

Todas as pessoas que se interessam um pouquinho por automobilismo, sabem o quanto as equipes de Fórmula 1 e Fórmula Indy, apenas para falar das mais famosas, pesquisam para tornar seus carros mais velozes, mais competitivos e mais seguros. E no meio de tudo o que os engenheiros calculam, desenham e experimentam, está o emprego de materiais que devem ser, ao mesmo tempo, leves e adequados para se construir o melhor carro da temporada.

O bom de tudo isso é que esses materiais, mais cedo ou mais tarde, acabam sendo usados na fabricação dos carros que nós, que não somos pilotos de corrida, dirigimos todos os dias. Basta dizer que metais como o alumínio e o magnésio, que antes dos anos 90 não eram usados, passaram a estar presentes em ligas empregadas na fabricação de automóveis. Peças como os pedais de freio e embreagem, que precisam ser ao mesmo tempo leves e resistentes, são fabricadas com ligas de magnésio.

E por que essas ligas são empregadas? Por serem mais leves, permitem que o carro gaste menos energia para se movimentar e, por consequência, tenha um desempenho melhor com economia de combustível.

Outros metais como o titânio, por sua especial resistência à corrosão, são usados em próteses e implantes cirúrgicos. Você não acredita? De que você acha que são feitas as válvulas artificiais que são colocadas no coração de pessoas com problemas cardíacos? De titânio!

No entanto, esses materiais custam caro. Isso acontece porque os metais usados, como o magnésio ou o titânio e a tecnologia de sua produção exigem muita pesquisa para seu desenvolvimento.

Nesta aula vamos conhecer a “família” dos metais não-ferrosos: o magnésio, o níquel, o titânio, o zinco, o chumbo e o estanho. Eles não foram agrupados por serem menos importantes, mas porque seu emprego se restringe aos casos em que é necessário aproveitar alguma de suas propriedades características e que os metais que estudamos até agora não têm.

Metais de propriedades especiais

Do ponto de vista estrutural e econômico, nenhum metal se compara ao aço, ao aço-liga ou ao ferro fundido.

Porém, muitas vezes, o tipo de trabalho a ser realizado ou o produto a ser fabricado exige propriedades que os metais ferrosos não possuem, ou necessitam que sejam melhoradas.

São propriedades como a resistência à corrosão, a baixa densidade, a condutibilidade elétrica ou térmica, a resistência mecânica, a ductilidade e a facilidade de ser fundido.

Tudo isso você encontra nos metais não-ferrosos. Então, vamos começar nosso estudo pelo níquel.

O níquel e suas ligas

O níquel, cujo símbolo químico é Ni e ponto de fusão é 1452°C, também faz parte do grupo dos metais mais antigos conhecidos e usados pelo homem. É um metal bastante versátil, capaz de formar ligas com inúmeros metais, inclusive o aço.

Para a composição de ligas, o níquel pode receber adições de cobre (Ni-Cu), silício (Ni-Si) ou molibdênio (Ni-Mo). Pode também formar ligas com cromo e ferro (Ni-Cr-Fe) e cromo e molibdênio

(Ni-Cr-Mo). Ou ainda, com cromo, ferro, molibdênio e cobre (Ni-Cr-Fe-Mo-Cu).

Como já dissemos, devido ao alto custo, os metais não-ferrosos e suas respectivas ligas têm uso limitado a aplicações especiais. No caso do níquel, por exemplo, as ligas custam de vinte a cem vezes mais que os aços inoxidáveis.

Isso torna seu uso limitado a aplicações especiais tais como: turbinas de aviões, caldeiras de vapor, turbocompressores e válvulas de exaustão de motores, ferramentas para injeção e trabalho a quente, equipamentos para tratamento térmico etc.

São aplicações que precisam de características como alta resistência à corrosão e ao calor.

O níquel puro e suas ligas podem ser endurecidos por meio de trabalho a frio (encruamento). Elas também podem ser endurecidas pela formação de solução sólida ou por tratamento térmico de solubilização e precipitação.

Para tornar seu estudo mais fácil, mostramos a seguir um quadro que reúne as características adquiridas pelo níquel com a adição de cada elemento de liga e sua respectiva utilização.

