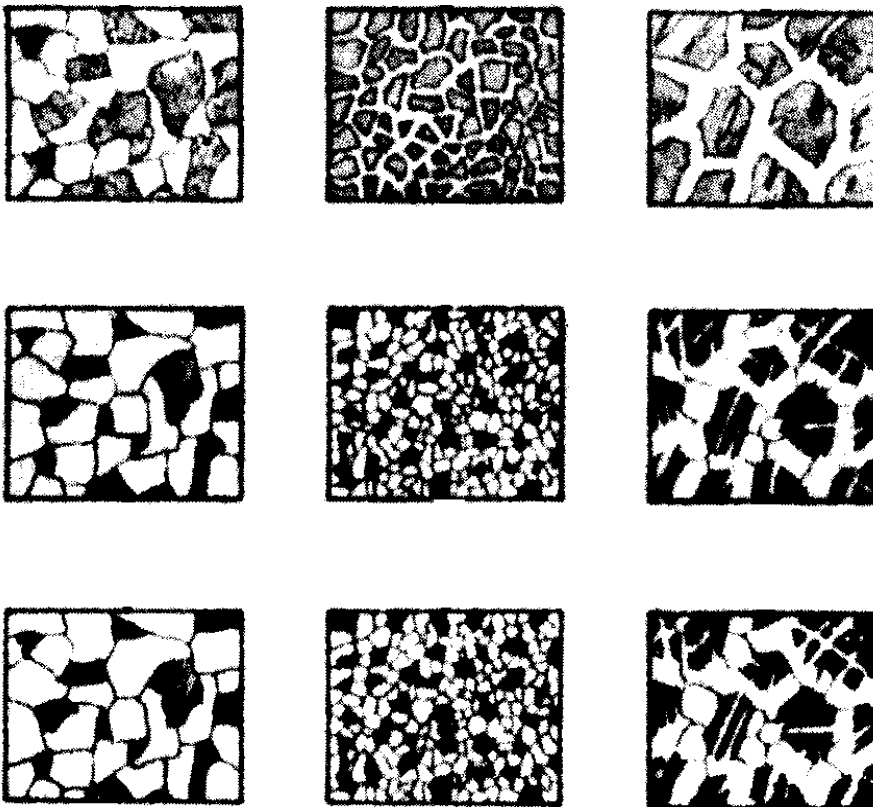


CPM - Programa de Certificação de Pessoal de Manutenção

Mecânica

Materiais Metálicos e Não Metálicos



Materiais Metálicos e Não Metálicos - Mecânica

© SENAI - ES, 1996

Trabalho realizado em parceria SENAI / CST (Companhia Siderúrgica de Tubarão)

Coordenação Geral	Luís Cláudio Magnago Andrade (SENAI) Marcos Drews Morgado Horta (CST)
Supervisão	Alberto Farias Gavini Filho (SENAI) Rosalvo Marcos Trazzi (CST)
Elaboração	Evandro Armini de Pauli (SENAI) Fernando Saulo Uliana (SENAI)
Aprovação	José Geraldo de Carvalho (CST) José Ramon Martinez Pontes (CST) Tarcilio Deorce da Rocha (CST) Wenceslau de Oliveira (CST)
Editoração	Ricardo José da Silva (SENAI)

SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
DAE - Divisão de Assistência às Empresas
Departamento Regional do Espírito Santo
Av. Nossa Senhora da Penha, 2053 - Vitória - ES.
CEP 29045-401 - Caixa Postal 683
Telefone: (027) 325-0255
Telefax: (027) 227-9017

CST - Companhia Siderúrgica de Tubarão
AHD - Divisão de Desenvolvimento de Recursos Humanos
AV. Brigadeiro Eduardo Gomes, s/n, Jardim Limoeiro - Serra - ES.
CEP 29160-972
Telefone: (027) 348-1322
Telefax: (027) 348-1077

Sumário

Materiais Metálicos.....	06
• Metais Ferrosos.....	06
Ferro Fundido.....	09
Aço.....	10
• Metais não Ferrosos.....	22
Cobre.....	22
Latão.....	24
Bronze.....	27
Alumínio.....	29
Materiais Não Metálicos.....	32
• Madeira.....	30
• Materiais Plásticos.....	39
• Papelão Hidráulico.....	42
• Borracha (elastômero).....	44
Materiais Metálicos e não Metálicos - Avaliação.....	45

Materiais Metálicos

Metais Ferrosos

O ferro

O ferro não é encontrado puro na natureza. Encontra-se geralmente combinado com outros elementos formando rochas as quais dá-se o nome de **MINÉRIO**.

Minério de ferro

O minério de ferro é retirado do subsolo, porém muitas vezes é encontrado exposto formando verdadeiras montanhas. (Fig. 1)

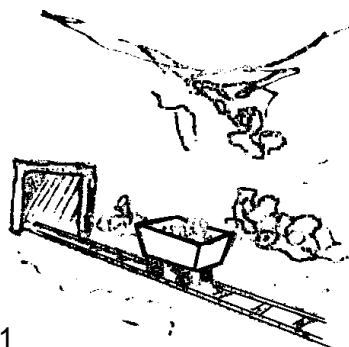


Fig. 1

O principais minérios de ferro são a Hematita e Magnetita.

Para retirar as impurezas, o minério é lavado, partido em pedaços menores e em seguida levados para a usina siderúrgica. (Fig. 2)

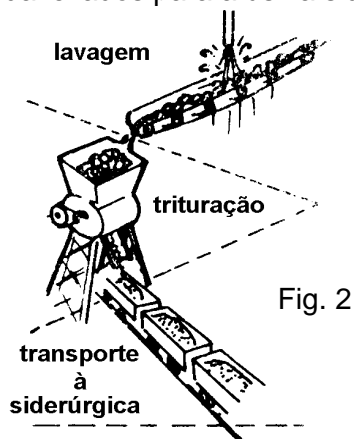
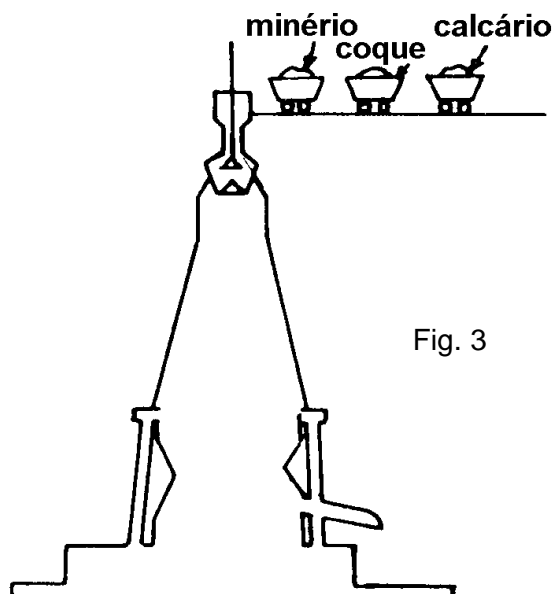


Fig. 2

Obtenção do ferro gusa

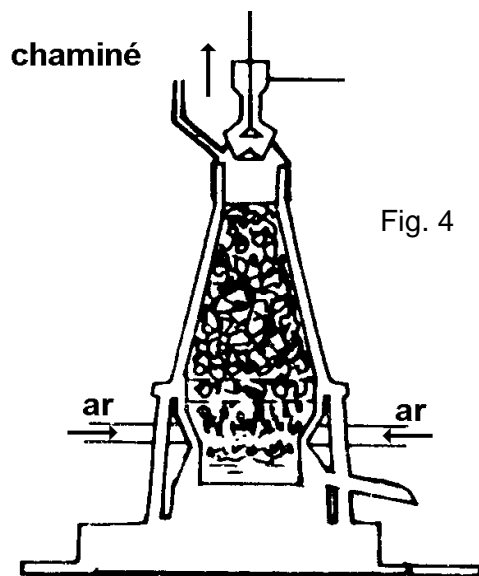
Na usina, o minério é derretido num forno denominado **ALTO FORNO**.

No alto forno, já bastante aquecido, o minério é depositado em camadas sucessivas, intercaladas com carvão coque (combustível) e calcário (fundente). (Fig. 3)



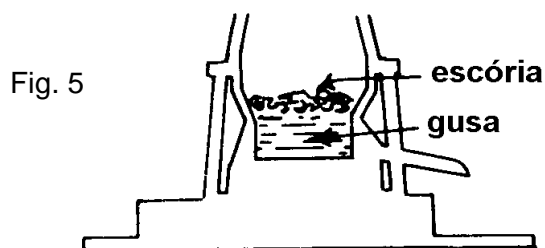
Estando o alto forno carregado, por meio de dispositivo especial injeta-se ar em seu interior.

O ar ajuda a queima do carvão coque, que ao atingir 1200°C derrete o minério. (Fig.4)

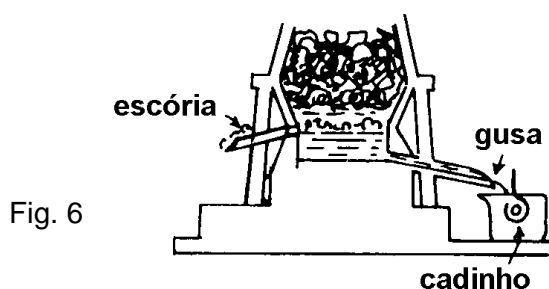


O ferro ao derreter-se deposita-se no fundo do alto forno. A este ferro dá-se o nome de ferro-gusa ou simplesmente gusa.

