

# MICROSTRUCTURAL CHARACTERIZATION DUPLEX STAINLESS STEEL UNS S32101: REAGENT RESEARCH

**Jéssica C. Krüger, Patricia C. Pedrali**

Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da UNIJUI  
Professora Mestre do Departamento de Ciências Exatas e Engenharia da UNIJUI  
[jc.kruger@ig.com.br](mailto:jc.kruger@ig.com.br), [patricia.pedrali@unijui.edu.br](mailto:patricia.pedrali@unijui.edu.br)

**Abstract.** *The duplex stainless steels have good mechanical properties and excellent resistance to corrosion. They are usually applied in several segments, such as in the chemical industries, petrochemical, nuclear such as oil and gas. In most of cases, the use of duplex stainless steels is due to the excellent combination of high corrosion resistance and high mechanical strength, higher than ferritic and austenitic stainless steels; combined with good toughness. The duplex stainless steels, received this name because have two distinct phases in your microstructure: ferritic and austenitic phases. They have approximately equal quantities, giving good mechanical properties but low hardness resulting of low wear resistance. This work studies the duplex stainless steel UNS S32101 from a commercial lot, provided in the form of plate in the annealed condition. Samples were cut on the dimensions of 10 x 10 x 15 mm sanded and polished. So specifies, this work presents the study to test the different reagents in a duplex stainless steel samples in metallography testing UNS S32101, in addition to studying the characteristics of microstructure. The evaluation of reagents was held with 5 different reagents (Turpentine, Behara, Nital 5%, Picral 4% and Vilella) in each sample, after each chemical attack was immediately held the metallography testing each sample to see the difference in microstructure of duplex stainless steel a UNS S32101 of a reactant to another, and in which reagent is best visible distinction austenitic and ferritic phases.*

*Was analysed pictures after the tests in order to compare each oder and the samples whit a reference sample. The best results was observed whit Behara reagent.*

**Palavras-chave:** Duplex Stainless Steel, Reagents, UNS S32101.

## 1. INTRODUÇÃO

O aço inoxidável duplex está em um elevado crescimento no mercado, pois este aço já foi desenvolvido para ter uma maior resistência a corrosão que os aços convencionais em áreas com estas necessidades, havendo que este aço vão resistir um maior tempo em área afetadas quimicamente, sendo elas portuárias, indústrias químicas, petroquímicas entre outras. E o aço inoxidável duplex é composto por aproximadamente 50% de ferrita e 50% de austenita. E tem muitas vantagens, entre ela ótima resistência a corrosão ao pites e por frestas, alta resistência a corrosão sob tensão e corrosão sob fadiga, alta resistência mecânica (maiores limites de escoamento e de ruptura), boa resistência a abrasão e a erosão devido a sua maior dureza, boa resistência a fadiga, alta absorção de energia, baixa expansão térmica, boa soldabilidade, boa usinabilidade, menores concentrações de níquel e molibdênio, compensadas com aumento de cromo e adição de nitrogênio, propriedades físicas que oferecem vantagens no projeto.

Após pesquisas foi realizado testes da microestrutura do Aço Inoxidável Duplex UNS S32101 com diferentes reagentes, para ver qual foi a reação da microestrutura do mesmo. Conferindo através da metalografia, a sua alteração na microestrutura. Para que assim saibamos qual será o reagente ideal para revelar as distintas fases da microestrutura e comparando os resultados de antes de depois dos testes, de qual foi as alterações realizadas.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA**

### **2.1 Aços Inoxidáveis Duplex**

A elasticidade do aço inoxidável duplex é superior a duas vezes a elasticidade em aços de única fase, como aços ferríticos ou austeníticos. E possui alta tenacidade e ductilidade se comparados com os aços ferríticos e martensíticos e tem uma alta resistência a corrosão sob tensão e corrosão intergranular, comparado com os aços inoxidáveis austeníticos, também tem limite de escoamento duas vezes maior que o aço inoxidável austenítico. E tem a vantagem de ter menor teor de níquel, assim, dando aos aços inoxidáveis duplex resistência a corrosão similar a dos aços austeníticos. Com esta combinação de alta resistência e baixo teor de níquel, torna o aço inoxidável duplex uma alternativa atraente em contraste com os aços austeníticos, especialmente com o custo do níquel for elevado.

Muitas vezes a extraordinária resistência a corrosão entre outras propriedades do aço inoxidável duplex pode ser maior que o necessário para algumas aplicações. Certa aplicação, como em corrosão sob tensão, o aço inoxidável duplex pode ser uma solução aceitável, mas na questão econômica pode não ser boa quanto os aços inoxidáveis austeníticos do tipo 304, 316 ou 317. O alto custo do aço inoxidável duplex deve ao número de elementos de liga como o níquel e o molibdênio, conforme LOUREIRO [1].