Elemento adicionado	Influência	Aplicações
Cobre	Nas ligas monel, aumenta a re-sistência à corrosão e a resistência mecânica; reduz o custo nas ligas de cromo, ferro e molibidênio; em teores em torno de 2% reduz ação corrosiva em meios ácidos e oxidantes.	Equipamento de processamento de produtos de petróleo e petroquímicos; aquecedores de água e trocadores de calor; válvulas, bombas, eixos, parafusos, hélices e fixadores usados em construção naval.
Cromo	Eleva a resistência à corrosão em meios oxidantes e a resistência mecânica em altas temperaturas.	Equipamentos de processamento químico, equipamentos de tratamento térmico; geradores de vapor, componentes de for-nos; equipamentos de controle de poluição; componentes de equipamentos eletrônicos.
Ferro	Reduz o custo das ligas; aumenta a resistência à corrosão associada à cavitação e à erosão.	Equipamentos de processamento químico; geradores de vapor; componentes de fornos; equipamentos de controle de poluição.
Molibidênio	Eleva a resistência à corrosão em meios redutores; aumenta a re-sistência mecânica em altas temperaturas.	Componentes de turbinas a gás e de motores aeronáuticos; equipamentos de processamento químico.
Cromo-ferro + alumínio e titânio	Permitem a realização de tratamento térmico de solubilização e precipitação para endurecimento da liga.	Liga experimental para a indústria aeronáutica.

Para parar e estudar

Antes de continuar, estude esta parte da aula para que possamos ir em frente. Releia este trecho com cuidado e faça os exercícios a seguir.

Exercícios

1. Complete as lacunas:

- a) A utilização do alumínio e do na construção dos carros dos anos 90 melhoram o seu e ajudam na economia de
- b) As próteses implantadas no corpo humano são feitas de porque esse material tem especial resistência à
- c) Do ponto de vista estrutural e econômico, nenhum metal se compara ao, ao ou ao
- d) Três propriedades que os metais ferrosos precisam ter melhoradas são:, e
- e) Em razão de seu alto custo, as ligas de metais não-ferrosos têm o uso a aplicações

2. Relacione o elemento de liga de níquel à sua aplicação:

- | | |
|--------------------|--|
| a) () Cromo. | 1. Componentes de equipamentos eletrônicos. |
| b) () Ferro. | 2. Aquecedores de água e trocadores de calor. |
| c) () Molibdênio. | 3. Componentes de turbinas a gás. |
| d) () Cobre. | 4. Hélices e fixadores usados em construção naval. |
| | 5. Equipamentos de tratamento térmico. |

O magnésio e suas ligas

O magnésio, cujo símbolo químico é Mg, é caracterizado por sua leveza, pois tem 1/5 da densidade do ferro. Funde-se a 651°C e oxida-se com facilidade. A maior utilização do magnésio (50%) é

como elemento de liga do alumínio. É usado também na fabricação do ferro fundido nodular e na redução de metais (35%). Somente 15% são usados na fabricação de produtos.

As ligas de magnésio podem ser fundidas ou conformadas por laminação, forjamento ou extrusão. Elas têm como características baixa densidade, alta resistência e dureza em baixas e altas temperaturas e elevada resistência à corrosão em temperatura ambiente. As propriedades mecânicas de algumas delas podem ser melhoradas por tratamento térmico. Essas características fazem com que elas se tornem adequadas à fabricação de peças de embreagem, suporte de pedal de freio, trava de coluna de direção; ferramentas manuais, calandras, máquinas de impressão, componentes de máquinas de alta velocidade e componentes para a indústria aeroespacial. Estas informações estão resumidas no quadro a seguir:

Elemento adicionado	Influência	Aplicações
Alumínio e zinco	Boa resistência mecânica por conformação a frio	Indústria aeronáutica e automobilística: rodas, caixas de manivela, tanques de combustível, pistões e outras peças de motores a jato.
Zinco e zircônio	Ductilidade e boa resistência mecânica por encruamento	
Alumínio e manganês	Alta resistência a impactos alta ductilidade.	
Alumínio, zinco e manganês	Alta resistência à tração	

Para parar e estudar

Vamos dar mais uma paradinha para estudar. Use os exercícios a seguir para avaliar o seu progresso.