As impurezas ou escórias por serem mais leves, flutuam sobre o ferro gusa derretido. (Fig. 5)

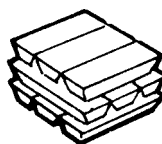
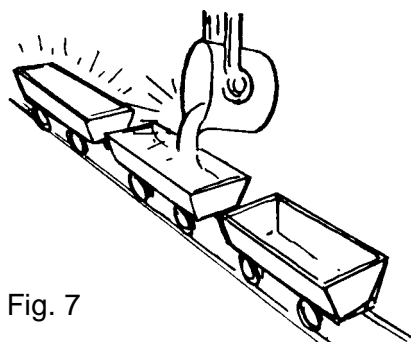


Através de duas aberturas especiais, em alturas diferentes são retiradas, primeiro a escória e em seguida o ferro-gusa que é despejado em panelas chamadas **CADINHOS**. (Fig. 6)



O ferro-gusa derretido é levado no cadinho e despejado em formas denominadas lingoteiras.

Uma vez resfriado, o ferro-gusa é retirado da lingoteira recebendo o nome de **LINGOTE DE FERRO GUSA**. (Fig. 7)



A seguir são armazenados para receberem novos tratamentos, pois este tipo de ferro, nesta forma, é usado apenas na confecção de peças que não passarão por processos de usinagem.

Ferro fundido

É uma liga de ferro - carbono que contém de 2 a 4,5% de carbono. O ferro fundido é obtido diminuindo-se a porcentagem de carbono do ferro gusa. É portanto um ferro de segunda fusão.

A fusão de ferro gusa, para a obtenção do ferro fundido, é feita em fornos apropriados sendo o mais comum o forno “**CUBILÔ**”. (Fig. 9)

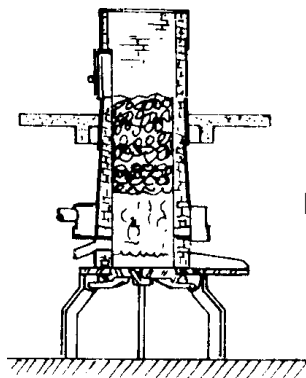


Fig. 9

O ferro fundido tem na sua composição maior porcentagem de ferro, pequena porcentagem de carbono, silício, manganês, enxofre e fósforo.

Tipos de ferro fundido

Os tipos mais comuns de ferro fundido são o ferro fundido cinzento e o ferro fundido branco.

Ferro fundido cinzento

Características:

- Fácil de ser fundido e moldado em peças. (Fig. 10)

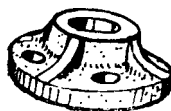


Fig. 10

- Fácil de ser trabalhado por ferramentas de corte. (Fig. 11)

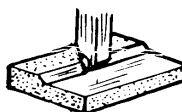


Fig. 11

- Absorve muito bem as vibrações, condição que torna ideal para corpos de máquinas. (Fig. 12)

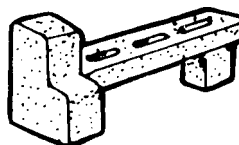


Fig. 12

- Quando quebrado sua face apresenta uma cor cinza escura, devido o carbono se encontrar combinado com o ferro, em forma de palhetas de grafite.
- Porcentagem de carbono variável entre 3,5% a 4,5%.

Ferro fundido branco

Características:

- Difícil de ser fundido.
- Muito duro, difícil de ser usinado, só podendo ser trabalhado com ferramenta de corte especiais.
- É usado apenas em peças que exijam muito resistência ao desgaste.
- Quando quebrado, sua face apresenta-se brilhante, pois o carbono apresenta-se totalmente combinado com o ferro.
- Porcentagem de carbono variável entre 2% e 3%.

O ferro fundido cinzento, devido às suas características, têm grande aplicação na indústria. O ferro fundido branco é utilizado apenas em peças que requerem elevada dureza e resistência ao desgaste.

Aço

O aço é um dos mais importantes materiais metálicos usados na indústria mecânica. É usado na fabricação de peças em geral.

Obtém-se o aço abaixando-se a porcentagem de carbono do ferro gusa.

A porcentagem de carbono no aço varia entre 0,05% a 1,7%.

Principais características do aço:

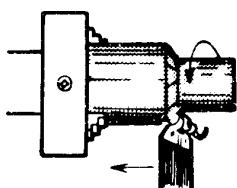


Fig. 13

Pode ser trabalhado
com ferramenta de
corte

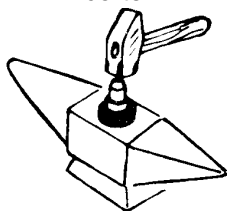


Fig. 16

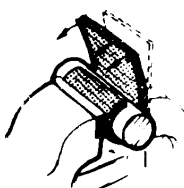


Fig 14

Pode ser curvado

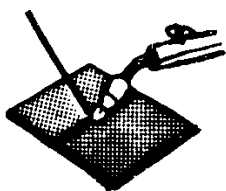


Fig. 17

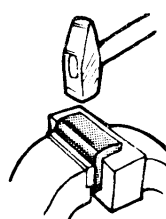


Fig 15

Pode ser dobrado

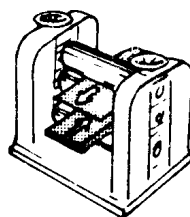


Fig. 18

Pode ser forjado

Pode ser soldado

Pode ser laminado

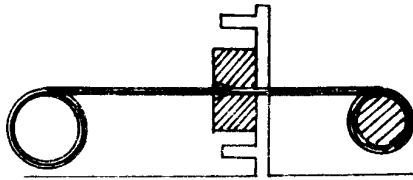


Fig. 19



Fig. 20

Pode ser estirado (trefilado)

Possui grande resistência à tração

Há duas classes gerais de aços: os aços ao carbono e os aços especiais ou aços-liga.

Aço ao carbono

São os que contém além do ferro, pequenas porcentagens de carbono, manganês, silício, enxofre e fósforo.

Os elementos mais importantes do aço ao carbono são o ferro e o carbono. O manganês e silício melhoram a qualidade do aço, enquanto que o enxofre e o fósforo são elementos prejudiciais.

Ferro - É o elemento básico da liga.

Carbono - Depois do ferro é o elemento mais importante do aço. A quantidade de carbono define a resistência do aço.

Exemplo: Um aço com 0,50% é mais resistente que um aço com 0,20% de carbono.

Além disso, os aços com porcentagem acima de 0,35% de carbono podem ser endurecidos por um processo de aquecimento e resfriamento rápido denominado têmpera.

A porcentagem aproximada de carbono de um aço pode ser reconhecida na prática pelas fagulhas que desprendem ao ser esmerilhado.

O aço com até 0,35% de carbono, desprendem fagulhas em forma de riscos (Aços de baixa porcentagem de carbono). (Fig.21)



Fig. 21

Nos aços com 0,4% até 0,7% de carbono as fagulhas saem em forma de estrelinhas. (Aço de média porcentagem de carbono). (Fig.22)



Fig. 22

Acima de 0,7% de carbono as estrelinhas saem em forma de um feixe. (Aço de alto teor de carbono). (Fig.23)

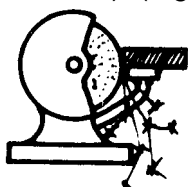


Fig. 23


Classificação segundo a ABNT

A fim de facilitar as interpretações técnicas e comerciais, a ABNT, (Associação Brasileira de Normas Técnicas) achou por bem dar números para a designação dos aços de acordo com a porcentagem de carbono.

Principais designações:

Designação	Porcentagem de carbono
Aço 1006	0,08% C
1010	0,08% a 0,13% C
1020	0,18% a 0,23% C
1030	0,28% a 0,34% C
1040	0,37% a 0,44% C
1050	0,48% a 0,55% C
1060	0,55% a 0,65% C

Segundo a ABNT, os dois primeiros algarismos designam a classe do aço. Os dois últimos algarismos designam a média do teor de carbono empregado.

Exemplo: Aço 10 20


10 - significa que é
aço ao carbono

20 - significa que a
porcentagem média
de carbono é 0,20%.

Então, o aço 1020, é um aço ao carbono cuja porcentagem de carbono varia entre 0,18% a 0,23%.

Formas comerciais do aço

Para os diferentes usos industriais, o aço é encontrado no comércio na forma de vergalhões, perfilados, chapas, tubos e fios.

- 1) Vergalhões - são barras laminadas em diversos perfis, sem tratamento posterior à laminação. (Fig.24).



redondo

chato

quadrado

sextavado

Fig. 24

Quando se necessita de barras com formas e medidas precisas recorre-se aos aços trefilados, que são barras que após laminadas passam por um processo de acabamento denominado trefilação. (Fig.25)

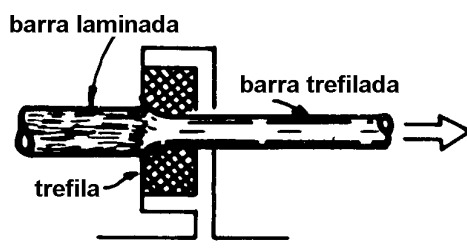


Fig. 25

- 2) Perfilados - São vergalhões laminados em perfis especiais tais como: **L** (cantoneira), **U**, **T**, **I** (duplo T), **Z**. (Fig.26).



(L)

(U)

(T)

(T)

(Z)

Fig. 26 - Perfilados

Chapas - São laminados planos, encontradas no comércio nos seguintes tipos:

- Chapas pretas - sem acabamento após a laminação, sendo muito utilizadas nas indústrias.
- Chapas galvanizadas - recebem após a laminação uma fina camada de zinco. São usadas em locais sujeitos a umidade, tais como calhas e condutores, etc.
- Chapas estanhadas - também conhecidas como Folhas de Flandres ou latas. São revestidas com uma fina camada de estanho.

