

Tecnologia dos Materiais

1. Composição química

Segundo este processo de classificação, os aços podem ser divididos em duas classes:

- ✓ Aços não Ligados – São aqueles que apenas contêm carbono como elemento de liga do ferro. Podem ainda aparecer outros elementos como o Si, Mn, Al, Ti e Cu, porém a sua porcentagem é apenas residual devido a contaminações provenientes do processo de fabrica.

- ✓ Aços Ligados

Fortemente ligados – São aqueles cujo teor total dos elementos de liga é superior a 5%

Fracamente ligados – São aqueles cujo teor total dos elementos de liga é inferior a 5%

Na tabela 1 encontram-se reunidos alguns elementos de liga e a sua influência nas propriedades dos aços.

Tabela 1 – Efeito dos elementos de liga nos aços.

Carbono (C)	Define e estabelece as propriedades do aço, quanto à dureza e resistência mecânica.
Manganês (Mn)	Melhora a resistência mecânica.
Níquel (Ni)	Melhora as propriedades mecânicas bem com a resistência a corrosão.
Cobre (Cu)	Melhora a resistência a corrosão.
Crômio (Cr)	Melhora a resistência mecânica, quando se apresenta em valores baixos; em elevada concentração melhora a resistência ao desgaste por formar carbonetos. Adiciona-se juntamente com o Ni e o Cu.
Molibdênio (Mo)	Apresenta o mesmo efeito do Ni, Cu e Mn, com a vantagem de melhorar as propriedades mecânicas, mesma a temperaturas mais elevadas.
Chumbo (Pb)	Melhora a maquinação e o acabamento.
Boro (B)	Melhora a temperabilidade do aço.
Zircônio (Zr)	É desoxidante e aumenta a tenacidade.

Selênio (Se)	Facilita a maquinação.
Silício (Si)	É um desoxidante, melhora a resistência à corrosão e resistência mecânica.
Fosforo (P)	Endurece, aumenta a resistência e melhora a maquinabilidade.
Enxofre (S)	Fragiliza o material em teores acima de 0,12%
Vanádio (V)	Endurecedor, aumenta a temperatura de crescimento da austenite.
Tungstênio (W)	Melhora a resistência ao desgaste e pode aumentar a dureza até 6%.

Todos os elementos de liga se comportam de forma diferente podendo formar:

- ✓ Carbonetos simples ou mistos, incorporados na cementite (e.g. Cr, W, Mo e V).
- ✓ Inclusões não-metálicas devido a formação de óxidos (CaO, SiO₂), sulfuretos (MnS), silicatos ((Fe, Mg)₂ SiO₄), etc.
- ✓ Compostos e partículas intermetálicos (e.g. Ni, Al).
- ✓ Solução sólida na ferrite (e.g. Cr, Mo) e estabilização de austenite (aços inoxidáveis austeníticos (e.g. Ni, Mn)).

É de referir que existem elementos de liga que não formam carbonetos, ou se os formam são muito instáveis o que torna a sua decomposição fácil. Estes designam-se por não carburígenos, sendo eles o Cu, Ni e Co. Outros elementos carburígenos. Esses elementos são Cr, W, Mo, V, Ti e o Zr.

A adição de elementos de liga também influencia a microestrutura final do material.

Assim os elementos podem ser classificados como: gamagéneos e alfavéneos. Os gamagéneos são os elementos estabilizadores da austenite, fazem parte deste lote o Ni e o Mn, podendo estes acima de certos valores estender o domínio de estabilidade da austenite até a temperatura ambiente. Os alfavéneos são os elementos estabilizadores da ferrite e são o Cr, Mo, V e Ti. No entanto existem outros elementos como o C e o N que expandem o domínio austenítico, mas não o conseguem estabilizar até à temperatura ambiente.

2. Aplicação

Este critério é utilizado quando se pretende definir um aço para cumprir uma determinada função. Através deste critério é possível dividir os aços em três grandes grupos:

- I. Os *aços de construção*, ligados ou não ligados, são utilizados na construção de peças que irão ser utilizadas no estado de fornecimento (normalmente no estado recozido).

