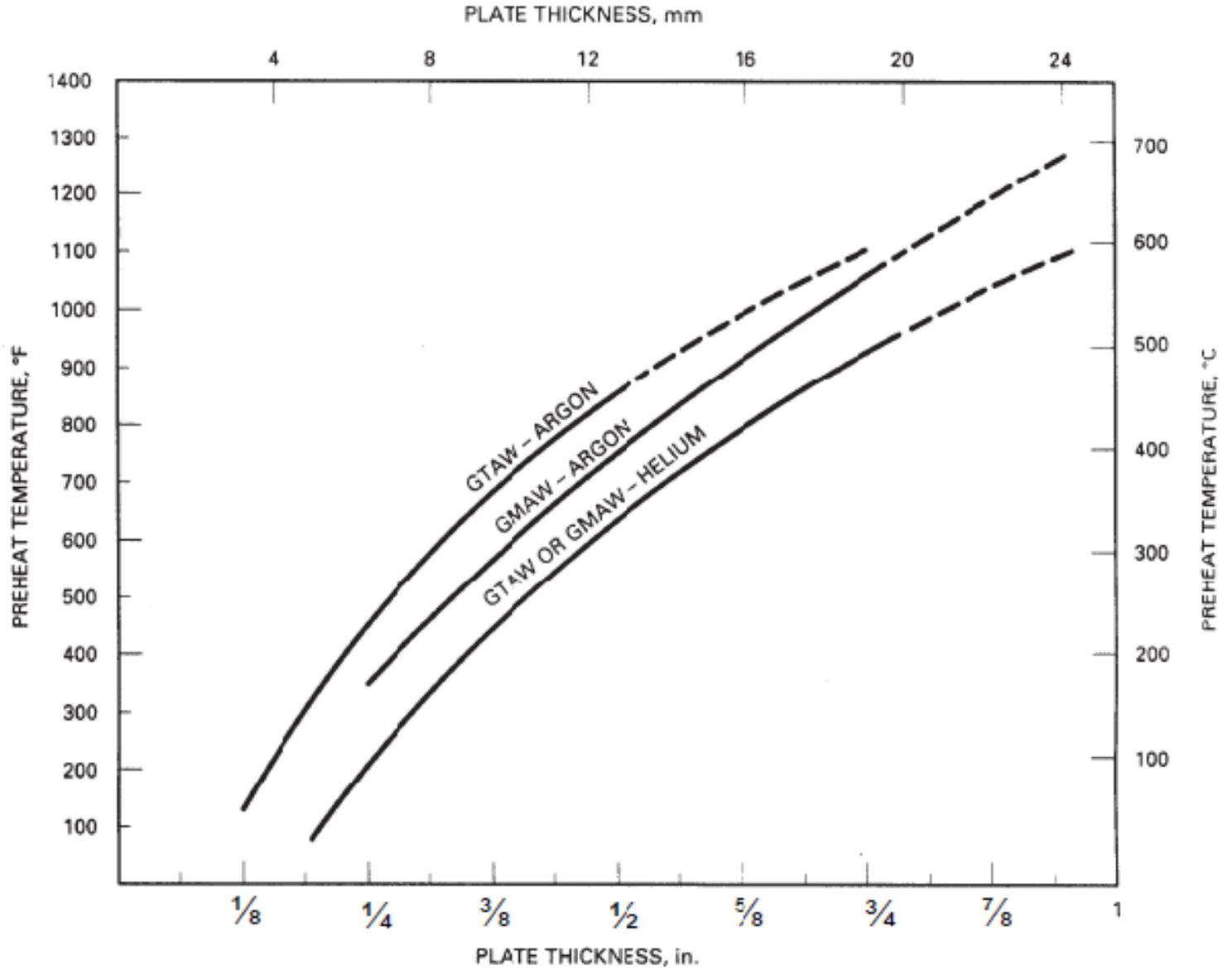
Misturas entre 65 e 75% de hélio com argônio provém boa penetração (efeito do hélio) e maior facilidade de controle (efeito do argônio).

O fluxo de gás de proteção varia entre 7,1 e 19 L/min. Seções mais espessas requerem maior corrente de soldagem, podendo ser necessária a adoção de um fluxo maior que 19 L/min.



COBRE

Soldabilidade



COBRE

Soldabilidade

GMAW é o processo preferido para seções maiores que 6mm e para a união de bronzes ao alumínio, ao silício e ligas cobre-níquel.

Este processo é preferível ao GTAW porém, para algumas aplicações específicas, o maior aporte térmico pode ser um problema pela formação de maior ZTA.

Usa-se corrente contínua polaridade positiva (CC+).

O gás de proteção usado é argônio ou misturas de Ar + He para maiores aportes térmicos.

Chanfro reto até 3 mm e V entre 3 e 13mm. Acima de 13 duplo V ou duplo U são adotados.

Normalmente usa-se posição plana e transferência spray. Para soldagem fora de posição GMAW preferível a GTAW ou SMAW. Restrito a Al Bronze, Si Bronze e Cu-Ni, adota-se transferência globular ou curto circuito.

COBRE

Soldabilidade

O processo SMAW usado para ligas de cobre, quando comparado ao SMAW de aços baixo carbono, requer:

- maior abertura de raíz,
- maior ângulo de chanfro,
- maior ponteamto,
- maior pré-aquecimento e temperatura de interpasses
- maiores correntes de soldagem.

Restrito para soldagem em posição plana

Polaridade CC+ comparado com soldagem do aço, para cobre utiliza-se corrente de 30 a 40 % maior.