São usadas principalmente na fabricação de latas de conservas devido sua resistência à umidade e corrosão. (Fig.27)

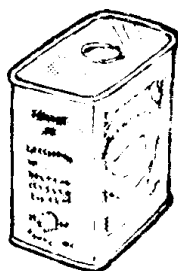


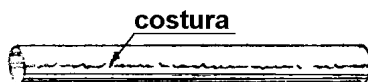
Fig. 27



Tubos - Dois tipos de tubos são encontrados no comércio:

- com costura - Obtidos por meio de curvatura de uma chapa. Usados em tubulações de baixa pressão, eletrodutos, etc.(Fig.28)

Fig. 28



- sem costura - Obtidos por perfuração a quente. São usados em tubulações de alta pressão.(Fig.29).



Fig. 29

Os tubos podem ser pretos ou galvanizados.

Fios - (arames) - São encontrados em rolos podendo ser galvanizados ou comuns.

Alguns exemplos de especificação

1º) Aço laminado 1020 \bigcirc - 2" x 100

interpretação: É uma barra de aço de baixa porcentagem de carbono (0,20%) com 2" de diâmetro e 100mm de comprimento. (Fig.30).

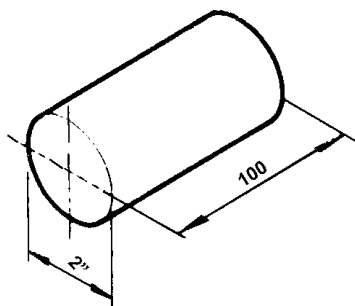


Fig. 30

2º) Aço laminado 1050 \square - 1" x 2" x 150

interpretação: É uma barra de aço de médio teor de carbono (0,50%) laminada em forma retangular (chata) com as seguintes dimensões: (Fig.31)

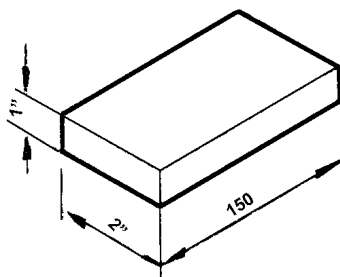


Fig. 31

Resistência à ruptura

Algumas tabelas apresentam os aços classificados pela resistência à ruptura, indicada em quilogramas por milímetro quadrado (kg/mm^2).

Exemplo: Aço 60 kg/mm^2

Isso significa que um fio desse aço, que tenha uma secção de 1mm^2 , rompe-se quando se aplica em seus extremos um esforço de tração de 60 kg. (Fig.32)

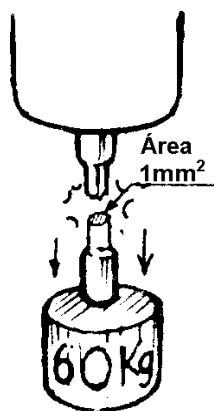


Fig. 32

Tabela de aços ao carbono e usos gerais

- **Aço 1006 a 1010 - (Extra-macio)**

Resistência à ruptura - 35 a 45 kg/mm²

Teor de carbono - 0,05% a 0,15%

Não adquire têmpera

Grande maleabilidade, fácil de soldar-se

Usos: chapas, fios, parafusos, tubos estirados, produtos de caldeiraria, etc.

- **Aço 1020 a 1030 - (Macio)**

Resistência à ruptura - 45 a 55 kg/mm²

Teor de carbono - 0,15% a 0,30%

Não adquire têmpera

Maleável e soldável

Usos: barras laminadas e perfiladas, peças comuns de mecânica, etc.

- **Aço 1030 a 1040 - (Meio macio)**

Resistência à ruptura - 55 a 65 kg/mm²

Teor de carbono - 0,30% a 0,40%

Apresenta início de têmpera

Difícil para soldar

Usos: peças especiais de máquinas e motores, ferramentas para a agricultura, etc.

- **Aço 1040 a 1060 - (Meio duro)**

Resistência à ruptura - 65 a 75 kg/mm²

Teor de carbono - 0,40% a 0,60%

Adquire boa têmpera

Muito difícil para soldar-se

Usos: peças de grande dureza, ferramentas de corte, molas, trilhos, etc.

- **Aço acima de 1060 - (Duro a extra-duro)**

Resistência à ruptura - 75 a 100 kg/mm²

Teor de carbono - 0,60% a 1,50%

Tempera-se facilmente

Não solda

Usos: peças de grande dureza e resistência, molas, cabos, cutelaria, etc.

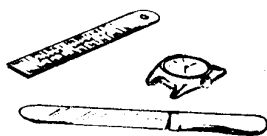
Aços especiais ou aços-ligas

Devido às necessidades industriais, a pesquisa e a experiência levaram à descoberta de aços especiais, mediante a adição e a dosagem de certos elementos no aço ao carbono.

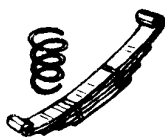
Conseguiram-se assim aços-liga com características tais como resistência à tração e à corrosão, elasticidade, dureza, etc., bem melhores que a dos aços ao carbono comuns.

Conforme as finalidade desejadas, adiciona-se ao aço-carbono um ou mais dos seguintes elementos: níquel, cromo, manganês, tungstênio, cobalto, vanádio, silício, molibdênio e alumínio.

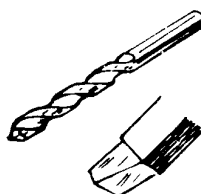
Dessa forma, são obtidos aços de grande emprego nas indústrias, tais como:



Aço cromo (inoxidável)



Aço silício manganês



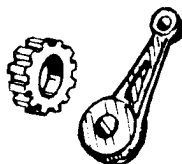
Aço rápido



Aço cromo-vanádio



Aço cobalto



Aço cromo-níquel

Os tipos de aços especiais, bem como composição, características e usos industriais são encontrados em tabelas.

Tipos de aços especiais, características e usos.

1) **Aços Níquel**

1 a 10% de Níquel - Resistem bem à ruptura e ao choque, quando temperados e revenidos.

Usos - peças de automóveis, máquinas, ferramentas, etc.

10 a 20% de Níquel - Resistem bem à tração, muito duros - temperáveis em jato de ar.

20 a 50% de Níquel - Resistentes aos choques, boa resistência elétrica, etc.

Usos - válvulas de motores térmicos, resistências elétricas, cutelaria, instrumentos de medida, etc.

2) **Aços Cromo**

até 6% Cromo - Resistem bem à ruptura, são duros, não resistem aos choques.

Usos - esferas e rolos de rolamentos, ferramentas, projéteis, blindagens, etc.

11 a 17% de Cromo - Inoxidáveis.

Usos - aparelhos e instrumentos de medida, cutelaria, etc.

20 a 30% de Cromo - Resistem à oxidação, mesmo a altas temperaturas..

Usos - válvulas de motores a explosão, fieiras, matrizes, etc.

3) **Aços Cromo-Níquel**

8 a 25% Cromo, 18 a 15% de Níquel - Inoxidáveis, resistentes à ação do calor, resistentes à corrosão de elementos químicos.

Usos - portas de fornos, retortas, tubulações de águas salinas e gases, eixos de bombas, válvulas e turbinas, etc.

4) Aços Manganês

7 a 20% de Manganês - Extrema dureza, grande resistência aos choques e ao desgaste.

Usos - mandíbulas de britadores, eixos de carros e vagões, agulhas, cruzamentos e curvas de trilhos, peças de dragas, etc.

5) Aços Silício

1 a 3% de Silício - Resistências à ruptura, elevado limite de elasticidade e propriedades de anular o magnetismo.

Usos - molas, chapas de induzidos de máquinas elétricas, núcleos de bobinas elétricas, etc.

6) Aços Silício-Manganês

1 silício, 1% de Manganês - Grande resistências à ruptura e elevado limite de elasticidade.

Usos - molas diversas, molas de automóveis, de carros e vagões, etc.

7) Aços Tungstênio

1 a 9% de tungstênio - Dureza, resistência à ruptura, resistência ao calor da abrasão (fricção) e propriedades magnéticas.

Usos - ferramentas de corte para altas velocidades, matrizes, fabricação de ímãs, etc.

8) Aços Cobalto

Propriedades magnéticas, dureza, resistência à ruptura e alta resistência à abrasão, (fricção).

Usos - ímãs permanentes, chapas de induzidos, etc.

Não é usual o aço cobalto simples.

9) Aços Rápidos

8 a 20% de tungstênio, 1 a 5% de vanádio, até 8% de molibdênio, 3 a 4% de cromo - Excepcional dureza em virtude da formação de carboneto, resistência de corte, mesmo com a ferramenta aquecida ao rubro pela alta velocidade. A ferramenta de aço rápido que inclui cobalto, consegue usinar até o aço-manganês de grande dureza.

Usos - ferramentas de corte de todos os tipos para altas velocidades, cilindros de laminadores, matrizes, fieiras, punções, etc.

10) **Aços Alumínio-Cromo**

0,85 a 1,20% de alumínio, 0,9 a 1,80% de cromo - Possibilita grande dureza superficial por tratamento de nitrelação - (termo-químico).

Usos - camisas de cilindro removíveis de motores a explosão e de combustão interna, virabrequins, eixos, calibres de medidas de dimensões fixas, etc.

Aços Inoxidáveis

Os aços inoxidáveis caracterizam-se por uma resistência à corrosão superior à dos outros aços. Sua denominação não é totalmente correta, porque na realidade os próprios aços ditos inoxidáveis são passíveis de oxidação em determinadas circunstâncias. A expressão, contudo, é mantida por tradição.

Quanto à composição química, os aços inoxidáveis caracterizam-se por um teor mínimo de cromo da ordem de 12%.

Inicialmente porém vamos definir o que se entende por corrosão e a seguir esclarecer o porque de um aço ser resistente à corrosão.

Para explicar o que é corrosão vamos usar a definição da "Comissão Federal para Proteção do Metal" (Alemanha):

"Corrosão é a destruição de um corpo sólido a partir da superfície por processos químicos e/ou eletroquímicos".