Exercício

3. Responda:

- a) O que caracteriza o magnésio?
- b) Onde o magnésio é mais usado?
- c) Como as ligas de magnésio podem ser trabalhadas?
- d) As ligas de magnésio são muito usadas na indústria aeronáutica e automobilística. Por quê?

O chumbo

O chumbo é um metal de cor acinzentada, pouco tenaz, porém dúctil e maleável. É bom condutor de eletricidade, embora não seja magnético, e mau condutor de calor. Funde-se a 327°C. É facilmente laminado, pois é o mais mole dos metais pesados. Pode ser endurecido em liga com enxofre (S) ou antimônio (Sb). É resistente à água do mar e aos ácidos, mas é fortemente atacado por substâncias básicas. Oxida-se com facilidade em contato com o ar. Outras propriedades que permitem grande variedade de aplicações são: alta densidade, flexibilidade, alto coeficiente de expansão térmica, boa resistência à corrosão, condutibilidade elétrica, facilidade em se fundir e formar ligas com outros elementos.

O principal minério do qual o chumbo é extraído é a galena (PbS), cujo teor de chumbo varia entre 1 e 12%. Em geral, esse minério possui também prata. O processo de obtenção do chumbo tem várias etapas, mas as principais são: concentração por flotação, formação do aglomerado, redução dos óxidos, desargentação, ou seja, retirada da prata, destilação a vácuo e refino.

O chumbo é usado como isolante acústico e amortecedor de vibrações. É empregado também em juntas para vedação, em ligas para fabricação de mancais, gaxetas e arruelas. Ele pode ser laminado a espessuras de até 0,01 mm. Sua maior utilização (80%), entretanto, é na fabricação de baterias.

Vale lembrar que o chumbo é um metal que permite a reciclagem de sua sucata. No Brasil, o reaproveitamento dessa sucata corresponde a um terço das nossas necessidades dessa matéria-prima.

Ao chumbo pode-se acrescentar os seguintes elementos de liga: cobre (Cu), prata (Ag) e antimônio (Sb). Veja no quadro a seguir, as características que cada um desses elementos traz à respectiva liga e suas aplicações.

Elementos adicionais	Influência	Aplicações
Cobre (0,06%)	Resistência à corrosão	Equipamentos para processamento de ácido sulfúrico. Proteção catódica de estruturas marinhas.
Prata (2%)	Resistência à corrosão em atmosferas marinhas.	
Antimônio (1 A 9%)	Resistência mecânica	Revestimento de cabos elétricos; placas de baterias elétricas; grades de baterias para serviço pesado.

Fique por dentro

As principais jazidas de chumbo do Brasil encontram-se nos estados da Bahia, Paraná e Minas Gerais, que suprem a maior parte das necessidades internas desse metal.

Para parar e estudar

Só ler o texto, não é suficiente para aprender. Dê uma paradinha. Releia esta parte da aula e faça os exercícios a seguir. Eles o ajudarão a descobrir o que você ainda não sabe com segurança. Portanto, se você errar alguma coisa, volte ao texto. Lá estará a resposta para a sua dúvida.

Exercícios

4. Responda:

- a) Quais são as propriedades que permitem grande variedade de aplicações do chumbo?
- b) Cite duas propriedades mecânicas do chumbo.

5. Complete as lacunas:

- a) O chumbo pode ser endurecido em liga com
ou
- b) A maior utilização do chumbo é na fabricação de.....
.....

6. Relacione o elemento de liga de chumbo a sua aplicação.
- | | |
|-------------------|--|
| a) () Cobre | 1. Proteção catódica de estruturas marinhas. |
| b) () Prata. | 2. Placas de baterias elétricas. |
| c) () Antimônio. | 3. Equipamentos para processamento de ácido sulfúrico. |
| | 4. Revestimento de cabos elétricos. |

Titânio e suas ligas

O titânio é um metal não-ferroso que ganhou importância estratégica há somente 40 anos por sua alta resistência mecânica, alta resistência à corrosão e ter por volta de 55% da densidade do aço. O fato mais interessante a respeito do titânio é que, embora ele exista em grande quantidade na crosta terrestre, o custo de sua obtenção é muito alto.