COBRE

Soldabilidade

Eletrodos conforme AWS A5.6 para processo SMAW

| AWS class. | Common name | Nominal % of main elements in ⁽²⁾ and tensile requirements for weld metal | | | | | | | | | | |
|------------|----------------------------------|---|-------|-------|-----|-------|-----|-----|-----|-------|---------------------------------|----------------|
| | | Cu | Sn | Mn | Fe | Si | Ni | P | Al | Ti | TS, min (N/mm ²) | EI, min (%) |
| ECu | Copper | 99.5 | | | | | | | | | 170 | 20 |
| ECuSi | Silicon bronze | 94.7 | (0.8) | (0.8) | | 3.2 | | | | | 350 | 20 |
| ECuSn-A | Phosphor bronze | 94.4 | 5.0 | | | | | 0.2 | | | 240 | 20 |
| ECuSn-C | Phosphor bronze | 91.4 | 8.0 | | | | | 0.2 | | | 280 | 20 |
| ECuNi | Copper nickel | 65.5 | | 1.8 | 0.6 | | 31 | | | (0.3) | 250 | 20 |
| ECuAl-A2 | Aluminum bronze | 87.6 | | | 2.8 | (0.8) | | | 7.8 | | 410 | 20 |
| ECuAl-B | Aluminum bronze | 85.6 | | | 3.8 | (0.8) | | | 8.8 | | 450 | 10 |
| ECuNiAl | Nickel aluminum bronze | 79.4 | | 2.0 | 4.5 | (0.8) | 5.0 | | 7.3 | | 500 | 10 |
| ECuMnNiAl | Manganese-nickel aluminum bronze | 74.1 | | 12 | 4.0 | (0.8) | 1.8 | | 6.3 | | 520 | 15 |

COBRE

Soldabilidade

Eletrodos conforme AWS A5.7 para processo GMAW e GTAW

| AWS classification | Common name | Nominal % of main elements in wire and rod ⁽²⁾ | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------------------------|---|-------|-------|-------|-----|------|-----|------|-----|-------|
| | | Cu | Sn | Mn | Fe | Si | Ni | P | Al | Ti | Zn |
| ERCu | Copper | 98.7 | (0.5) | | | | | | | | |
| ERCuSi-A | Silicon bronze | 94.3 | (0.5) | (0.8) | | 3.4 | | | | | (0.5) |
| ERCuSn-A | Phosphor bronze | 94.5 | 5.0 | | | | | 0.2 | | | |
| ERCuNi | Copper nickel | 66.7 | | (0.5) | 0.6 | | 31.5 | | | 0.4 | |
| ERCuAl-A1 | Aluminum bronze | 92.0 | | | | | | | 7.3 | | |
| ERCuAl-A2 | Aluminum bronze | 89.1 | | | (0.8) | | | | 9.8 | | |
| ERCuAl-A3 | Aluminum bronze | 85.5 | | | 3.3 | | | | 10.8 | | |
| ERCuNiAl | Nickel aluminum bronze | 79.7 | | 2.1 | 4.0 | | 4.8 | | 9.0 | | |
| ERCuMnNiAl | Manganese-nickel aluminum bronze | 74.0 | | 12.5 | 3.0 | | 2.3 | | 7.8 | | |

COBRE

Soldabilidade

Eletrodos X ligas a serem soldadas X aplicações

| Common name | AWS class. | Features | Typical applications |
|-----------------|--|---|--|
| Copper | ECu ERCu | <ul style="list-style-type: none"> Deoxidized with P and Si Good corrosion resistance but inferior electrical conductivity compared with pure copper | <ul style="list-style-type: none"> Welding of oxygen-free copper, deoxidized copper, and tough pitch copper metals |
| Silicon bronze | ECuSi ERCuSi-A | <ul style="list-style-type: none"> Good molten metal fusion due to low thermal conductivity and thus use a lower preheat temperature Needs peening to refine coarse grains Good resistance to chemicals and seawater Known as “Everdur” (Cu-Si-Mn) | <ul style="list-style-type: none"> Welding of copper, brass, silicon bronze metals Claddings resistible to chemicals and seawater |
| Phosphor bronze | ECuSn-A ECuSn-C ERCuSn-A | <ul style="list-style-type: none"> High-phosphorous filler metals precipitate a hard chemical compound (Cu₃P) exhibiting good resistance to mechanical wear Needs peening to refine coarse grains | <ul style="list-style-type: none"> Welding of copper, brass, phosphor bronze metals Overlaying on bearings |
| Aluminum bronze | ECuAl-A2 ECuAl-B ERCuAl-A1 ERCuAl-A2 ERCuAl-A3 | <ul style="list-style-type: none"> Good resistance to seawater and chemicals Good resistance to mechanical wear | <ul style="list-style-type: none"> Welding of aluminum bronze, and brass metals Repair welding of chemical machinery, cylinders, and marine propellers |

COBRE

Soldabilidade

Eletrodos X ligas a serem soldadas X aplicações

| Common name | AWS class. | Features | Typical applications |
|----------------------------------|-------------------------|---|---|
| Nickel aluminum bronze | ECuNiAl ERCuNiAl | <ul style="list-style-type: none"> High resistance to corrosion, erosion, and cavitation in salt and brackish water | <ul style="list-style-type: none"> Welding of wrought or cast nickel-aluminum bronzes |
| Manganese-nickel aluminum bronze | ECuMnNiAl ERCuMnNiAl | <ul style="list-style-type: none"> Good resistance to corrosion, erosion, and cavitation | <ul style="list-style-type: none"> Welding of cast or wrought manganese-nickel-aluminum bronzes |
| Copper nickel | ECuNi ERCuNi | <ul style="list-style-type: none"> Excellent resistance to seawater No preheat is used because of low heat conductivity and hot-shortness | <ul style="list-style-type: none"> Welding of cupronickel metals Claddings resistible to seawater |