O processo mais freqüente que provoca esta destruição é o ataque do metal pelo oxigênio da atmosfera. Porém o aço pode ser atacado e destruído por outras substâncias, tais como ácidos, álcalis e outras soluções químicas.

Este ataque puramente químico, pode ser favorecido por processos eletroquímicos.

Já vimos que o elemento de liga principal que garante a resistência à corrosão é o cromo. Esta resistência à corrosão é explicada por várias teorias. Uma das mais bem aceitas é a teoria da camada protetora constituída de óxidos.

Segundo essa teoria, a proteção é dada por uma fina camada de óxidos, aderente e impermeável, que envolve toda a superfície metálica e impede o acesso de agentes agressivos. Outra teoria, surgida posteriormente, julga que a camada seja formada por oxigênio absorvido. O assunto é controverso e continua sendo objeto de estudos e pesquisas. Entretanto, o que está fora de dúvida é que, para apresentarem suas características de resistência à corrosão, os aços inoxidáveis devem manter-se permanentemente em presença de oxigênio ou de uma

substância oxidante que tornam insensível a superfície dos aços aos ataques corrosivos de substâncias oxidantes e diz-se então que o aço está passivado.

Quando o meio em que está exposto o aço inoxidável não contiver oxigênio, a superfície não pode ser passivada. Nestas condições a superfície é considerada ativada e o comportamento do aço quanto à corrosão dependerá só da sua posição na série galvânica dos metais em relação ao meio corrosivo.

Os aços inoxidáveis devem resistir à corrosão de soluções aquosas, gases / quentes ou líquidos de alto ponto de ebulição até a temperatura de cerca 650°C. Acima desta temperatura já entramos no campo dos Aços Resistentes ao Calor.

Classificação

A classificação mais usual e prática dos aços inoxidáveis é a baseada na microestrutura que eles apresentam em temperatura ambiente, a saber:

Aços inoxidáveis ferríticos (não temperáveis)

Aços inoxidáveis martensíticos (temperáveis)

Aços inoxidáveis austeníticos

Os aços dos dois primeiros grupos são ligados com cromo e eventualmente com até 2,5% de níquel podendo conter ainda molibdênio até cerca de 1,5%.

Os aços do terceiro grupo são ligados com cromo e níquel podendo contar ainda molibdênio e em alguns casos titânio ou nióbio e tântalo.

Metais Não Ferrosos

Cobre

O cobre é um metal vermelho-marrom, que apresenta ponto de fusão corresponde a 1.083°C e densidade correspondente a 8,96 g/cm³ (a 20°C), sendo, após a prata, o *melhor condutor do calor e da eletricidade*. Sua resistividade elétrica é de $1,7 \times 10^{-6}$ ohm-cm (a 20°). Por este último característico, uma de suas utilizações principais é na indústria elétrica.

O Cobre apresenta ainda excelente deformabilidade.

Além disso, o cobre possui boa resistência à corrosão: exposto à ação do ar, ele fica, com o tempo, recoberto de um depósito esverdeado.

A oxidação, sob a ação do ar, começa em torno de 500°C. Não é atacado pela água pura. Por outro lado, ácidos, mesmo fracos, atacam o cobre na presença do ar.

Apresenta, finalmente, resistência mecânica e característicos de fadiga satisfatórios, além de boa usinabilidade, cor decorativa e pode ser facilmente recoberto por eletrodeposição ou por aplicação de verniz.

O cobre, forma uma série de ligas muito importantes.

Segundo classificação da ABNT, os principais tipos de cobre são os seguintes:

- **cobre eletrolítico tenaz (Cu ETP)**, fundido a partir de cobre eletrolítico, contendo no mínimo 99,90% de cobre (e prata até 0,1%);
- **cobre refinado a fogo de alta condutibilidade (Cu FRHC)**, contendo um mínimo de 99,90% de cobre (incluída a prata);
- **cobre refinado a fogo tenaz (Cu FRTP)**, fundido a partir do tipo anterior, contendo de 99,80% a 99,85% no mínimo de cobre (incluída a prata);
- **cobre desoxidado com fósforo, de baixo teor de fósforo (Cu DLP)**, obtido por vazamento em molde, isento de óxido cuproso por desoxidação com fósforo, com um teor mínimo de 99,90% de cobre (e prata) e teores residuais de fósforos (entre 0,004 e 0,012%);
- **cobre desoxidado com fósforo, de alto teor de fósforo (Cu DHP)**, obtido como o anterior, com teor mínimo de cobre (e prata) de 99,80% ou 99,90% e teores residuais de fósforo (entre 0,015 e 0,040%);
- **cobre isento de oxigênio (Cu OF)**, do tipo eletrolítico, de 99,95% a 99,99% de cobre (e prata); processado de modo a não conter nem óxido cuproso e nem resíduos desoxidantes;

- **cobre refundido (Cu CAST)**, obtido a partir de cobre secundário e utilizado na fabricação de ligas de cobre; o teor mínimo de cobre (e prata) varia de 99,75% (grau A) a 99,50% (grau B).

Esses tipos de cobre são fornecidos em forma de placas, chapas, tiras, barras, arames e fios, tubos, perfis ou conformados por forjamento.

Suas propriedades mecânicas variam dentro dos seguintes limites:

- | | |
|----------------------------------|---------------------------------------|
| — limite de escoamento | - 5 a 35 kgf/mm ² |
| — limite de resistência à tração | - 22 a 45 kgf/mm ² |
| — alongamento | - 48 a 60% |
| — dureza Brinell | - 45 a 105 HB |
| — módulo de elasticidade | - 12.000 a 13.500 kgf/mm ² |

Alguns tipos apresentam boa resistência ao choque e bom limite de fadiga.

Os valores dependem do estado em que se encontra o metal, se recozido ou encruado.

O grau de encruamento ou recozimento é designado pela expressão “têmpera”, a qual não tem nada a ver com o tratamento térmico de têmpera, aplicado nas ligas ferro-carbono.

As aplicações industriais dos vários tipos de cobre acima mencionados são as seguintes:

- **cobre eletrolítico tenaz (Cu ETP) e cobre refinado a fogo de alta condutibilidade (Cu FRHC)** - de qualidade mais ou menos idêntica - aplicações onde se exige alta condutibilidade elétrica e boa resistência à corrosão, tais como: na indústria elétrica, na forma de cabos condutores aéreos, linhas telefônicas, motores geradores, transformadores, fios esmaltados, barras coletoras, contatos, fiação para instalações domésticas e industriais, interruptores, terminais, em aparelhos de rádio e em televisores tec.; na indústria mecânica, na forma de peças para permutadores de calor, radiadores de automóveis, arruelas, rebites e outros componentes na forma de tiras e fios; na indústria de equipamento químico, em caldeiras, destiladores, alambiques, tanques e recipientes diversos, em equipamento para processamento de alimentos; na construção civil e arquitetura, em telhados e fachadas, calhas e condutores de águas pluviais, cumieiras, pára-raios, revestimentos artísticos etc;
- **cobre refinado a fogo tenaz (Cu FRTP)** - embora contendo maior teor de impurezas, as aplicações são mais ou menos

semelhantes às anteriores no campo mecânico, químico e construção civil; na indústria elétrica, esse tipo de cobre pode ser aplicado somente quando a condutibilidade elétrica exigida não for muito elevada;

- **cobre isento de oxigênio (Cu OF)** - devido a sua maior conformabilidade, é particularmente indicado para operações de extrusão por impacto; aplicações importantes têm-se em equipamento eletro-eletrônico, em peças para radar, anodos e fios de tubos a vácuo, vedações vidro-metal, válvulas de controle termostático, rotores e condutores para geradores e motores de grande porte, antenas e cabos flexíveis e em peças para serviços a altas temperaturas, na presença de atmosferas redutoras;
- **cobre desoxidado com fósforo, de baixo teor em fósforo (Cu DLP)** - é utilizado principalmente na forma de tubos e chapas, em equipamento que conduz fluidos, tais como evaporadores e permutadores de calor, tubulações de vapor, ar, água fria ou quente e óleo; em tanques e radiadores de automóveis; em destiladores, caldeiras, autoclaves, onde se requer soldagem, em aparelhos de ar condicionado etc.;
- **cobre desoxidado com fósforo, de alto teor em fósforo (Cu DHP)** - aplicações praticamente semelhantes às do tipo anterior.

Latão

Os latões comuns são ligas de cobre-zinco, podendo conter zinco em teores que variam de 5 a 50%, o que significa que existem inúmeros tipos de latões.

A presença do zinco, obviamente, altera as propriedades do cobre.

À medida que o teor de zinco aumenta, ocorre também uma diminuição da resistência à corrosão em certos meios agressivos, levando à “dezinficação”, ou seja, corrosão preferencial do zinco.

No estado recozido, a presença de zinco até cerca de 30% provoca um ligeiro aumento da resistência à tração, porém a ductilidade aumenta consideravelmente.

Nessa faixa de composição, pode-se distinguir vários tipos representados na Tabela I, com as respectivas propriedades mecânicas.

Os valores das propriedades estão representadas numa larga faixa, devido à condição da liga - se recozida ou mais ou menos encruada.