Em contato com o ar, forma-se em sua superfície um óxido impermeável e protetor muito importante se ele estiver em um meio corrosivo. Disso decorre sua propriedade mais importante: a resistência à corrosão da água do mar e outras soluções de cloretos, aos hipocloritos e ao cloro úmido e a resistência ao ácido nítrico. Essa qualidade torna-o ideal para a fabricação de próteses humanas tais como componentes de válvulas cardíacas, placas e pinos para unir ossos, pois os fluidos que existem dentro do nosso corpo são soluções salinas, com PH ácido. Elas também contêm outros ácidos orgânicos aos quais o titânio é imune.

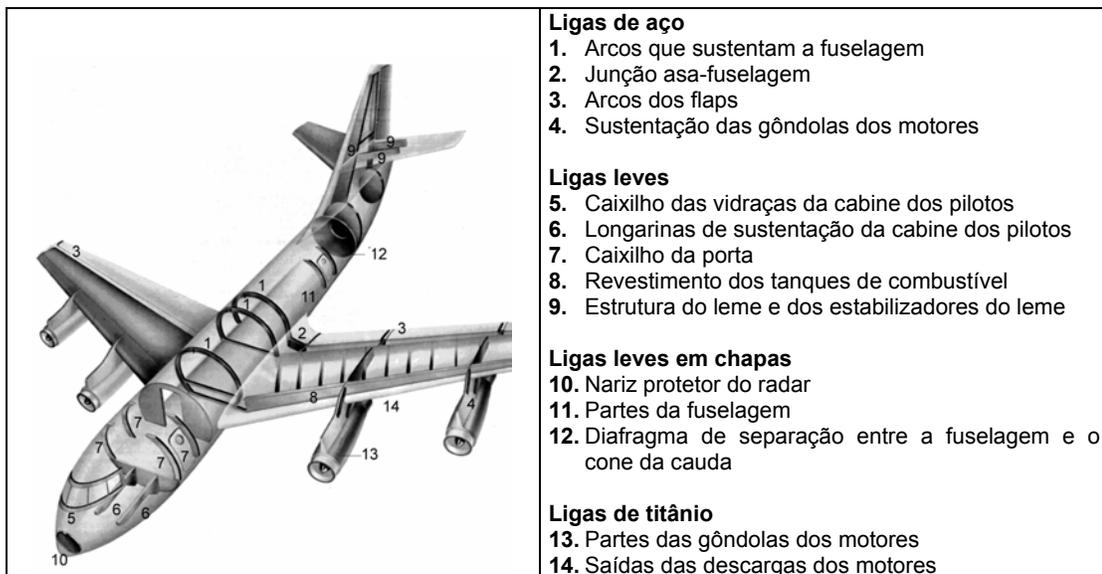
Os elementos que são adicionados às ligas resistente à corrosão são: paládio (Pd), molibdênio (Mo), alumínio (Al), níquel (Ni), manganês (Mn), vanádio (V) e estanho (Sn). Essas ligas são usadas na fabricação de próteses

Ligas de titânio com alumínio e estanho e alumínio e vanádio são usadas em aplicações muito especiais, pois apresentam resistência específica, ou seja, relação resistência mecânica/peso muito elevadas em temperaturas abaixo de zero (entre -196 e -269°C). Por isso, elas são empregadas em vasos de pressão que fazem parte dos sistemas de controle de propulsão e reação dos foguetes que transportaram as naves Apollo e Saturno e o dos módulos

lunares. São empregadas também em rotores de bombas usadas para bombear hidrogênio líquido. Veja no quadro a seguir, o resumo destas informações.

Elemento adicionado	Influências	Aplicações
Alumínio, molibidênio, vanádio	Resistência a temperaturas elevadas.	Estruturas aeroespaciais.
Molibidênio, zircônio e estanho	Resistência mecânica e à corrosão sob tensão; menor ductilidade.	Geradores de turbinas a vapor e a gás.
Alumínio, molibidênio e silício	Elevada resistência específica e a altas temperaturas; resistência à corrosão.	Peças estruturais de naves supersônicas.
Molibidênio e níquel. Paládio.	Resistência à corrosão em salmoura a altas temperaturas e em meios oxidantes redutores.	Tanques e tubulações em indústrias químicas.

A ilustração a seguir mostra como as ligas metálicas que estudamos até agora estão presentes na construção de um avião, por exemplo.



