

Vantagens e Desvantagens dos Aços Inoxidáveis Duplex

Redação: Eng. Renato Cosac Schmalz*

Coordenação: ABINOX

* Engenheiro industrial metalúrgico, com mais de 40 anos de experiência em produção e assistência técnica dos aços inoxidáveis. Consultor da Abinox.

Os Aços Inoxidáveis Duplex (Stainless Steel Duplex - SSD) estão se tornando mais comuns e utilizados em várias aplicações. Eles estão sendo oferecidos por todas as principais usinas de aço inoxidável por uma série de razões, em especial:

- Redução de espessura em função da maior resistência mecânica, quando comparados com os aços inox da classe austenítica, resultando em redução do peso do equipamento;
- Maior resistência à corrosão, particularmente no critério de corrosão sob tensão;
- Melhor estabilidade de preços, função do baixíssimo teor de níquel na sua composição química.

Princípio dos Aços Inoxidáveis Duplex

Estudos sobre os aços inoxidáveis duplex remontam à década de 1920, com o primeiro tipo sendo produzido em Avesta, na Suécia, em 1930. No entanto, foi apenas nos últimos 30 anos que os aços duplex começaram a "decolar" de forma significativa. Isso se deve principalmente aos avanços nas técnicas de siderurgia, particularmente no que diz respeito ao controle do teor de nitrogênio no aço.

Os aços inox austeníticos como o tipo AISI 304 e os ferríticos como o AISI 430 são relativamente fáceis de serem produzidos. Como seus nomes indicam, eles consistem principalmente de uma fase: a austenita (foto 1 - estrutura austenítica) ou a ferrita (foto 2 – estrutura ferrítica).

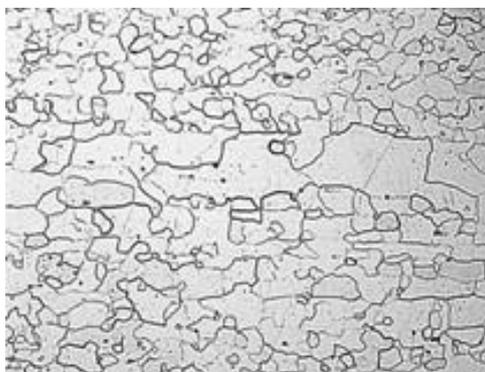


Foto 1 – Estrutura austenítica – aço inox tipo 304



Foto 2 – Estrutura ferrítica – aço inox tipo 430

Embora esses aços sejam bons para uma ampla gama de aplicações, existem limitações técnicas importantes em ambos os tipos:

- Austenítico – possui baixo limite de escoamento (200 Mpa a 0,2% PS* em estado recozido) e baixa resistência às trincas por corrosão sob tensão;
- Ferrítico – possui baixo limite de escoamento (um pouco maior que o austenítico: 250 MPa a 0,2% PS*), baixa soldabilidade em seções grossas e baixa resistência à temperaturas muito baixas (criogenia).

* PS (Point Stress) = ponto de deformação na região de escoamento

A ideia do duplex é produzir uma composição química que leve a uma mistura aproximadamente igual de ferrita e austenita (foto 3 - estrutura duplex).