COBRE

Soldabilidade – Metal base x Metal de adição x Pré-Aquecimento

| Base metal classification | | | Filler metal classification per AWS (EXXX)/JIS (YXXX) | | | Preheating temp. (GTAW) |
|---------------------------|-----------|------------------|---|------------------------|----------|-------------------------|
| Common name | JIS class | UNS No. | GTAW | GMAW | SMAW | |
| Oxygen-free copper | C1020 | C10200 | ERCu | ERCu | ECu | 300-500°C (200-450) |
| | C1201 | C12000 | ERCuSi-A | ERCuSi-A | ECuSi | |
| Deoxidized copper | C1220 | C12200 | ERCuSn-A | ERCuSn-A | ECuSn-A | 250-350°C (150-300) |
| | C1221 | C12200 | | | | |
| Red brass | C2100 | C21000 | ERCuSi-A | ERCuSi-A | ECuSi | 250-350°C (150-300) |
| | C2200 | C22000 | ERCuSn-A | ERCuSn-A | ECuSn-A | |
| | C2300 | C23000 | ERCuAl-A2 | ERCuAl-A2 | ECuAl-A2 | |
| | C2400 | C24000 | | | | |
| Brass | C2600 | C26000 | | | | 250-350°C (150-300) |
| | C2680 | C26800 | ERCuSi-A | ERCuSi-A | ECuSi | |
| | C2720 | C27200 | ERCuAl-A2 | ERCuAl-A2 | ECuAl-A2 | |
| | C2801 | C28000 | | | | |
| Naval brass | C4621 | C46200 | ERCuSi-A | ERCuSi-A | ECuSi | 200-300°C (100-250) |
| | C4640 | C46400 | ERCuAl-A2 | ERCuAl-A2 | ECuAl-A2 | |
| Phosphor bronze | C5111 | C51000 | | | | 200-250°C (150-200) |
| | C5102 | C51000 | | | | |
| | C5191 | C51900 | ERCuSn-A | ERCuSn-A | ECuSn-A | |
| | C5212 | C52100 | | | | |
| Aluminum bronze | C6161 | C61600 | | | | 150-250°C (100-200) |
| | C6280 | C62800 | ERCuAl-A2 | ERCuAl-A2 | ECuAl-A2 | |
| | C6301 | C63000 | | | | |
| Silicon bronze | - | C65100 C65500 | ERCuSi-A | ERCuSi-A | ECuSi | No need |
| Cupronickel | C7060 | C70600 | ERCuNi | ERCuNi | ECuNi | No need |
| | C7150 | C71500 | YCuNi-1 ⁽¹⁾ | YCuNi-1 ⁽¹⁾ | | |

COBRE

Soldabilidade – Projeto da Junta

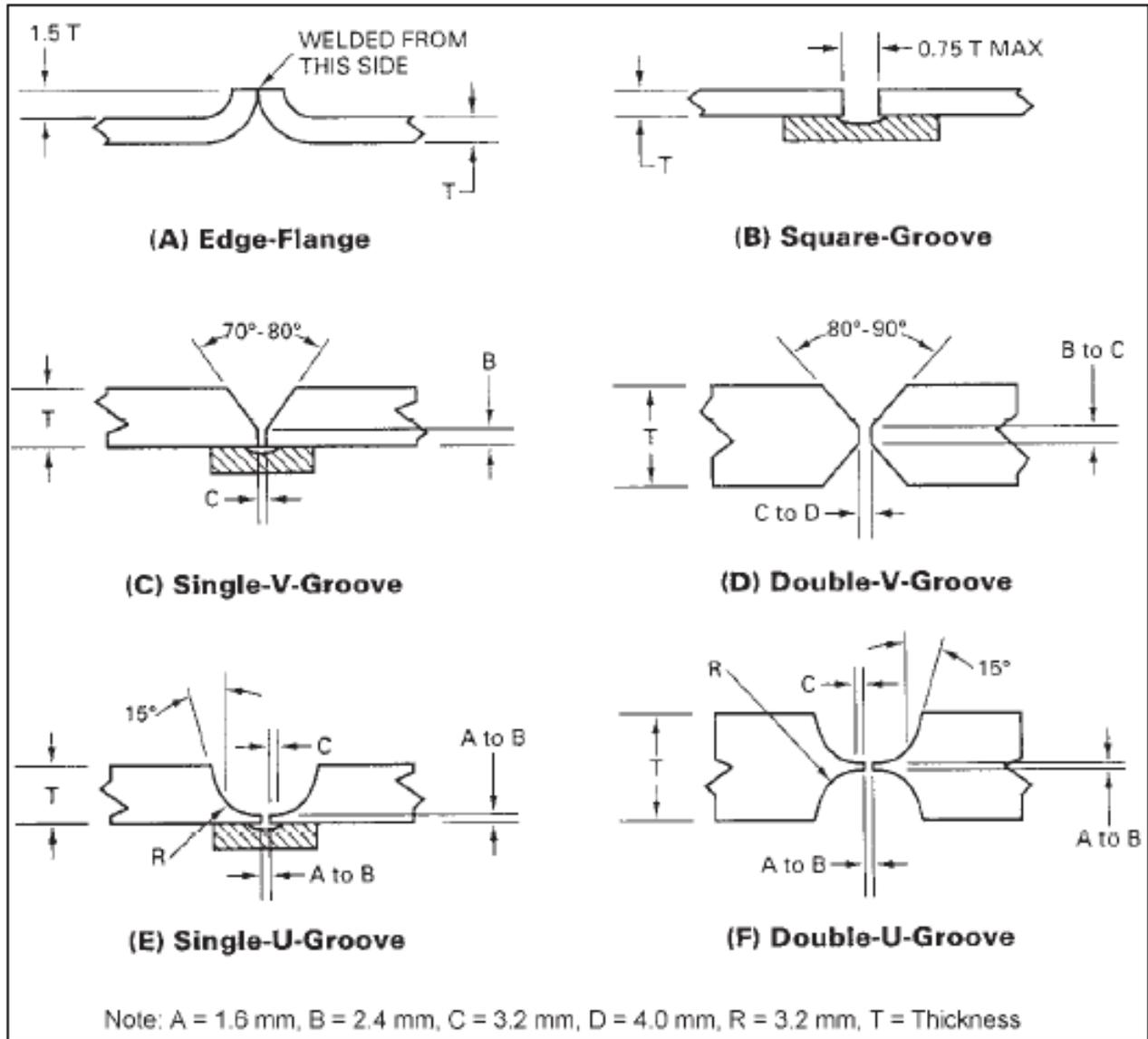
As juntas para a soldagem de cobre e suas ligas devem ter chanfros com ângulos mais largos em relação aos aços. Este fator ajuda na adequada fusão e penetração, como consequência da sua mais elevada condutividade térmica.