Ligas de aço

- 1. Arcos que sustentam a fuselagem
- 2. Junção asa-fuselagem
- 3. Arcos dos flaps
- 4. Sustentação das gôndolas dos motores

Ligas leves

- 5. Caixilho das vidraças da cabine dos pilotos
- 6. Longarinas de sustentação da cabine dos pilotos
- 7. Caixilho da porta
- 8. Revestimento dos tanques de combustível
- 9. Estrutura do leme e dos estabilizadores do leme

Ligas leves em chapas

- 10. Nariz protetor do radar
- 11. Partes da fuselagem
- 12. Diafragma de separação entre a fuselagem e o cone da cauda

Ligas de titânio

- 13. Partes das gôndolas dos motores
- 14. Saídas das descargas dos motores

Para parar e estudar

Antes de continuar, estude mais este trecho da lição e faça os exercícios a seguir.

Exercícios

7. Responda:

- a) Qual é a propriedade mais importante do titânio?
- b) Quais são as qualidades que tornam o titânio ideal para a fabricação de próteses a serem implantadas no corpo humano?
- c) Quais são os elementos adicionados às ligas de titânio que as tornam resistentes à corrosão?
- d) Quais as ligas de titânio que entraram na construção dos sistemas de controle de propulsão e reação dos foguetes que transportaram as naves Apollo e Saturno e por que foram usadas?

8. Relacione o elemento de liga a sua influência nas ligas de titânio:

- a) () Alumínio, molibdênio e vanádio. 1. Resistência à corrosão e salmoura a altas temperaturas;
- b) () Molibdênio, zircônio estanho. 2. Resistência a temperaturas elevadas;
- c) () Alumínio, molibdênio e silício. 3. Menor ductilidade;
- d) () Molibdênio e níquel. 4. Elevada resistência específica e a altas temperaturas.

9. Leia a reprodução de trechos de uma notícia publicada pelo jornal Folha de S. Paulo e faça comentários, baseando-se no que você estudou nesta parte da aula.

Dentista estuda uso de titânio em fratura

Estudar as causas da fratura de maxilar, avaliar a importância da tomografia computadorizada no seu diagnóstico e a eficácia das miniplacas de titânio na terapia foi o objetivo da dissertação de mestrado do médico e dentista Sérgio Luís de Miranda. As placas e parafusos, antes de aço, agora são substituídas pelas de titânio para conter os ossos quebrados. Segundo Miranda,

as miniplacas de titânio apresentam alta biocompatibilidade, isto é, menor possibilidade de rejeição pelo organismo. O pesquisador concluiu que as placas foram eficientes para conter as fraturas e não alteram o perfeito fechamento da boca depois de concluído o tratamento.

Metais não-ferrosos para proteção de superfícies

Sempre que falamos em metais, uma das propriedades que mais nos interessa é a resistência à corrosão. Isso acontece porque a corrosão destrói os metais. Basta lembrar, por exemplo, que quando a gente vai comprar um carro usado, uma das maiores preocupações é procurar os pontos de ferrugem. Dependendo de onde eles estão, não tem negócio.

A única maneira de evitar a corrosão é tratar a superfície dos metais que não são resistentes a ela. Você pode fazer isso de diversos modos: pintando, fosfatizando, esmaltando, anodizando, dando banhos de cobre, zinco e estanho. Todos esses processos serão estudados em um módulo especial sobre tratamento de superfície. Mas, nesta aula sobre metais não-ferrosos, podemos falar sobre dois metais que são usados basicamente para esse tipo de processo.

Os dois metais não-ferrosos que faltam para serem estudados e que são usados para a proteção de superfícies metálicas contra a corrosão são o zinco e o estanho.

Vamos começar pelo **zinco**. Esse metal, cujo símbolo químico é Zn, funde-se a 420°C e é produzido principalmente a partir do minério chamado blenda (ZnS). Ele é condutor de eletricidade, mas é um metal não-magnético. O ar seco não o ataca. O ar úmido, porém, causa a formação de uma película de óxido que protege o material. É mais barato que a maioria dos metais não-ferrosos.

O zinco é empregado como pigmento em tintas, como elemento de liga com o cobre, na produção do latão e, sobretudo, para proteger outros metais, principalmente o aço, por meio da galvanização.