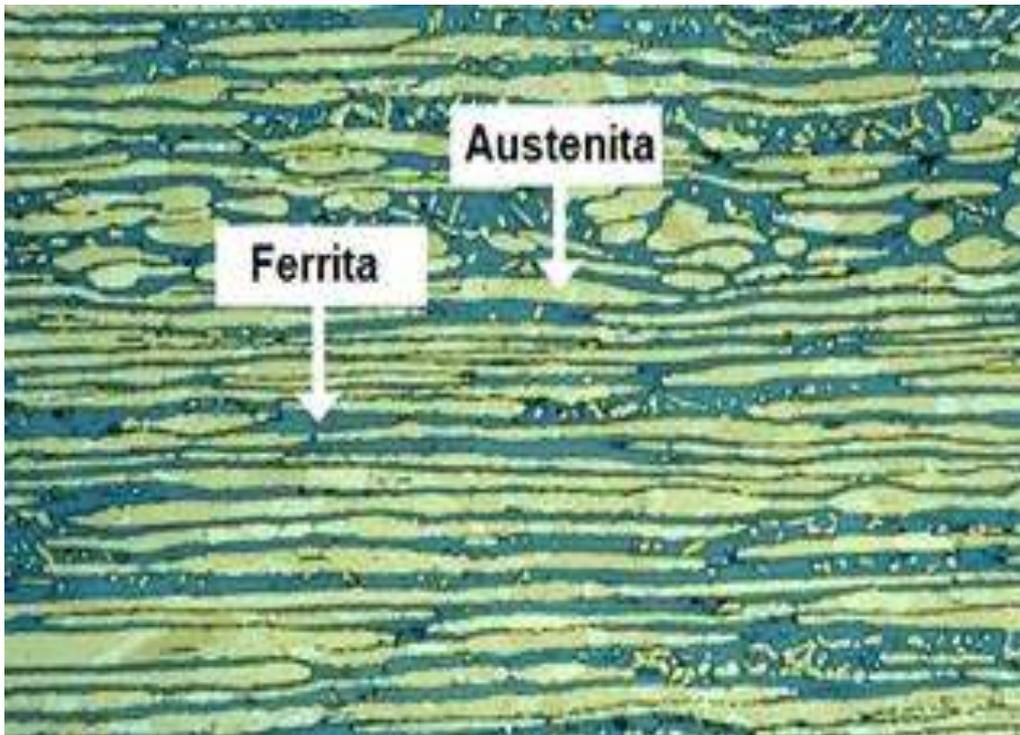


Foto 3 – estrutura AÇO INOX DUPLEX

Este equilíbrio de fases fornece as seguintes propriedades:

- ✓ **Maior limite de escoamento** – os tipos atuais de aços inox duplex apresentam limite de escoamento de 400 a 550 Mpa a 0,2% PS. Isso pode levar a redução de espessuras e, portanto, à redução do peso. Essa vantagem é particularmente significativa para aplicações como vasos de pressão, tanques de armazenamento e em aplicações estruturais, como por exemplo em pontes.
- ✓ **Boa soldabilidade em espessuras grossas** – Não tão simples quanto os austeníticos, mas muito melhor do que os ferríticos.
- ✓ **Boa tenacidade** – Muito melhor do que os ferríticos, particularmente em baixa temperatura, tipicamente até -50°C estendendo-se a -80 °C.
- ✓ **Resistência a trincas por corrosão sob tensão** – os aços austeníticos são particularmente propensos a este tipo de corrosão. As aplicações onde essa vantagem é importante incluem tanques de água quente e estruturas de piscinas.

Como o Equilíbrio Austenita / Ferrita é alcançado?

Para entender os aços duplex, vamos primeiro comparar a composição química de dois aços familiares: o austenítico AISI 304 e o ferrítico AISI 430.

Estrutura	AISI	Número DIN	C	Si	Mn	P	S	N	Cr	Ni	Mo
Ferrítica	430	1.4016	0.08	1.00	1.00	0.040	0.015	–	16.0/18.0	–	–
Austenítica	304	1.4301	0.07	1.00	2.00	0.045	0.015	0.11	17.5/19.5	8.0/10.5	–

Os elementos químicos importantes nos aços inoxidáveis podem ser classificados em alfacênicos e gamagênicos. Cada elemento favorece um tipo de estrutura:

- a) Alfacênicos (estrutura ferrita) – Cr (cromo), Si (silício), Mo (molibdênio), W (tungstênio), Ti (titânio), Nb (nióbio)
- b) Gamagênicos (estrutura austenita) - C (carbono), Ni (níquel), Mn (mangânês), N (nitrogênio), Cu (cobre)

O tipo AISI 430 tem predomínio de alfacênicos; assim tem uma estrutura ferrítica. O tipo AISI304 torna-se austenítico principalmente através do uso

de cerca de 8% de níquel. Para chegar a uma estrutura duplex com cerca de 50% de cada fase, é necessário haver um equilíbrio entre os alfa-gênicos e os gama-gênicos. Isso explica por que o teor de níquel dos aços duplex é geralmente menor do que o dos austeníticos.

Abaixo são apresentadas algumas composições típicas de aços inoxidáveis duplex.

Tipo	EN / UNS	Classe	Composição aproximada						
			Cr	Ni	Mo	N	Mn	W	Cu
2101 LDX	1.4162/ S32101	Padrão	21.5	1.5	0.3	0.22	5	–	–
DX2202	1.4062/ S32202	Padrão	23	2.5	0.3	0.2	1.5	–	–
RDN 903	1.4482/S32001	Padrão	20	1.8	0.2	0.11	4.2	–	–
2304	1.4362/S32304	Padrão	23	4.8	0.3	0.10	–	–	–
2205	1.4462/S31803/ S32205	Padrão	22	5.7	3.1	0.17	–	–	–
2507	1.4410/S32750	Super	25	7	4	0.27	–	–	–
Zeron 100	1.4501/S32760	Super	25	7	3.2	0.25	–	0.7	0.7
Ferrinox 255 / Urano 2507Cu	1.4507/S32520/ S32550	Super	25	6.5	3.5	0.25	–	–	1.5

Em alguns dos tipos recentemente desenvolvidos são utilizados nitrogênio e manganês juntos, para ter um teor de níquel a níveis muito baixos. Vale lembrar que os aços duplex ainda estão em pleno desenvolvimento, com as siderúrgicas promovendo suas próprias marcas.

Resistência à corrosão dos aços Duplex

A gama de aços duplex existentes permite que sejam comparados com os aços inox austeníticos e ferríticos, no que diz respeito a resistência à corrosão.

Como não há uma única medida de resistência à corrosão, é recomendado a utilização do Número Equivalente de Resistência ao Pitting (PREN) como forma de classificação e comparação dos valores.