As juntas deverão ser previamente limpas, a fim de eliminar óleos, graxas, sujeiras, pinturas e óxidos. A remoção deve ser por métodos abrasivos ou solventes adequados.

As figuras à seguir resumem os tipos de juntas usadas para a soldagem a arco de cobre e suas ligas.

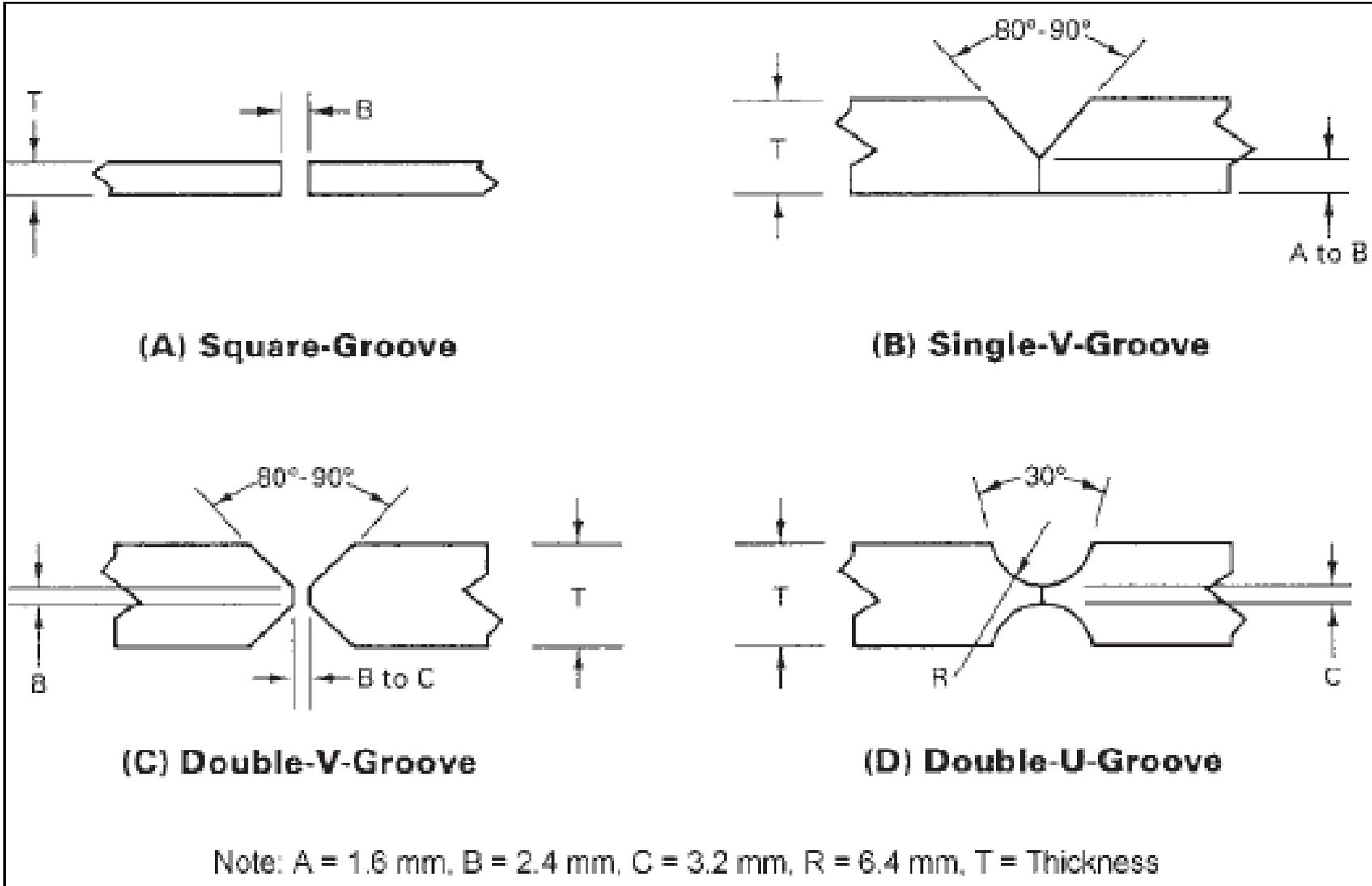
COBRE

Soldabilidade – Projeto da Junta GTAW e SMAW



COBRE

Soldabilidade – Projeto da Junta - GMAW



COBRE

Soldabilidade – Fonte de Potência

GTAW – Fontes DC são usadas com eletrodo de tungstênio contendo tório e argônio como gás de proteção.