No entanto, podem sofrer tratamento durante o processo de fabrico de uma dada peça.

- II. Os *aços para ferramentas*, fortemente ou fracamente ligados, destinam-se ao fabrico de ferramentas de qualquer tipo. Regra geral, são fornecidos no estado recozido, sofrem operações de maquinagem e retificação seguidas de tratamento térmico de modo a melhorar as suas propriedades mecânicas para os níveis pretendidos.

- III. Os *aços especiais* possuem um teor elevado em elementos de liga. Neste grupo estão incluídos os aços refratários, inoxidáveis, resistentes aos ácidos, entre outros.

Os tipos de aços mais importantes para este estudo e, conseqüentemente a que deve merecer mais atenção, são os *aços para ferramentas*. Neste grupo podem encontrar-se:

1. Aços rápidos – Atribui-se esta designação aos aços temperáveis, cuja composição química permite apresentar uma elevada resistência ao revenido até cerca de 600 °C, sendo utilizados no fabrico de ferramentas para maquinação com elevados rendimentos, mesmo a grandes velocidades de corte. Este tipo de aço caracteriza-se pela sua dureza elevada e uma máxima resistência ao desgaste. Os elementos de liga que estão presentes neste tipo de aço, normalmente são: C, W, Mo, Co, V e Cr, portanto serão aços de matriz martensítica ricos em carbonetos.

2. Aços para trabalho a quente – Estes aços devem apresentar propriedades que permitam suportar as exigências de um trabalho a temperaturas elevadas. As características principais que estes aços devem possuir são: reduzida sensibilidade a choques térmicos (resistência a variações bruscas de temperatura); boa condutividade térmica (pois facilita o escoamento de calor e evita o aquecimento exagerado da ferramenta); boa resistência a quente (capacidade de operar a velocidades e avanços mais elevados do que os restantes aços) e grande resistência ao desgaste quente. Os elementos de liga que fornecem estas características aos aços são o Cr, Mo, W e V.

3. Aços resistentes ao choque – Estes aços são utilizados quando se pretende uma grande resistência à fadiga e como esta depende da tenacidade, o teor de carbono é inferior ao de outros aços, uma vez que esta diminuição da dureza e um aumento da tenacidade. Os elementos mais influentes que fazem parte da sua constituição são o S, W, Cr e V.

4. Aços para trabalho a frio – Estes aços caracterizam-se por uma elevada temperabilidade e tenacidade que permitem que as ferramentas possam ser sujeitas a esforços elevados de choque e compressão a frio. A temperabilidade deve-se ao elevado teor em Ni e Cr.

Para a produção específica de cada ferramenta, a escolha do aço representa um fator extremamente importante. Uma vez que cada tipologia de aço exhibe propriedades próprias, são fatores de decisão para a sua escolha os seguintes:

- ✓ Tensão de cedência
- ✓ Dureza
- ✓ Resistência à tração
- ✓ Resistência ao choque
- ✓ Tenacidade
- ✓ Resistência ao desgaste

5. Aptidão à soldabilidade – O aumento de carbono pode prejudicar a soldabilidade de um aço, provocando fissuras uma vez que origina microestruturas martensíticas, que são frágeis e têm tendência a fissurarem. Por esse motivo, é preferível uma estrutura ferrítica para garantir uma boa soldabilidade. A verificação do carbono equivalente (CEV) pode ser dado pela equação.

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

Os símbolos químicos C, Mn, Cr, Mo, V, Ni e Cu representam o teor ponderal dos respectivos elementos.

Quanto menor for a percentagem do CEV, melhores são as características do aço em termos de soldadura. Para uma percentagem do CEV menor do que 0,14%, a soldabilidade de um aço é muito boa. Se a percentagem do CEV estiver compreendida entre 0,14 e 0,45, o aço requer uma soldadura cuidadosa. Se a percentagem do CEV for superior a 0,45, o aço é impróprio para a soldadura.