Os latões indicados na Tabela I apresentam as seguintes aplicações:

- **cobre-zinco 95-5** - devido a sua elevada conformabilidade a frio, é utilizado para pequenos cartuchos de armas; devido a sua cor dourada atraente, emprega-se na confecção de medalhas e outros objetos decorativos cunhados, tais como emblemas, placas etc.;
- **cobre-zinco 90-10** - também chamado de bronze comercial; de características semelhantes ao tipo anterior, suas principais aplicações são feitas na confecção de ferragens, condutos, peças e objetos ornamentais e decorativos tais como emblemas, estojos, medalhas etc.;
- **cobre-zinco 85-15** - também chamado *latão vermelho*; características e aplicações semelhantes às ligas anteriores;
- **cobre-zinco 80-20** - ou *latão comum* - idem;
- **cobre-zinco 70-30** - também chamado *latão para cartuchos* - combina boa resistência mecânica e excelente ductilidade, de modo que é uma liga adequada para processos de estampagem; na construção mecânica, as aplicações típicas são cartuchos para armas, tubos e suportes de tubo de radiadores de automóveis, carcaças de extintores de incêndio e outros produtos estampados, além de pinos e rebites. Outras aplicações incluem tubos para permutadores de calor, evaporadores, aquecedores e cápsulas e roscas para lâmpadas;

Tabela I
LATÕES ESPECIAIS

N. ASTM	Designação	Sigla	Composição %	Propriedades mecânicas			
				Limite de resistência à tração kgf/mm ²	Limite de escoamento kgf/mm ²	Alongamento %	Dureza Brinell
210	Cobre-zinco 95-5	CuZn5	Cu-94,0-96,0 Zn-restante	27-55	10-38	45-3	65-120
220	Cobre-zinco 90-10	CuZn10	Cu-89,0/91,0 Zn-restante	27-57	9-42	50-4	55-125
230	Cobre-zinco 85-15	CuZn15	Cu-84,0/86,0 Zn-restante	31-60	10-42	50-4	60-135
240	Cobre-zinco 80-20	CuZn20	Cu-78,5/81,5 Zn-restante	31-64	12-48	52-3	65-155
260	Cobre-zinco 70-30	CuZn30	Cu-68,5/71,5 Zn-restante	33-85	12-54	62-3	65-160
268 270	Cobre-zinco 67-33	CuZn33	Cu-65,5/68,5 Zn-restante	34-86	13-55	60-3	65-165
272 274	Cobre-zinco 63-37	CuZn37	Cu-62,0/65,5 Zn-restante	34-86	13-55	56-5	65-165
280	Cobre-zinco 60-40	CuZn40	Cu-59,0/62,0 Zn-restante	38-60	16-45	40-4	85-145

- **cobre-zinco 67-33** - embora, apresentando propriedades de ductilidade ligeiramente inferiores ao tipo 70-30, as aplicações são idênticas.

A partir de 37% de zinco, nota-se uma queda mais acentuada na ductilidade.

Os latões desse tipo, indicados na Tabela I, com as respectivas propriedades, têm as seguintes aplicações:

- **cobre-zinco 67-37** - na fabricação de peças pro estampagem leve, como componentes de lâmpadas e chaves elétricas, recipientes diversos para instrumentos, rebites, pinos, parafusos componentes de radiadores etc.;
- **cobre-zinco 60-40** - também chamado *metal Muntz* - esta liga de duas fases presta-se muito bem a deformações mecânicas a quente. É geralmente utilizada na forma de placas, barras e perfis diversos ou componentes forjados para a indústria mecânica; na indústria química e naval, emprega-se na fabricação de tubos de condensadores e permutadores de calor.

Bronze

A Tabela II apresenta os principais tipos. Nos bronzes comerciais o teor de estanho varia de 2 a 10%, podendo chegar a 11% nas ligas para fundição.

Tabela II
PRINCIPAIS TIPOS DE BRONZE

N. ASTM	Designação	Sigla	Composição %	Propriedades mecânicas			
				Limite de resistência à tração kgf/mm ²	Limite de escoamento kgf/mm ²	Alongamento %	Dureza Brinell
505	Cobre-zinco 98-2	CuSn2	Sn-1,0/2,5 P-0,02/0,30 Cu-restante	28-65	11-50	45-2	16-150
511	Cobre-zinco 96-4	CuSn4	Sn-3,0/4,5 P-0,02/0,40 Cu-restante	33-90	13-58	50-2	70-195
510	Cobre-zinco 95-5	CuSn5	Sn-4,4/5,5 P-0,02/0,40 Cu-restante	35-95	13-62	55-2	75-205
519	Cobre-zinco 94-6	CuSn6	Sn-5,5/7,5 P-0,02/0,40 Cu-restante	37-100	15-76	60-2	80-225
521	Cobre-zinco 92-8	CuSn8	Sn-7,5/9,0 P-0,02/0,40 Cu-restante	42-105	17-82	65-2	85-240
524	Cobre-zinco 90-10	CuSn10	Sn-9,0/11,0 P-0,02/0,04 Cu-restante	44-100	19-85	65-3	95-245

À medida que aumenta o teor de estanho, aumentam a dureza e as propriedades relacionadas com a resistência mecânica, sem queda da ductilidade. Essas ligas podem, geralmente, ser trabalhadas a frio, o que melhora a dureza e os limites de resistência à tração e escoamento, como está indicado na Tabela, pelas faixas representativas dos valores dessas propriedades.

As propriedades são ainda melhoradas pela adição de até 0,40% de fósforo, que atua como desoxidante; nessas condições, os bronzes são chamados *fosforosos*.

Os bronzes possuem elevada resistência à corrosão, o que amplia o campo de seu emprego.

Freqüentemente adiciona-se chumbo para melhorar as propriedades lubrificantes ou de anti fricção das ligas, além da usinabilidade. O zinco é da mesma forma eventualmente adicionado, atuando como desoxidante em peças fundidas e para a resistência mecânica.

As principais aplicações dos vários tipos de bronze são as seguintes:

- **tipo 98-2** - devido a sua boa condutibilidade elétrica e melhor resistência mecânica que o cobre, é empregado em contatos, componentes de aparelhos de telecomunicação, molas condutoras etc.; em construção mecânica, como parafusos com cabeça recalçada a frio, tubos flexíveis, rebites, varetas de soldagem etc.;
- **tipo 96-4** - em arquitetura; em construção elétrica, como molas e componentes de interruptores, chaves, contatos e tomadas; na construção mecânica, como molas, diafragmas, parafusos com cabeça recalçada a frio, rebites, porcas etc.;
- **tipo 95-5** - em tubos para água ácidas de mineração, componentes para as indústrias têxteis, químicas e de papel; molas, diafragmas, parafusos, porcas, rebites, varetas de soldagem etc.;
- **tipo 94-6** - mesmas aplicações anteriores em condições mais críticas, devido a sua maior resistência à fadiga e ao desgaste. É produzido também nas formas de chapas, barras, fios e tubos;
- **tipo 92-8** - melhor resistência à fadiga e ao desgaste; na forma de chapas, barras, fios e tubos. Além das aplicações da liga anterior, emprega-se em discos antifricção, devido a suas características antifricção;
- **tipo 90-10** - é a liga, entre os bronzes, que apresenta as melhores propriedades mecânicas, sendo por isso a mais empregada. Entre algumas aplicações típicas, incluem-se molas para serviços pesados.

Alumínio

Seu peso específico é de $2,7 \text{ g/cm}^3$ a 20°C ; seu ponto de fusão corresponde a 660°C e o módulo de elasticidade é de 6.336 kgf/mm^2 .

Apresenta boa condutibilidade térmica e relativamente alta condutibilidade elétrica (62% da do cobre).

É não-magnético e apresenta baixo coeficiente de emissão térmica.

Esses característicos, além da abundância do seu minério principal, vêm tornando o alumínio o metal mais importante, após o ferro.

O baixo peso específico do alumínio torna-o de grande utilidade em equipamento de transporte - ferroviário, rodoviário, aéreo e naval - e na indústria mecânica, numa grande variedade de aplicações.

O baixo ponto de fusão, aliado a um elevado ponto de ebulição (cerca de 2.000°C) e a uma grande estabilidade a qualquer temperatura, torna a fusão e a moldagem do alumínio muito fáceis.

A condutibilidade térmica, inferior somente às da prata, cobre e ouro, o torna adequado para aplicações em equipamento destinado a permutar calor.

Sua alta condutibilidade elétrica e ausência de magnetismo o tornam recomendável em aplicações na indústria elétrica, principalmente em cabos condutores.

Finalmente, o baixo fator de emissão o torna aplicável como isolante térmico.

Entretanto, a resistência mecânica é baixa; no estado puro (99,99% Al), o seu valor gira em torno de 5 a 6 kgf/mm^2 ; no estado encruado (laminado a frio com redução de 75%) sobe para cerca de $11,5 \text{ kgf/mm}^2$. É muito dúctil: alongamento de 60 a 70%.

Apresenta boa resistência à corrosão, devido à estabilidade do seu principal óxido Al_2O_3 que se forma na superfície do metal. Essa resistência à corrosão é melhorada por anodização, que ainda melhora sua aparência, tornando-o adequado para aplicações decorativas.

As ligas de alumínio não apresentam a mesma resistência à corrosão que o alumínio puro, de modo que quando se deseja aliar a maior resistência mecânica das ligas com a boa resistência à corrosão do alumínio quimicamente puro, utiliza-se o processo de revestimento da liga por capas de alumínio puro ("cladding"), originando-se o material "Alclad".

Devido a sua alta ductilidade, é facilmente laminado, forjado e trefilado, de modo a ser utilizado na forma de chapas, folhas muito finas, fios, tubos etc.

De um modo geral, pode-se dizer que o alumínio de pureza equivalente a 99,9% anodizado, apresenta características óticas análogas aos da prata, aplicando-se, por exemplo, em refletores.

Com pureza equivalente a 99,5% utiliza-se em cabos elétricos armados com aço, além de equipamentos variados na indústria química.

Com pureza de 99%, sua principal aplicação é em artigos domésticos, principalmente para utilização em cozinhas.

Materiais Não Metálicos

Madeira

Constituição da madeira

A madeira se origina das árvores e é constituída por um conjunto de tecidos que forma a massa de seus troncos.

O *tronco* é a parte da árvore donde se extrai a madeira. Situado entre as raízes e os ramos, o tronco é composto de células alongadas, de várias naturezas, segundo sua idade e suas funções, reunidas por uma matéria intercelular.