Para cobres ao alumínio, a formação de Al_2O_3 pode levar a fusão deficiente da junta. Isto poderá ser contornado pela adoção de corrente alternada e eletrodo de tungstênio puro com proteção de argônio, que confere ação de limpeza.

Outra opção é a adoção de fonte DC com hélio ou misturas hélio-argônio. Hélio produz uma poça de fusão mais fluída e limpa e o risco de aprisionamento de óxidos é reduzida.

COBRE

Soldabilidade – Fonte de Potência

GMAW – Fontes DC são usadas com argônio como gás de proteção para a maioria das aplicações. Misturas de 75% Ar + 25% He são usadas quando houver necessidade de união de peças com seção maior, promovendo maior transferência de calor.

A tabela apresenta as condições para a transferência tipo spray na soldagem de cobre e suas ligas.;

| Filler metal | | Dia. (mm) | Minimum welding current (A) | Arc voltage (V) | Filler wire feed (mm/s) |
|-----------------|------------|--------------|-----------------------------------|--------------------|----------------------------|
| Common name | AWS class. | | | | |
| Copper | ERCu | 0.9 | 180 | 26 | 146 |
| | | 1.1 | 210 | 25 | 106 |
| | | 1.6 | 310 | 26 | 63 |
| Aluminum bronze | ERCuAl-A2 | 0.9 | 160 | 25 | 125 |
| | | 1.1 | 210 | 25 | 110 |
| | | 1.6 | 280 | 26 | 78 |
| Silicon bronze | ERCuSi-A | 0.9 | 165 | 24 | 178 |
| | | 1.1 | 205 | 26-27 | 125 |
| | | 1.6 | 270 | 27-28 | 80 |
| Cupronickel | ERCuNi | 1.6 | 280 | 26 | 74 |

COBRE

Soldabilidade – Peening

Peening pode ser definido como o trabalho mecânico produzido por meio de golpes de impacto. Pode ser feito a partir de golpes de martelo ao metal.

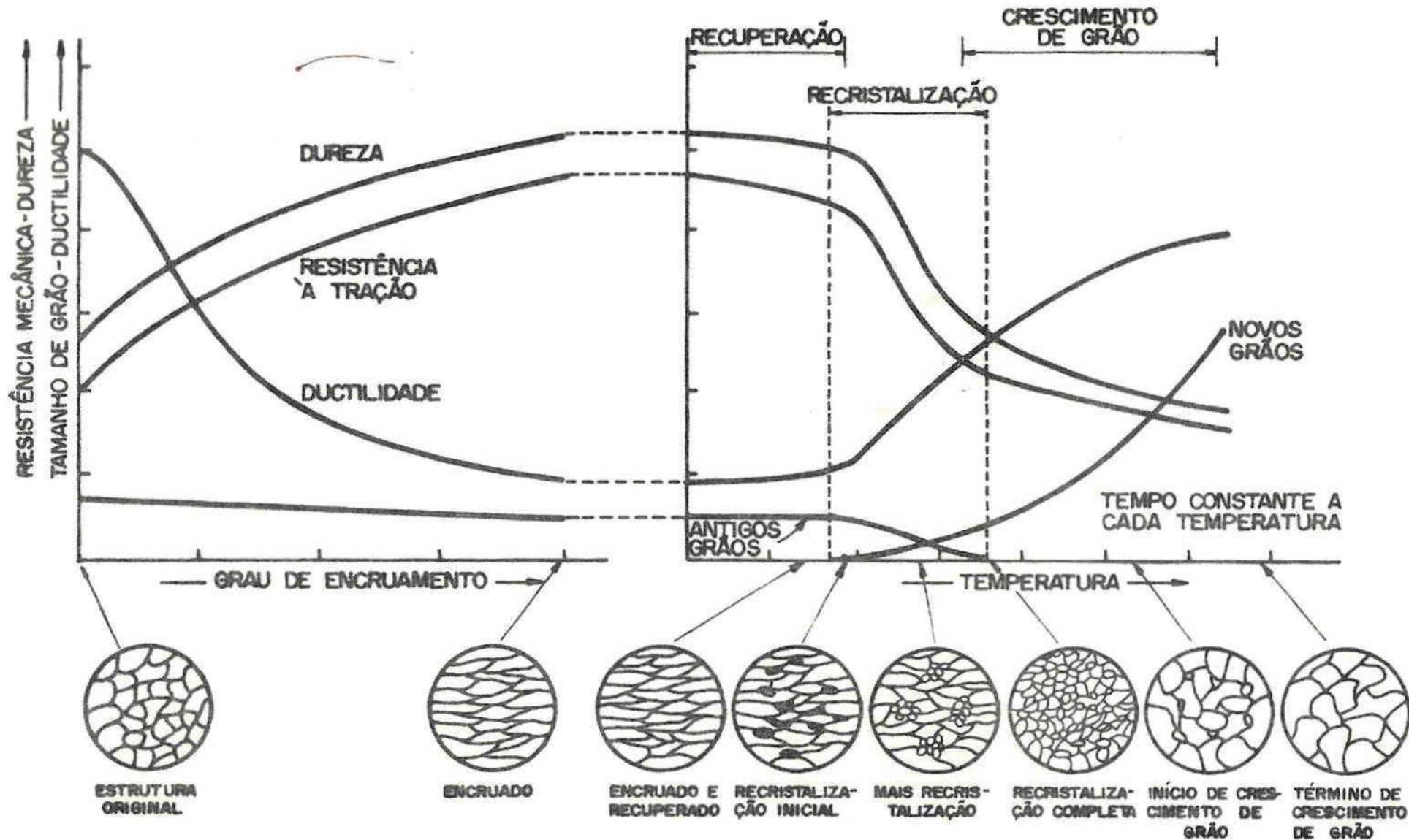
Os golpes podem ser aplicados manualmente com martelos ou pneumáticamente. Os golpes deformam a superfície do metal solidificado, reduzindo as tensões de contração e, como consequência, a tendência ao trincamento.