Os elementos de liga que são adicionados ao zinco são o alumínio, o cobre e o magnésio. Essas ligas são usadas industrialmente para a fundição sob pressão e são conhecidas, comercialmente, como “zamac”. Podem ser revestidas por eletrodeposição (cobreação, niquelação e cromação), por pintura, ou por verniz.

Permitem também a fundição por gravidade em moldes permanentes e são de fácil usinagem. Elas possuem elevada resistência à corrosão por agentes atmosféricos, desde que a umidade não seja muito elevada; resistem também a hidrocarbonetos (gasolina e óleos) e ao álcool.

Veja, no quadro a seguir, como cada elemento de liga influencia nas propriedades do zinco e quais são as respectivas aplicações.

Elemento adicionado	Influências	Aplicações
Alumínio	Aumenta sensivelmente a resistência e a dureza da liga.	Carburadores, bombas de combustível, maçanetas, frisos, metais sanitários, engrenagens, dobradiças, peças fundidas de formato complicado.
Magnésio (até 0,06%)	Inibe a corrosão entre os grãos da liga.	
Cobre (até 1,25%)	Aumenta a resistência à corrosão, a resistência mecânica e a dureza da liga.	

O **estanho** é o outro metal usado principalmente como proteção contra a corrosão. Seu símbolo químico é Sn e é extraído da cassiterita (SnO₂). É resistente à corrosão, bom condutor de eletricidade, porém não-magnético. É utilizado principalmente na folha de flandres, que é uma chapa de aço coberta com estanho comercialmente puro.

Essa chapa combina a resistência do aço com a resistência à corrosão, a facilidade de soldagem e a boa aparência do estanho. Esse material é usado basicamente na fabricação de latas para a embalagem de alimentos.

As ligas estanho-zinco e estanho-níquel usadas na estanhagem de peças para motocicletas e automóveis, ferramentas, partes de instrumentos científicos de precisão, protegem as peças contra a corrosão.

O estanho puro e ligado com antimônio e cobre é matéria-prima

para a produção de material de solda. A liga estanho-antimônio-cobre também é usada na produção de mancais e ligas de fusíveis.

Para parar e estudar

Com estes dois metais, terminamos o estudo dos materiais ferrosos e não-ferrosos. O que escrevemos aqui é só um resumo desse assunto que é muito vasto e interessante. Para você, que quer ser profissional da área de Mecânica, ele é também um dos mais importantes. Se você quiser saber mais sobre ele, vá à biblioteca de seu bairro, de sua cidade, do SESI, de sua empresa, de escolas técnicas, de faculdades. Procure informar-se sempre. Escreva para empresas produtoras desses materiais e peça catálogos e manuais técnicos. Quanto mais você estudar, mais saberá. E quanto mais você souber, melhor profissional se tornará. Por enquanto, estude bem a última parte da aula e faça os exercícios a seguir.

Exercícios

10. Responda:

- a) Na utilização do estanho e do zinco existe uma diferença em relação aos outros metais já estudados. Qual é ela?
- b) Cite uma característica do zinco.
- c) Cite uma característica do chumbo.

11. Complete as lacunas:

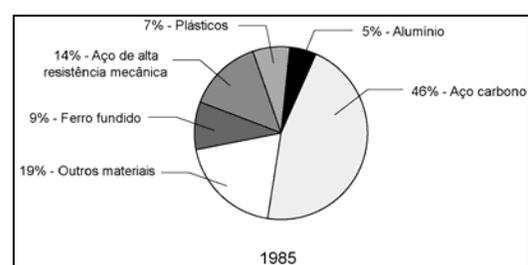
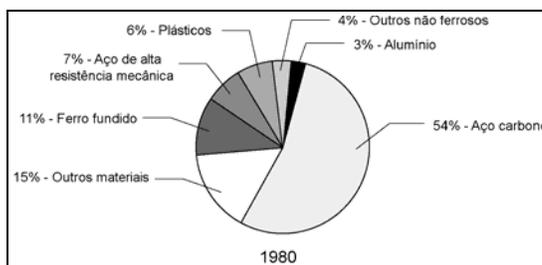
- a) O zinco é empregado como em tintas; como elemento de com o cobre na produção do e sobretudo para outros metais.
- b) Os elementos de liga que são adicionados ao zinco são o, o e o
- c) As ligas de estanho- e estanho- usadas na estanhagem de peças para e protegem as peças contra a