A Figura 34 mostra o corte transversal de um tronco de árvore. Na parte externa, o tronco compreende a *casca*, que se subdivide em casca externa e casca interna. A casca é uma camada protetora que protege e isola os tecidos da árvore contra os agentes atmosféricos. Debaxo da casca, situa-se o *liber*, que é um tecido cheio de canais que conduzem a seiva

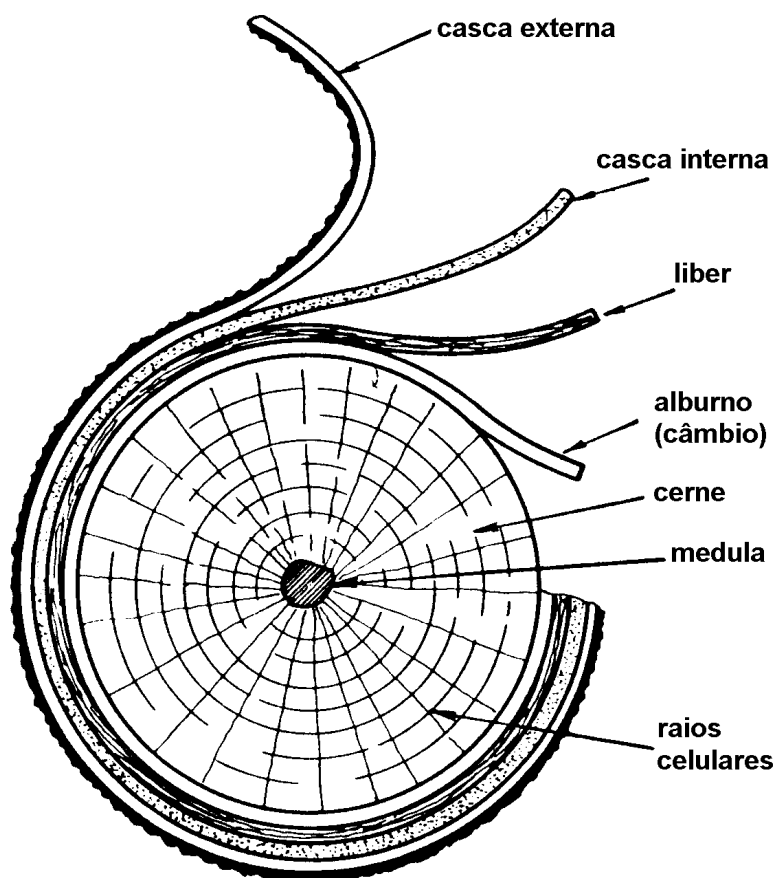


Fig. 34 - Corte transversal de um tronco de árvore.

descendente. Debaixo do liber, encontra-se o *alburno* (ou câmbio) que é uma camada viva a formação recente, formada de células em plena atividade de proliferação, igualmente cheia de canais, que conduzem a seiva ascendente ou seiva bruta; sua espessura é mais ou menos grande, segundo as espécies. Sob o alburno, encontra-se o *cerne*, formado por madeira dura e consistente, impregnada de tanino e lignina. O *cerne* é a parte mais desenvolvida da árvore e a mais importante sob o ponto de vista de material de construção. É formado por uma série de anéis concêntricos de coloração mais clara e mais escura alternadamente; são os anéis ou camadas anuais, que possibilitam conhecer a idade da árvore, sobretudo nos países temperados, onde são mais nítidos. Finalmente, no centro do tronco, encontra-se a *medula*, constituída de material mole.

A madeira é constituída quimicamente por celulose e lignina. Sua composição química é aproximadamente 50% de carbono, 42 a 44% de oxigênio, 5,0 a 6,0% de hidrogênio, 1% de nitrogênio e 1,0% de matéria mineral que se encontra nas cinzas.

As madeiras, pela sua estrutura anatômica, compreendem dois grandes grupos:

- *coníferas* ou resinosas, da classe botânica das gimnospermas;
- *frondosas*, da classe botânica das angiospermas dicotiledôneas.

Às coníferas pertencem o pinho e o pinheirinho. Às frondosas pertence a maioria das madeiras utilizadas, tais como aroeira-do-sertão, sucupira amarela, *eucalyptos citriodora*, jatobá, cabreúva vermelha, guarantã, pau-marfim, peroba-rosa, caviúna, *eucalyptos robusta*, canela, amendoim, peroba-de-campos,, imbuia, pinho brasileiro, freijó, cedro, jequitibá-rosa, etc.

Características físicos e mecânicos da madeira

São características físicas a umidade, o peso específico e a retratilidade. São características mecânicas as resistências à compressão, à tração, à flexão ao cisalhamento, ao fendilhamento e ao choque.

A *umidade* afeta grandemente a resistência mecânica da madeira, de modo que é importante a sua determinação. As madeiras, logo após o corte, ou seja, ainda “verdes”, apresentam 80% ou mais de umidade. Com o tempo, secam, perdendo inicialmente a água chamada embebição, alcançando o ponto de saturação ao ar: cerca de 25% de umidade. Continuando a secar, as madeiras perdem a água de impregnação, contida nas fibras e paredes dos vasos, resultando contração.

A secagem ao ar, ao abrigo das intempéries, ocasiona perda de umidade até o seu teor alcançar o equilíbrio com o grau hidrométrico do ar.

A secagem em estufa, a 105°C, durante determinado tempo, pode ocasionar total evaporação da água de impregnação, chegando a umidade a 0%.

A água de constituição, ou seja, aquela contida nas moléculas da madeira não se altera.

O *peso específico* das madeiras varia de 0,30 a 1,30 g/cm³, dependendo da espécie da madeira, da árvore de origem, da localização do corpo de prova retirado da madeira em exame etc. As madeiras comerciais brasileiras apresentam pesos específicos que variam de 0,35 a 1,30 g/cm³.

A *retratilidade* corresponde às contrações lineares e volumétricas e sua determinação é feita em corpos de prova retirados da madeira com vários teores de umidade: madeira verde, madeira seca ao ar e madeira seca em estufa.

Quanto às propriedades mecânicas propriamente ditas, elas dependem do teor de umidade da madeira e, principalmente, do seu peso específico.

As propriedades que interessam, sob o ponto de vista prático são:

- resistência à compressão paralela às fibras
- módulo de elasticidade à compressão
- resistência à flexão estática
- módulo de elasticidade à flexão
- resistência à flexão dinâmica ou ao choque
- resistência à tração normal às fibras
- resistência ao fendilhamento
- dureza
- resistência ao cisalhamento.

As melhores madeiras para construção são as que provêm de árvores de maior altura, com troncos retos e regulares. Devem apresentar boa homogeneidade, boa resistência mecânica e dureza, sem, contudo, serem muito densas e difíceis de trabalhar.

Quando as aplicações são de natureza mecânica, como em certas máquinas, cabos de ferramentas e aplicações semelhantes, as madeiras devem aliar à resistência à compressão boa resistência ao choque, ou seja, tenacidade.

A seguir, indicam-se algumas das principais madeiras encontradas no Brasil, com os respectivos pesos específicos, variáveis dentro dos limites assinalados e aplicações comuns:

- **acapu** ou **angelim** de folha larga, com peso específico entre 0,85 e 1,00 g/cm³, ocorrente no Pará e Amazonas, aplicada em móveis, acabamentos internos, assoalhos, compensados, construção naval e civil etc;
- **almecegueira** ou **breu**, com densidade entre 0,40 e 0,50, ocorrente no Norte e Centro do Brasil e no litoral de São Paulo até o Rio Grande do Sul, aplicada em móveis, acabamento de interiores, compensados, etc;
- **amendoim** ou **amendoim bravo**, com densidade entre 0,80 e 0,90, ocorrente em São Paulo, Mato Grosso e norte do Paraná, aplicada em móveis, acabamentos de interiores, assoalhos, cabos de ferramentas, etc;
- **angélica** ou **angélica-do-Pará**, com densidade de 0,70 a 0,90, ocorrente no Pará e Amazonas, aplicada em móveis, assoalhos, esquadrias, implementos agrícolas, construção naval, estruturas, etc;
- **angico-preto** ou **angico preto rajado**, de densidade entre 0,75 a 0,95, ocorrente no Vale do Rio Doce, São Paulo e Mato Grosso, aplicada em cabos de ferramentas, assoalhos, dormentes, etc;
- **angico-vermelho** ou **angico verdadeiro**, com densidade entre 0,70 e 0,80 ocorrente no Vale do Parapanema, norte do Paraná, até Rio Grande do Sul, aplicada em assoalhos, construções rurais, vigamentos, dormentes, etc;
- **araputangai** ou **mogno**, com densidade de 0,40 a 0,50, ocorrente em Mato Grosso, Goiás, Pará, Amazonas e Acre, aplicada em móveis, acabamentos interiores, compensados, construção naval, etc;
- **aroeira-do-sertão** ou **aroeira legítima**, de densidade entre 0,85 e 1,20, encontrada no Nordeste, Bahia, Minas Gerais, São Paulo, Goiás e Mato Grosso, aplicada em construção naval, pontes, postes, moirões, etc;
- **cabreúva-parda** ou **bálsamo**, com densidade de 0,90 a 1,10 ocorrente na região costeira e em Santa Catarina, aplicada em móveis, acabamentos de interiores, tábuas e tacos de assoalhos, etc;
- **canela** ou **canela-clara**, com densidade de 0,60 a 0,75, ocorrente nas serras da Mantiqueira e do Mar, aplicada em móveis, carpintaria, dormentes, etc;
- **caroba** ou **jacarandá-caroba**, de densidade entre 0,40 a 0,50, ocorrente desde o sul da Bahia até o Rio Grande do Sul, aplicada em caixotes, brinquedos, etc;
- **carvalho brasileiro** ou **cedro rajado**, com densidade entre 0,65 e 0,75, encontrado no litoral do Estado de São Paulo,

aplicada em móveis, acabamentos de interiores, compensados, etc;