A região deformada plasticamente, pode então recristalizar pela ação do calor dos passes subsequentes, induzindo a formação de uma estrutura refinada.

Para as ligas de cobre, o peening deve ser realizado imediatamente ao final de cada passe enquanto o metal está aquecido e a escória é removida. É realizado com auxílio de martelete arredondado. A força deve ser suficiente para deformar e eliminar as ondulações do cordão, entretanto, não deve causar ruptura.

COBRE

Soldabilidade – Peening



COBRE

Soldabilidade – Tratamento térmico pós-solda

O tratamento térmico pós-solda envolve: alívio de tensões, recozimento e solubilização e envelhecimento.

Normalmente, o tratamento térmico é necessário se a liga for tratável por solubilização e envelhecimento ou ainda se o ambiente corrosivo puder promover corrosão sob tensão (SCC em ligas Cu-Zn e Cu-Al).

Parâmetros de tratamento térmico de alívio de tensões para soldas susceptíveis a SCC. Tempo mínimo 1h na temperatura, seguido de resfriamento lento. Seções acima de 25,4mm deverão permanecer por mais 1h a cada 25,4mm.

| Common name | UNS No. | Temperature | |
|-----------------|---------------|-------------|-------|
| Red brass | C23000 | 550°F | 288°C |
| Naval brass | C46400-C46700 | 500 | 260 |
| Aluminum bronze | C61400 | 650 | 343 |
| Silicon bronze | C65500 | 650 | 343 |
| Cupronickel | C70600-C71500 | 1000 | 538 |

COBRE

Soldabilidade – Tratamento térmico pós-solda

O tratamento térmico pós-solda de solubilização e envelhecimento deverá ser realizado para as ligas que endurecem por este tratamento, sob pena de grandes variações de dureza entre metal base, ZAC e metal de solda, como consequência de sobre-envelhecimento de algumas regiões.

Aspectos de segurança na soldagem de cobre e suas ligas

Alguns elementos de liga apresentam muito baixo valor de limites de exposição permitidos (fumos), dentre eles: o cádmio, arsênio, berílio, cromo, chumbo, manganês e níquel.

Medidas de ventilação e exaustão deverão ser adotadas para evitar a exposição acima dos limites estabelecidos.

Fumos de cobre e zinco e de seus óxidos podem levar a irritação do sistema respiratório, náuseas e febre do fumo metálico. Cádmio e berílio apresentam toxidez elevada.

Higiene antes das refeições e proibição de alimentação no ambiente de trabalho poderá ajudar a prevenir a contaminação.

COBRE

Soldabilidade

RESUMO: Fatores que afetam a soldabilidade do cobre:

- Elementos de Liga
- Alta condutividade térmica – seleção de parâmetros e gases em função com intuito de maximizar calor
- Gás de proteção
- Corrente de soldagem (CA, CC+, CC-)
- Projeto da junta
- Posição de soldagem – Fluidéz do metal líquido dificulta soldagem fora de posição (mais fácil para ligas de baixa condutividade)
- Ligas endurecidas por Precipitação – Be, Cr, B, Ni, Si, Zr
- Preferencialmente soldagem no estado recozido e TT após soldagem

COBRE

Soldabilidade

Elementos de liga:

- Nos processos de fabricação do cobre e suas ligas, a soldagem a arco é o processo predominante.

Os elementos de liga influenciam na soldabilidade:

- Elementos voláteis/tóxicos – Ex Zn, Be, Cd
- Zn reduz a soldabilidade proporcionalmente a sua quantidade
- Sn eleva susceptibilidade a trincas a quente
- Al, Be, Ni, Cr – formam óxidos refratários que devem ser removidos antes da soldagem
- Si – efeito benéfico de desoxidação (Ligas Cu-Si melhor soldabilidade)
- O, H – Ocorrência de porosidade
- Fe e Si – Não afetam a soldabilidade
- Pb, Te, Se – Pioram a soldabilidade

COBRE

Soldabilidade

Principais Problemas na soldagem de cobre e suas ligas:

- Trincas de solidificação

Ocorre em ligas de cobre, Cobre-Sn e Cobre-Ni

Susceptibilidade ligada a grandes intervalos de solidificação

Pode ser minimizada com: Diminuição de restrição, menores taxas de resfriamento (Ex pré aquecimento), redução da abertura de raiz e maiores passes de raiz

- Trincas de liquação

- Degradação das propriedades da ZAC (perda de ductilidade)

- Porosidade

Elementos de liga com baixa temperatura de ebulição (Ex. Zn, Cd, P) e graxas, tintas e marcas de lápis podem fragilizar material

