

# AÇOS INOXIDÁVEIS E A ESTABILIZAÇÃO DA AUSTENITA

**Metalurgista Industrial**

abril 2020

[www.metalurgistaindustrial.com.br](http://www.metalurgistaindustrial.com.br)

Os aços inoxidáveis (*stainless steels*) devem particularmente sua resistência à corrosão à presença do cromo em um teor superior a 10,5% em peso. A interação desse elemento com o meio ambiente reagindo com o oxigênio forma um filme invisível de óxido de por volta de 5 nanômetros na superfície do aço.

Essa camada passivadora autorregenera-se caso danificada mecânica ou quimicamente desde que o oxigênio, mesmo em pequenas quantidades, esteja presente. A resistência à corrosão e outras propriedades dos aços inoxidáveis são aprimoradas pelo aumento do teor de cromo e a adição de outros elementos como o níquel, nitrogênio e molibdênio. O propósito da adição de molibdênio é o de conferir uma maior resistência à corrosão por ataques químicos por cloretos e ácidos redutores. Adicionalmente, o molibdênio, devido às suas dimensões atômicas, aumenta a resistência a elevadas temperaturas desses tipos de aço por meio de solução sólida.

O nitrogênio, a exemplo do carbono, é um elemento formador da austenita e expande seu campo até que seja obstaculizado pela formação de compostos como a cementita no caso do carbono. O nitrogênio também concorre para o aumento da resistência dos aços austeníticos por solução sólida intersticial como abordado na Resenha Técnica O Nitrogênio nos Aços.

O níquel, assim como o manganês, se adicionados em altas concentrações, exerce a função de estender o campo austenítico eliminando a fase CCC, a ferrita, que é substituída pela austenita FCC. Alguns produtores, por razões econômicas, promovem a substituição do níquel pelo nitrogênio como agente estabilizador da austenita. Os elementos estabilizadores da austenita possuem a mesma estrutura cristalina da austenita e são mais solúveis nesta fase. Esses elementos ampliam a faixa de temperatura onde a austenita existe. Além dos citados, são estabilizadores da austenita o cobalto e o cobre. Contrariamente, há elementos como cromo, tungstênio, molibdênio, vanádio e silício que apresentam a mesma estrutura cristalina CCC da ferrita e são estabilizadores desta fase. Esses elementos usualmente formam carbeto, promovendo o decréscimo do teor de carbono na austenita e provocando a contração do campo desta fase. O diagrama binário de equilíbrio das ligas Fe-C é abordado em Resenha Técnica anterior.

## **Tipos de aços inoxidáveis**

Os aços inoxidáveis são usualmente classificados pelas suas estruturas cristalinas:

(a) Os aços inoxidáveis austeníticos compreendem por volta de 70% da produção desses tipos de aços. Esses contêm um máximo de 0,15% de carbono em peso, um mínimo de 16% de cromo em peso e suficiente níquel e/ou manganês para reter uma microestrutura austenítica em todas as faixas de temperatura. O tipo mais comum de aço austenítico é o denominado 18/8 contendo ao redor de 18%Cr e 8% Ni em peso. Esse é o menor teor de níquel concomitante com uma estrutura totalmente austenítica à temperatura ambiente. O aço inoxidável 18/8 é de ampla aplicação devido a sua excelente resistência a ambientes corrosivos.

Devido à microestrutura, os aços austeníticos são usualmente não magnéticos e não podem ser endurecidos por tratamento térmico. Aços austeníticos seguem a estrutura cristalina CFC e destacam-se por suas características de conformabilidade e soldabilidade.

(b) Os aços inoxidáveis ferríticos são muito resistentes à corrosão, mas menos duráveis do que os austeníticos e não podem ter aumento de dureza por tratamento térmico. Esses aços contêm entre 10,5 e 27% de cromo em peso e muito pouco ou nenhum níquel.

(c) Os aços inoxidáveis martensíticos não são tão resistentes à corrosão como os das classes anteriores, porém são extremamente resistentes e tenazes, e podem ser endurecidos por tratamento térmico de têmpera. Esses aços contêm 12 a 14% de cromo, 0,2 a 1% de molibdênio e ao redor de 0,1 a 1% de carbono em peso e são magnéticos.

(d) Os aços inoxidáveis martensíticos, que sofrem aumento de dureza por precipitação (*precipitation hardening stainless steels*) por meio de tratamentos térmicos seletivos, são classificados como martensíticos ou semiausteníticos e detêm resistência à corrosão comparável aos austeníticos. Esses aços são reportados alcançar limites de resistência de 850MPa a 1.700MPa e de escoamento de 520MPa a acima de 1.500MPa, três a quatro vezes superior aos dos austeníticos como os populares SAE 304 e o SAE 316, este último contendo 2 a 3% de molibdênio em peso.

(e) Os aços inoxidáveis dúplex contêm uma microestrutura mista de austenita e ferrita e exibem características de ambas as fases com mais elevada resistência e ductilidade. Também exibem melhor resistência à corrosão localizada, especialmente a corrosão por pites, à corrosão por frestas (*crevice corrosion*) e ao trincamento por tensão sob corrosão (*stress corrosion cracking*).

### **Corrosão por pites (*pitting corrosion*) e por frestas**

As figuras a seguir ilustram respectivamente os fenômenos de corrosão por pites e por frestas em aços inoxidáveis, ambas de natureza localizada. A corrosão por pites deve-se à ocorrência de danos na camada passivadora em uma superfície exposta, provocando a corrosão em pontos localizados.

A corrosão por frestas ocorre em locais onde o oxigênio não circula livremente, frequentemente associada a líquidos estagnados no interior de furos, superfícies de gaxetas, juntas sobrepostas e cabeças de parafusos, ou seja, aberturas estreitas e/ou áreas confinadas.



## Corrosão intergranular (sensitização)

A sensitização em ligas resistentes à corrosão ocorre pelo empobrecimento nos contornos de grãos de elementos inibidores da corrosão como o cromo nos aços inoxidáveis austeníticos. O cromo é um entre os elementos que produzem carbeto estáveis ao invés de compostos com o ferro desde que encontre carbono ao redor.

Nos aços inoxidáveis, a corrosão intergranular usualmente resulta da precipitação de carbeto de cromo nos contornos de grãos e suas adjacências, que produzem finas zonas de empobrecimento em cromo (*chromium depleted zone*) em patamares inferiores ao mínimo necessário para sustentar a resistência à corrosão. Essas zonas empobrecidas tornam-se, então, mais suscetíveis à corrosão. Como em processos associados a mobilidade e interações interatômicas, o fenômeno de sensitização nos aços inoxidáveis austeníticos é termicamente ativado, ocorrendo em temperaturas entre 450 e 850°C. A figura a seguir ilustra o fenômeno de corrosão intergranular. A figura abaixo exhibe uma superfície corroída.