- **castanheiro** ou **castanheiro-do-Pará**, com densidade de 0,65 a 0,75, ocorrente no Pará, Amazonas e Acre, aplicada em móveis, construção civil, construção naval, compensado, etc;
- **copaíba** ou **óleo-copaíba**, de densidade entre 0,70 e 0,90, encontrada em todo o país, utilizada em móveis, acabamentos de interiores, cabos de ferramentas, coronha de armas, implementos agrícolas, etc;
- **faveiro** ou **sucupira-branca**, de densidade entre 0,90 a 1,10, ocorrente em Minas Gerais, São Paulo, Goiás e Paraná, empregada em tábuas, tacos, implementos agrícolas, carrocerias, construção naval, etc;
- **freijó** ou **frei-jorge**, de densidade entre 0,40 e 0,90, encontrada no Pará, aplicada em móveis, construção civil, construção naval, etc;
- **jenipapo** ou **jenipapeiro**, com densidade entre 0,70 e 0,85, ocorrente no Pará, Amazonas e Acre, utilizada em tornearia, implementos agrícolas, etc;
- **grumixava** ou **salgueiro**, com densidade entre 0,60 e 0,80, ocorrente na Serra do Mar, empregada em móveis, tornearia, cabos de ferramentas, compensados, etc;
- **guaraiúva** ou **quebra-quebra**, com densidade entre 0,80 e 0,90, ocorrente em São Paulo, empregada em tornearia, cabos de ferramentas, construção naval, etc;
- **gurarantã** ou **pau-duro**, com densidade entre 0,95 e 1,10, ocorrente em São Paulo, Mato Grosso e Goiás, empregada em tornearia, tacos, cabos de ferramentas, implementos agrícolas, estacas, postes etc.;
- **imbuia** ou **canela imbuia**, com densidade entre 0,70 e 0,80, encontrada no Paraná, Santa Catarina, empregada em móveis, acabamentos de interiores, tacos etc.;
- **ipê-pardo** ou **piúva do cerrado**, com densidade entre 0,90 e 1,20, encontrada em Mato Grosso, Bahia, Minas Gerais, São Paulo e Paraná, empregada em tornearia, tábua e tacos de assoalhos, implementos agrícolas, construção naval etc.;
- **jacarandá-do-litoral** ou **jacarandá** do brejo, com densidade entre 0,75 e 1,10, ocorrente na região do litoral, entre São Paulo e Santa Catarina, empregada em móveis, tacos de assoalhos, tornearia, cabos de cutelaria etc.;
- **jatobá** ou **farinheira**, com densidade entre 0,80 e 1,10, ocorrente em todo país, empregada em implementos agrícolas, tacos, construção civil, construção naval, dormentes etc.;
- **jequitibá-rosa** ou **pau-caixão**, com densidade entre 0,50 e 0,70, ocorrente na Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo, Minas

Gerais e Espírito Santo, empregada em móveis, compensados etc.;

- **pau-ferro** ou **muirapixuma**, com densidade entre 0,90 e 1,20, ocorrente nas caatingas do Nordeste, empregada em tornearia, construção civil, dormentes, implementos agrícolas, construção naval etc.;
- **pau-marfim** ou **marfim**, com densidade entre 0,75 e 0,95, ocorrente no Sul do país, empregada em móveis, implementos agrícolas, tornearia etc.;
- **peroba** ou **amargoso**, com densidade entre 0,75 e 0,85, ocorrente no Paraná, Mato Grosso, Minas Gerais, São Paulo e Bahia, empregada em móveis, esquadrias, carrocerias, construção civil etc.;
- **peroba-do-campo** ou **ipê-peroba**, com densidade entre 0,75 e 0,80, encontrada na Bahia, Minas Gerais, São Paulo, Goiás e Mato Grosso, empregada em móveis, tacos, construção naval etc.;
- **pinho brasileiro** ou **pinho do Paraná**, com densidade entre 0,50 e 0,60, encontrada no Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Minas Gerais e São Paulo, empregada em móveis, acabamentos de interiores, compensados etc.;
- **sucupira-parda** ou **sucupira**, com densidade entre 0,90 e 1,10, ocorrente no Pará, Amazonas, Goiás, Mato Grosso e Bahia, empregada em móveis, tornearia, tacos de assoalhos, implementos agrícolas, construção naval etc.;
- **vinhático** ou **amarelinho**, com densidade entre 0,55 e 0,65, ocorrente no litoral fluminense, Minas Gerais, Bahia e Mato Grosso, empregada em móveis, acabamentos de interiores, compensados, construção naval etc.;

Defeitos e enfermidades das madeiras

As madeiras estão sujeitas a defeitos ou anomalias que alteram sua estrutura e a enfermidades que afetam sua composição química, reduzem sua resistência e causam o seu “apodrecimento”.

As anomalias principais são as seguintes:

- **fibra torcida ou revirada**, defeito esse caracterizado pelo fato das fibras das árvores não crescerem paralelamente ao eixo, mas sim em forma de hélice, devido ao excessivo crescimento das fibras periféricas com relação às internas. Estas madeiras servem somente para postes e pés-direitos;

- **irregularidades nos anéis de crescimento** ou **nós**, o que, quase sempre, rejeita a madeira;
- **excentricidade do cerne**, causada por crescimento heterogêneo, resultado em pouca elasticidade e baixa resistência;
- **fendas** ou **gretas mais ou menos profundas**, no sentido transversal; outras fendas de diversos tipos e denominações constituem igualmente anomalias que podem dificultar a utilização plena da madeira.

Quanto às *enfermidades* das madeiras, os principais agentes destruidores são fungos, bactérias, insetos, moluscos e crustáceos marinhos.

Os fungos que atacam a celulose e a lignina são os mais nocivos.

A madeira saturada de água ou com umidade inferior a 20% é mais difícil de ser atacada pelos fungos.

Há moluscos que atacam as madeiras de embarcações, de diques e outras construções navais, incrustando-se na madeira e abrindo galerias verticais. O meio de combatê-los consiste em tratar-se a madeira com creosoto. Depois de atacadas por esses moluscos, as madeiras podem ser tratadas com sulfato de cobre.

Preservação da madeira

Um dos meios utilizados para preservar as madeiras é por intermédio da *secagem*, natural ou artificial.

Além da secagem, há os *tratamentos superficiais*, os quais são aplicados por pintura ou por imersão da madeira ou por impregnação ou por outros métodos.

Os materiais aplicados são chamados “preservativos”. Quando se utiliza o processo de pintura, os preservativos são de preferência previamente aquecidos, para penetrar mais profundamente na madeira.

Na imersão, mergulha-se a madeira no preservativo durante 15 a 20 minutos, com melhores resultados que a simples pintura superficial, pois todas as possíveis trincas e fendas ficam em total contato com o material protetor.

Sem entrar em pormenores, os processos de impregnação que podem utilizar, numa mesma operação, vapor, vácuo e pressão, são os mais eficientes de todos, pois, por seu intermédio, as partes internas das madeiras são também atingidas e ficam protegidas da ação dos agentes destruidores.

Os preservativos mais comumente empregados são: o creosoto, já mencionado e o mais importante de todos, o sulfato de cobre, o bicloreto de mercúrio, óleos crus (parafinados, asfálticos) etc.

Materiais Plásticos

Os materiais plásticos são compostos de resinas naturais ou resinas sintéticas. Quase todas as resinas plásticas são de natureza orgânica, tendo em sua composição Hidrogênio, Carbono, Oxigênio e Azoto. As matérias-primas para a fabricação dos materiais plásticos provêm do carvão mineral, do petróleo ou de produtos vegetais.

O verdadeiro início da indústria dos materiais plásticos data de 1909, quando foram descobertos os primeiros materiais plásticos denominados Bakelite, Durez, Resinox e Textolite.

Classificação Geral dos Materiais Plásticos

Há duas categorias principais: Termoplásticos e Plásticos de endurecimento a quente.

1) Termoplásticos

São os que, quando aquecidos, começam a amolecer a partir de cerca de 60°C, podendo então ser moldado sem qualquer alteração de sua estrutura química. Os materiais termoplásticos mais conhecidos são: acrílicos, celulósicos, fluorcarbonos, naturais (shellac, asfalto, copal, etc.) nylon, polietilenos, poliestirenos, polivinils e proteínicos.

2) Plásticos de endurecimento a quente

Estes, ao contrário dos primeiros, sofrem alteração química da sua estrutura quando moldados e não podem ser amolecidos novamente pelo calor para uma operação de reforma. Suas temperaturas de moldagem são muito mais altas que as dos termoplásticos. Por outro lado, o produto acabado deste plástico resiste a temperaturas muito mais altas, sem deformação. Os plásticos de endurecimento a quente mais conhecidos são: alkyds, epoxides, furan, inorgânicos, melaminos, fenólicos, poliésteres, silicones e formaldeídos de uréia.

Componentes dos Materiais Plásticos

1. **Resina** - Uma das acima citadas, que é o componente básico e que dá as principais características, o nome e a classificação do material plástico.
2. **Massa** - É um material inerte, fibroso, destinado a reduzir o custo de fabricação e melhorar a resistência ou choque e as resistências térmica, química e elétrica. Como massa são utilizados, conforme o caso, dentre outros, os seguintes

materiais: pó de madeira, mica, celulose, algodão, papel, asfalto, talco, grafite, pó de pedra. A massa é normalmente empregada na composição dos materiais plásticos de endurecimento a quente.