- Fumos tóxicos

COBRE



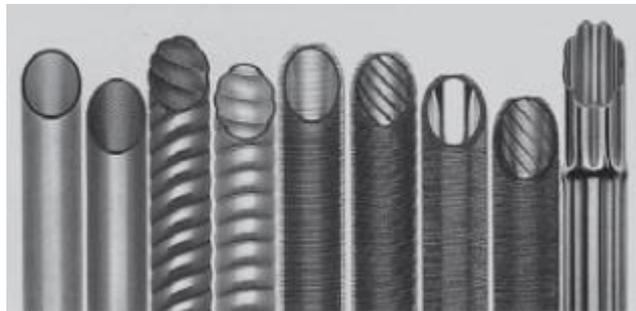
Principais Aplicações

Indústria Elétrica

- Fios de transmissão de energia
- Cabos bimetálicos
- Arames de enrolamento



Tubos de trocadores de calor



Buchas e Mancais



COBRE

Principais Aplicações

Tubulações

Tanques de armazenamento

Reservatórios de produtos químicos

Equipamentos na Indústria Alimentícia

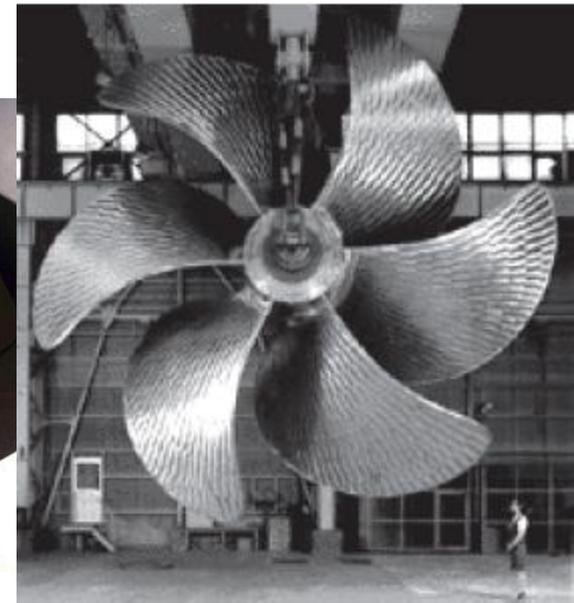
Componentes de Navios (hélices)

bronze ao alumínio

Alta Resistência Mecânica

Alta Resist. Corrosão

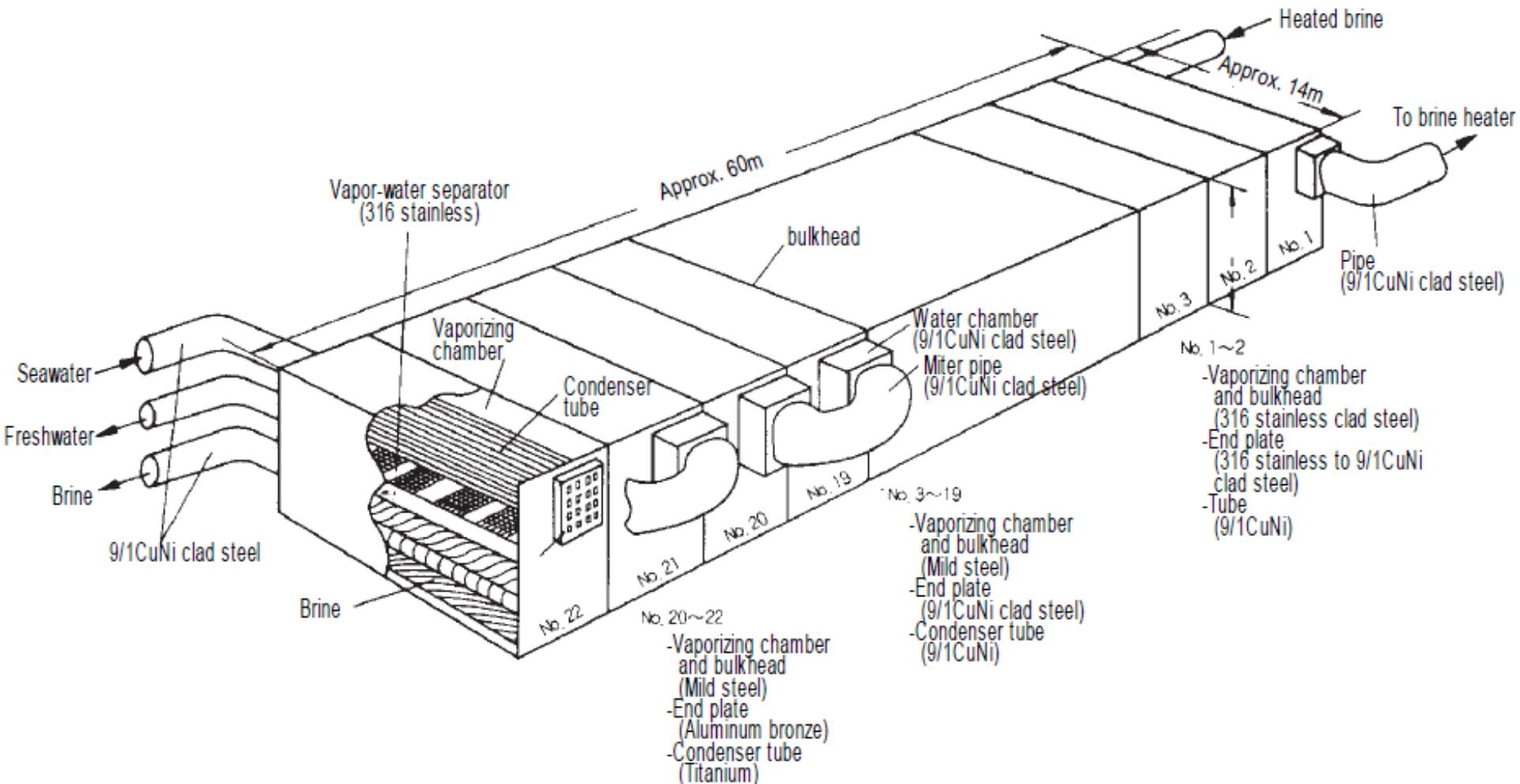
Resist. Cavitação em
água do mar.