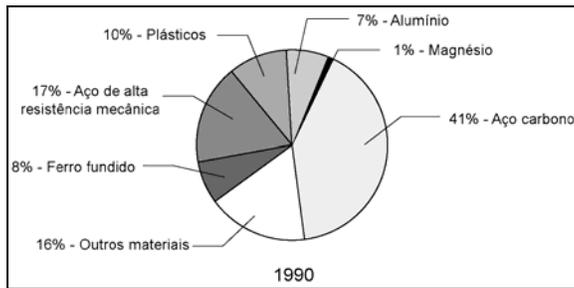
Avalie o que você aprendeu

12. Relacione o metal com suas principais características e aplicações.

- | | |
|------------------|---|
| a) () Níquel. | 1. É resistente à corrosão, condutor de eletricidade, porém não-magnético. Ligado com antimônio e cobre, é matéria-prima para a produção de material de solda. |
| b) () Magnésio. | 2. É caracterizado por sua leveza. A maior utilização desse metal é como elemento de liga. Suas ligas podem ser fundidas ou conformadas. |
| c) () Chumbo. | 3. É um metal pouco tenaz, porém dúctil e maleável e é mau condutor de calor. Sua maior utilização é na fabricação de baterias. |
| d) () Titânio. | 4. Suas ligas são 20 a 100 vezes mais caras que os aços inoxidáveis. Isto torna seu uso limitado a aplicações especiais que precisam de características como alta resistência à corrosão e ao calor. |
| e) () Zinco. | 5. É condutor de eletricidade, mas é um metal não magnético. As ligas desse metal formadas com alumínio, cobre e magnésio são usadas industrialmente para fundição sobre pressão. |
| f) () Estanho. | 6. Tem alta resistência mecânica e alta resistência à corrosão. Em contato com o ar, forma-se em sua superfície um óxido impermeável e protetor muito importante se ele estiver em um meio corrosivo. |

13. Os gráficos a seguir mostram a evolução da utilização de diferentes materiais na indústria automobilística nas décadas de 80 e 90. Observe os materiais que tiveram seu uso diminuído e os que tiveram uma maior utilização. Usando todas as informações que demos até aqui, comente essa evolução. Justifique seu comentário e arrisque um palpite sobre qual será a tendência para o século XXI.





Gabarito

1. a) magnésio - desempenho - combustível.
 b) titânio - corrosão.
 c) aço - aço-liga - ferro fundido.
 d) resistência à corrosão, à baixa densidade e a facilidade de ser fundido.
 e) limitado - especiais.

2. a) 1 e 5
 b) 5
 c) 3
 d) 2 e 4

3. a) Baixa densidade, alta resistência e dureza em baixa e altas temperaturas e elevada resistência à corrosão à temperatura ambiente.
 b) Indústria automobilística e aeronáutica.
 c) Laminação, forjamento ou extrusão.
 d) Por sua boa resistência mecânica por conformação a frio; boa resistência mecânica por encruamento, alta resistência a impactos, alta ductibilidade e alta resistência à tração.

4. a) Alta densidade, flexibilidade, alto coeficiente de expansão térmica, boa resistência à corrosão, condutibilidade elétrica, facilidade em se fundir e formar ligas com outros elementos.
 b) Ductilidade e baixa dureza.

5. a) enxofre (S) ou antimônio (Sb).
 b) baterias.

- 13.** - Com a evolução dos processos e da tecnologia, gradativamente o aço-carbono foi abrindo espaço para outros materiais, como os não-ferrosos, por exemplo.
- O que se nota é que o aço de alta resistência mecânica e os plásticos vêm ocupando espaço a cada ano e, por razões econômicas e de qualidade, substituem com vantagens outros materiais.
 - O magnésio, mais recentemente, vem entrando no mercado da manufatura, embora ainda meio timidamente.
 - Em resumo, as ligas marcam presença e, para o futuro, é evidente a predominância desses materiais na produção de peças para a indústria automotiva e na metalurgia em geral.