3. **Plasticizantes** - São líquidos que fervem a temperatura elevadas (entre 94° e 205°C). Sua função é melhorar ou facilitar a corrida das resinas, na moldagem, e tornar mais flexível as partes acabadas.
4. **Lubrificantes** - Usam-se o óleo de linhaça, o óleo de rícino, a lanolina, o óleo mineral, a parafina, a grafite. A função dos lubrificantes é impedir que as peças moldadas se fixem aos moldes.
5. **Colorantes.**
6. **Catalisadores** ou **Endurecedores**, que são elementos necessários ao controle do grau de polimerização da resina; consiste numa transformação química que aumenta o peso molecular do plástico.
7. **Estabilizadores** - São elementos que impedem deterioração, mudança de cor e conservam a mistura plástica até o momento da sua moldação.

Propriedades Principais Comuns a Maioria dos Materiais Plásticos:

leveza, resistência à deterioração pela umidade, baixa condutibilidade térmica, baixa condutibilidade elétrica.

Processos de Fabricação de Produtos Plásticos Acabados

São variadas as técnicas. Citam-se, a seguir, apenas alguns, a título de exemplo.

1) Para materiais termoplásticos:

- a) Moldagem por injeção a quente (fig.35);
- b) Moldagem por extrusão (fig.36);
- c) Moldagem a ar comprimido;
- d) Moldagem a vácuo.

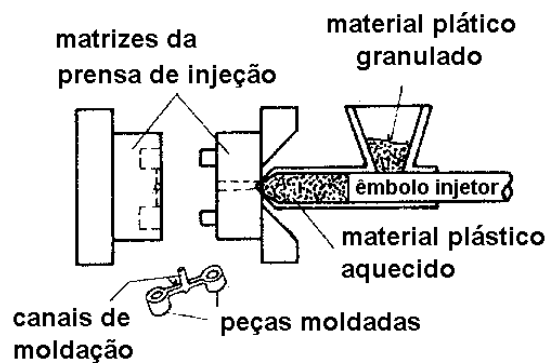


Fig. 35

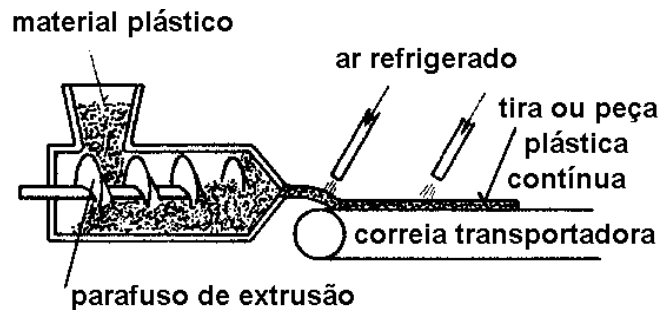


Fig. 36

2) Para materiais plásticos de endurecimento a quente:

- a) Moldagem por compressão a quente (fig.37);
- b) Laminagem (fig.38);;
- c) Fundição e moldagem.

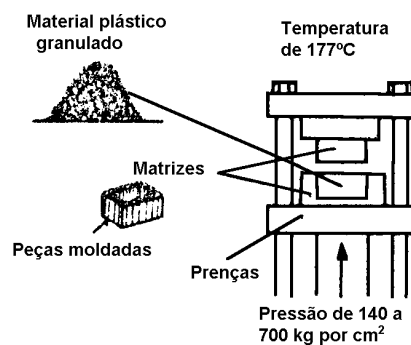


Fig. 37

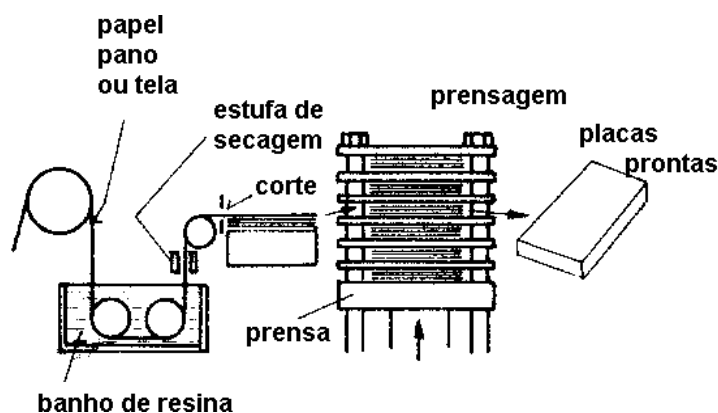


Fig. 38

Papelão Hidráulico

Os papelões hidráulicos destinam-se à vedação de tubulações com vapor saturado, água quente ou fria, soluções neutras, solventes, e produtos químicos. As juntas confeccionadas em papelão hidráulico oferecem elevada resistência ao esmagamento, baixo relaxamento, resistência à altas temperaturas e a produtos químicos.

São fabricados com fibras minerais ou sintéticas ligadas com elastômero. As fibras são responsáveis pela elevada resistência mecânica e o elastômero, vulcanizado sobre pressão e temperatura determina a resistência química e as características de selabilidade, flexibilidade e elasticidade. As borrachas mais usadas na fabricação do papelão hidráulico são a natural (NB), neoprene (CR), nitrílica (NBR) e sintética (SBR).

No caso das fibras as mais usadas são:

- A.** Amianto - Mineral incombustível, inerte a maioria dos produtos químicos;
- B.** Fibra Aramida - Material sintético, orgânico com excelente resistência mecânica e boa resistência a produtos químicos;
- C.** Fibra de Carbono - Material sintético, com excelente resistência química e mecânica;
- D.** Fibra Celulose - Material natural de limitada resistência à temperatura.

Como principais tipos de papelões hidráulicos, temos:

- A.** Não Amianto - Fabricado a base de fibras de carbono com borracha nitrílica;
- B.** Amianto - Fabricado com Amianto ligado com borracha sintética

Para pressões elevadas, o papelão hidráulico é fabricado com inserção de tela, aumentando a resistência mecânica.

Entretanto a selabilidade é reduzida, pois o fluido tende a escapar pela interface (tela x borracha).

O papelão hidráulico pode ser fornecido com acabamento do tipo grafitado, natural ou com antiaderente. O acabamento do tipo grafitado facilita a desmontagem, evitando que o material cole no flange. Quando a contaminação por grafite for indesejável, pode-se usar papelão com acabamento antiaderente.

Para a escolha correta do tipo de papelão hidráulico é importante o fluido a ser vedado, a temperatura máxima de operação e a pressão máxima de trabalho.

Limites de Serviço

Cada papelão hidráulico apresenta seu próprio limite máximo de temperatura e pressão em função dos seus componentes (tipos de borracha e das fibras de amianto).

Estas condições máximas porém, não devem ocorrer em conjunto, visto que na medida que aumenta a temperatura, o papelão vai perdendo sua resistência mecânica ou à pressão. A borracha sofre processo de envelhecimento e o amianto perde a água de cristalização, que diminui a sua resistência mecânica. O processo de perda de água de cristalização inicia-se a 350°C. Contudo é mais acentuado na faixa de temperatura de 540 a 600°C e conseqüentemente, a resistência a pressão do papelão cai em elevadas temperaturas.

Os diversos tipos de borracha usados na fabricação dos papelões hidráulicos, determinam seu grau de resistência em relação aos fluidos a serem vedados.

Borracha (Elastômero)

Definição

Substância elástica feita do látex coagulado de várias plantas, principalmente a seringueira, a goma-elástica, o caucho, etc, ou por processos químicos-industriais. Beneficiados para a indústria.

Os elastômeros mais usados e suas características são:

- **Natural (NR):** produto extraído de plantas tropicais, possui excelente elasticidade, flexibilidade e baixa resistência química. Envelhece devido ao ataque pelo ozônio, não recomendado para uso em locais expostos ao sol ou em presença de oxigênio. Limites de temperatura: -50°C a 90°C;
- **Sintética (SBR):** é o mais comum dos elastômeros. Foi desenvolvido como alternativa à borracha natural apresentando características similares com melhor resistência à temperatura. Recomendado para trabalho em água, os ácidos fracos e álcalis. Limites de temperatura: -50°C a 120°C;
- **Nitrilica (NBR):** também conhecida como Buna-N, possui boa resistência a óleos, gasolina, solventes e hidrocarbonetos. Limites de temperatura: -50°C a 120°C;
- **Cloroprene (CR):** conhecida pela sua marca comercial Neoprene. Possui excelente resistência aos óleos, gasolina, ozônio, luz solar e envelhecimento, e baixa permeabilidade aos gases. Limites de temperatura: -50°C a 120°C.
- **Fluorelastômero (Vitom):** excelente resistência aos ácidos fortes, óleos, gasolina, solventes clorados e hidrocarbonetos. Limites de temperatura: -40°C a 230°C.

Materiais Metálicos e não Metálicos - Avaliação

- 1) Quais as características do ferro fundido branco?
- 2) Qual o aço ao carbono adequado para fazer:
 - Peças comuns de mecânica.
 - Ferramentas para agricultura
- 3) Qual os aços especiais que usaria para construir as seguintes peças:
 - Faca de cozinha
 - Mola de automóvel
 - Engrenagem
- 4) Qual a propriedade mecânica fundamental que se procura num aço inoxidável?
- 5) Quais as vantagens da adição de elementos de liga nos aços?
- 6) Explicar por que o ferro fundido cinzento é pouco resistente e muito frágil, quando comparado ao aço?
- 7) Quais são as características principais que tornam o cobre um metal de grande importância industrial?
- 8) Por que o bronze é preferível ao aço como material para mancais?
- 9) Por que o alumínio comercialmente puro tem limitações na sua aplicação em componentes mecânicos?

-
- 10) Quais são às propriedades que comumente se determinam na madeira?
- 11) Quais as propriedades principais comuns às diversas espécies de plásticos?
- 12) Quais os elastômeros mais usados e suas características?