COBRE

Principais Aplicações

Unidades de desalinização da água do mar (cupro-níqueis)



COBRE

Principais Aplicações

Unidades de desalinização da água do mar (cupro-níqueis)



COBRE

Propriedades e Aplicações

| Nome | UNS | Composição | Condição | Propriedades mecânicas | | | Aplicações/Características |
|-----------------------------------|--------|-------------------|----------------------------|------------------------|------------|------------|--|
| | | | | Rot. (MPa) | Ced.(MPa) | Ext.Rot(%) | |
| LIGAS DE TRABALHO MECÂNICO | | | | | | | |
| ETP | C11000 | 0,04 Oxig | Recozido | 220 | 69 | 45 | Fio electrico, rebites, juntas, painelas, 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, electodos não consumíveis |
| Latão de cartuchos | C26000 | 30Zn | Recozido Def.frio (H04) | 300 525 | 75 435 | 68 8 | Radiadores de automóveis, componentes de munições, casquilhos de lâmpadas, envólucros de lanternas |
| Bronze fosforoso | C51000 | 5Sn, 0.2P | Recozido Def.frio (H04) | 325 560 | 130 19 | 64 10 | Discos de embraiagem, diafragmas, fusíveis, molas |
| Cupro-níquel | C71500 | 30Ni | Recozido Def.frio (H02) | 380 515 | 125 485 | 36 15 | Condensadores e permutadores de calor, tubagens água salgada |
| 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 |

| COBRE LIGADO ou ligas de cobre | FORMAS | APLICAÇÕES TÍPICAS |
|-------------------------------------|---------------------------------------|---|
| COBRE-PRATA (C 11300) | todas (exceto tubos) | componentes de radiadores, contatos elétricos |
| COBRE-CROMO (C 18200) | barras, tiras, tubos | eletrodos de máquinas de soldagem por resistência elétrica |
| COBRE-TELÚRIO (C 14500) | barras, perfis, tiras | conectores e terminais fabricados em quantidade |
| COBRE-CÁDIMO (C 14300) | tiras | contatos e terminais resistentes ao amolecimento |
| COBRE-ZIRCÔNIO (C 15000) | barras, arames | bases e comutadores para altas temperaturas |
| LATÃO 95-5 (C 21000) | barras, chapas | recipientes estampados e peças cunhadas |
| LATÃO 70-30 (C 26000) | chapas, barras, perfis, tubos, arames | peças embutidas, tubulações e conexões, componentes de radiadores |
| LATÃO 60-40 (C 28000) | chapas, barras, tubos | parafusos e válvulas, tubos de trocadores de calor, arame de brasagem |
| BRONZE 92-8 (C 52100) | chapas, barras, arames | diafragmas, molas, mancais |
| BRONZE 40-10 (C 52400) | chapas, barras, arames | idem bronze 92-8, maior resistência |
| COBRE-NÍQUEL 90-10 (C 70600) | chapas, barras, tubos | condensadores, destiladores, evaporadores, trocadores de calor |
| ALPACA 65-10-25 (C 74500) | chapas, barras, arames | partes de aparelhos ópticos |
| COBRE-ALUMÍNIO 95-5 (C 60600) | chapas, barras, perfis | estampadas e usinadas de aparência dourada |
| COBRE-SILÍCIO 98.5-1.5 (C 65100) | chapas, barras, perfis, tubos, arames | linhas de circuitos hidráulicos, componentes de construção naval |
| COBRE-BERÍLIO 98-2 (C 17000) | tiras, barras, perfis | partes de reles e de dispositivos elétricos e eletrônicos |

Produtos Fundidos

GRUPOS DE LIGAS DE COBRE

APLICAÇÕES TÍPICAS

COBRE (C 81100)

peças para condução elétrica ou térmica, resistência à corrosão

LIGAS COBRE-BERÍLIO, COBRE-CROMO E
COBRE-COBALTO (C 81400, C 81800 E C 82400)

peças para condução elétrica ou térmica e de alta resistência mecânica
como: eletrodos de soldagem elétrica, moldes e tambores de freios

LIGAS COBRE-ZINCO-ESTANHO-CHUMBO
(LATÃO COM ESTANHO E CHUMBO)
(C 83.600, C 84400, C 84800, C 85400, C 85800)

peças em geral fundidas em ligas de cobre como: válvulas, conexões,
engrenagens, buchas e partes ornamentais

LIGAS COBRE-ZINCO COMO OUTROS ELEMENTOS
(LATÕES DE ALTA RESISTÊNCIA)
(C 86300, C 86500, C 87200, C 87500)

peças em geral fundidas, de resistência mecânica elevada como:
engrenagens, mancais, aletas, hélices, válvulas e partes ornamentais

LIGAS COBRE-ESTANHO
(BRONZES COM ZINCO E/OU CHUMBO)
(C 90300, C 92200, C 93700, C 94300)

mancais, buchas, anéis de fricção, engrenagens e outros componentes
de uso com a presença de atrito

LIGAS COBRE-ALUMÍNIO
(C 95300, C 95800)

cestos para decapagem, peças de uso naval, ferramentas antifaiscantes

LIGAS COBRE-NÍQUEL-ZINCO
(ALPACAS)
(C 97600, C 97800)

peças de uso naval, conexões sanitárias, peças ornamentais

LIGAS COBRE-NÍQUEL
(C 96400)

peças de uso naval como componentes de bombas hidráulicas