O número PREN é obtido pela fórmula abaixo.

$$\text{PREN} = \% \text{Cr} + 3,3 \times \% \text{Mo} + 16 \times \% \text{N}$$

A tabela a seguir mostra como os aços duplex se comparam com alguns tipos de aços inox austeníticos e ferríticos. Quanto maior o PREN, maior é a sua resistência à corrosão.

TIPO	EN / UNS	Estrutura	PREN típico
430	1.4016/ S43000	Ferrítico	18
304	1.4301/ S30400	Austenítico	19
441	1.4509/ S43932	Ferrítico	19
RDN 903	1.4482/ S32001	Duplex	22
316	1.4401/ S31600	Austenítico	24
444	1.4521/ S44400	Ferrítico	24
316L 2.5 Mo	1.4435	Austenítico	26
2101 LDX	1.4162/ S32101	Duplex	26
2304	1.4362/ S32304	Duplex	26
DX2202	1.4062/ S32202	Duplex	27
904L	1.4539/ N08904	Austenítico	34
2205	1.4462/ S31803/ S32205	Duplex	35
Zeron 100	1.4501/ S32760	Duplex	41
Ferrinox 255/ Urano 2507Cu	1.4507/ S32520/ S32550	Duplex	41
2507	1.4410/ S32750	Duplex	43
6% Mo	1.4547/ S31254	Austenítico	44

Deve-se enfatizar que esta tabela é apenas um guia para a seleção do material. É sempre importante que seja feita uma avaliação especializada de um profissional com pleno conhecimento do ambiente corrosivo.

Trincas por Corrosão sob Tensão (CST)

CST é uma forma de corrosão (foto 4) que ocorre quando existe uma combinação particular de 3 fatores:

- Tensão de tração
- Ambiente corrosivo, geralmente em meios contendo cloretos.
- Temperatura suficientemente alta, normalmente acima de 50 °C. Entretanto, pode ocorrer também em temperaturas mais baixas, em torno de 25 °C, em ambientes específicos, notadamente em piscinas.

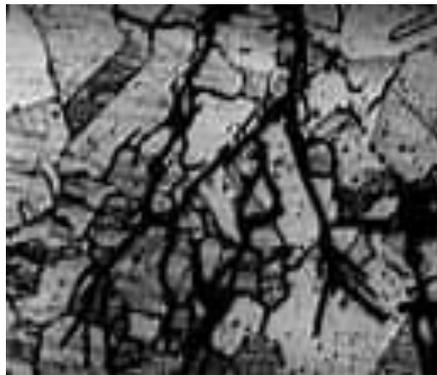


Foto 4 – trincas por corrosão sob tensão

Infelizmente os aços austeníticos padrão, como os tipos AISI 304 e AISI 316, são mais suscetíveis à corrosão sob tensão. Os aços menos propensos à CST são:

- Aços inoxidáveis ferríticos
- Aços inoxidáveis Duplex
- Aços inoxidáveis austeníticos de níquel alto

A elevada resistência à CST torna os aços duplex os materiais mais adequados para muitos processos que operam em temperaturas mais elevadas, como por exemplo caldeiras de água quente, tanques de caldeiraria, equipamentos para dessalinização de água.

Um caso particular são as estruturas de piscinas de aço inoxidável, que são conhecidas por serem propensas à corrosão sob tensão. Os melhores aços inox para este fim são os austeníticos com elevado teor de níquel, como por exemplo os com 26% de Ni e 6% de Mo (tipo UNS32053) e, em alguns casos, os aços duplex como 2205 e os tipos superduplex.

Barreiras ao uso de aços Duplex

A combinação atraente de alta resistência mecânica, ampla gama de resistência à corrosão e moderada soldabilidade sugere que os aços duplex poderão aumentar a sua participação no mercado dos aços inoxidáveis. No entanto, é importante entender as limitações desses aços e por que eles são sempre propensos a não serem especificados.

Na verdade, a vantagem da alta resistência mecânica se torna uma desvantagem ao se considerar a conformabilidade e a maquinabilidade dos duplex. Além disso, esses aços possuem ductilidade inferior aos austeníticos. Dessa forma, qualquer aplicação que exija um alto grau de conformabilidade (como por exemplo uma pia de inox) é descartada para os tipos duplex. Mesmo quando a ductilidade é adequada, são necessárias forças mais elevadas para deformar o material, como por exemplo na dobra de um tubo.

Há uma exceção à regra, o tipo 2101LDX, que é de melhor maquinabilidade.

Resumo das Características dos Aços Duplex

- Resistência mecânica superior à dos aços inoxidáveis austeníticos e ferríticos, possibilitando ganhos na redução de espessura;
- Maior resistência à corrosão que as demais famílias dos aços inoxidáveis, em especial no que se refere a corrosão sob tensão;
- Boa tenacidade até -80°C , mas não em aplicações criogênicas;
- Boa soldabilidade; entretanto, são necessários alguns cuidados em espessuras grossas;
- Mais difícil de deformar do que a classe dos austeníticos;
- Restrito a máxima temperatura de trabalho de 300°C .