6. Aptidão para a galvanização – Normalmente, a aptidão à galvanização é controlada pela percentagem de Si (silício) ou pela relação Si + 2,5P (fósforo), segundo a norma EN 10025-2 (2007) (Apêndice 5). Para conseguirmos uma boa aptidão à galvanização, o Si deve ser menor ou igual a 0,03% ou a relação Si + 2,5P menor ou igual a 0,09%. Para valores superiores consideram-se aços muito difíceis de galvanizar, uma vez que esses constituintes (considerados impurezas) dificultam a aderência do zinco à chapa.
7. Efeito dos elementos de liga nos aços – O ferro puro praticamente não tem aplicação na indústria. Por isso, quase todo o ferro obtido é utilizado em ligas com carbono e outros elementos com características especiais bem definidas.

Os principais elementos de liga dos aços e sua influencia são resumidos a seguir.

- ✓ **Carbono (C)**. O seu ponto de fusão é de 3.727 °C. É provavelmente o elemento mais importante. A sua característica fundamental é proporcionar ao aço elevada dureza, limite elástico e resistência ao desgaste. No entanto, diminui a soldabilidade, a maquinabilidade e a forjabilidade.
- ✓ **Silício (Si)**. O seu ponto de fusão é de 1410 °C. É usado essencialmente como desoxidante, pelo que é usado na afinação do grão. Aumenta o limite elástico, a resistência à tração, a resistência ao desgaste e a resistência à corrosão.
- ✓ **Manganês (Mn)**. O seu ponto de fusão é de 1245 °C. Tem também uma ação desoxidante. Aumenta o limite elástico, a resistência à tração e a penetração de têmpera.
- ✓ **Crómio (Cr)**. O seu ponto de fusão é de 1875 °C. Uma parte do teor em crómio é dissolvida na matriz, a outra parte combina-se com o carbono, formando carbonetos. O crómio aumenta a resistência à tração, a resistência à corrosão, a dureza, a tenacidade, a resistência ao desgaste e favorece a penetração de têmpera.
- ✓ **Níquel (Ni)**. O seu ponto de fusão é de 1453 °C. É um elemento que se encontra dissolvido na ferrite. O níquel aumenta a resistência à corrosão, aumenta a tenacidade e a resistência à tração. Aumenta de forma significativa o limite elástico e a resistência à fadiga.
- ✓ **Molibdénio (Mo)**. O seu ponto de fusão é de 2610 °C. Devido aos carbonetos que forma contribui para o afinamento do grão. Aumenta a resistência a tração, o limite elástico e a resistência a corrosão.
- ✓ **Vanádio (V)**. O seu ponto de fusão é de 1900 °C. tem tendência a formar carbonetos que favorecem o

aparecimento de uma estrutura de grão fino. Aumenta o limite elástico, a resistência a tração e a resistência ao desgaste.

- ✓ **Fosforo (P)**. O seu ponto forte de fusão é de 44 °C. É considerado uma impureza. Torna os aços mais frágeis e quebradiços. O enxofre aumenta a tendência à fissuração durante a soldadura.
- ✓ **Enxofre (S)**. O seu ponto de fusão é de 119 °C. Assim como o fósforo, é uma das impurezas mais prejudiciais ao aço. Torna os aços frágeis e quebradiços. O enxofre aumenta a tendência à fissuração durante a soldadura.
- ✓ **Alumínio (Al)**. O seu ponto de fusão é de 660 °C. Contribui para o afinamento do grão. É o desoxidante usado com maior frequência. Fixa o azoto e evita a sensibilidade ao envelhecimento.
- ✓ **Cobre (Cu)**. O seu ponto de fusão é de 1083 °C. É um elemento prejudicial aos aços, pois penetra nas juntas de grão. Tornando-o mais frágil aquando da deformação a quente. Protege o aço contra a corrosão aumenta o limite elástico e reduz a ductilidade.

Resumindo, os principais elementos para o aumento na resistência a tração são C, Mn, Cr, Ni. Para o aumento na resistência a corrosão os elementos Cr, Ni, Mo, Cu, Si, são muito eficazes.

As percentagens de P e S devem ser reduzidas. Quanto menor a sua percentagem mais limpo é o aço.