O aço inoxidável duplex UNS S32101 foi desenvolvido por meados dos anos 2000, como resposta do mercado pela variação do preço do níquel. O reduzido conteúdo de níquel foi compensado com o aumento no teor de manganês e nitrogênio como estabilizadores da fase austenítica na microestrutura duplex. Atualmente é alvo de estudos como substituto aos aços inoxidáveis duplex ao níquel, bem como aos austeníticos AISI 304 e AISI 316 na indústria petroquímica e de celulose, assim várias técnicas de tratamentos superficiais, a fim de modificar as propriedades do material, vêm sendo utilizada ao longo dos anos PEDRALI [2]. Combinadas, suas propriedades podem ser utilizadas para aperfeiçoar o projeto no que diz respeito à força, a manutenção, a durabilidade e a eficiência econômica a longo prazo. Neste trabalho busca-se investigar os diferentes reagentes químicos utilizados para análise metalográfica, de modo a confirmar a literatura pesquisada no que diz respeito ao tipo e percentual das estruturas presentes.

## **3. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS**

Para realização dos testes práticos foi necessário 1 amostra de Aço Inoxidável Duplex UNS S32101 para cada tipo de reagente, são feitos todos os ensaios de metalografia para verificar o efeito de cada reagente na microestrutura.

O material utilizado neste trabalho é o Aço Inoxidável Duplex UNS S32101, proveniente de um lote comercial, fornecido na forma de chapa no estado recozido.

As amostras foram cortadas nas dimensões 10x10x15mm por eletro-erosão a fio. Os cortes das chapas empregadas neste trabalho foram feitos com uma máquina de eletro-erosão a fio.

### **3.1 Metodologia:**

**Embutimento:** Para a realização dos ensaios, as amostras foram embutidas em resina epóxi.

**Lixamento e Polimento.** O processo de lixamento visa proporcionar o acabamento da amostra e este processo será realizado na Máquina Politriz; utilizando as lixas com granulometria de 180, 220, 320, 400, 600, 1200 e 1500 consecutivamente, utilizando água destilada como lubrificante. Na sequência foi realizado o processo de polimento, com alumina em suspensão (5  $\mu\text{m}$ ) e álcool.

**Ataque químico.** Com as amostras polidas, realizou-se o ataque químico, testando em cada amostra um reagente. Sendo: AGUARRÁS, BEHARA, NITAL 5%, PICRAL 4% e VILELLA “Tabela 1”.

**Tabela 1: Reagentes químicos para testes das amostras**

Reagente	Composição
Aguarrás	
Behara	3g de $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ , 10g $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ em 100ml de água destilada
Nital 5%	5ml de $\text{HNO}_3$ em 98ml de álcool etílico (95%)
Picral 4%	4g de ácido pícrico em 100ml de álcool etílico
Vilella	5ml de $\text{HCl}$ , 1g de ácido pícrico em 100ml de álcool etílico (95%)

Todo o ensaio de metalografia foi seguido conforme normas ABNT NBR 13284:1995 [3]; ABNT NBR 15454:2007 [4]; ASTM E7 [5]; ASTM E883 [6].

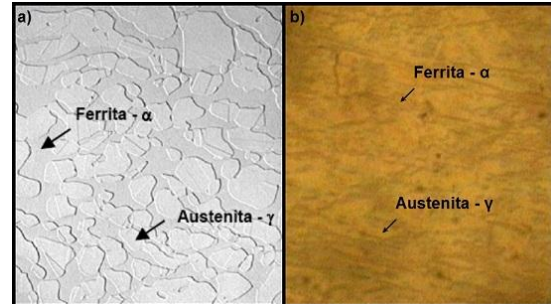
#### 4. RESULTADO E DISCUSSÕES

Analisando as imagens, pode-se constatar, em consequência da ação do reagente, resulta na diferença entre as cristalizações. O contraste decorre do fato de certas regiões escurecerem muito mais do que outras.

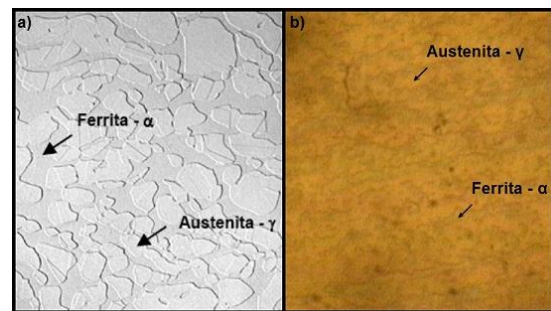
A microestrutura possui uma grande relação com as propriedades do material, com isto o exame metalográfico se faz necessário e é de suma importância para a análise e compreensão destas microestruturas. O comportamento da fase austenita e ferrita depende bastante das

técnicas metalográficas, estas são capazes de revelar os microconstituintes presente no material.

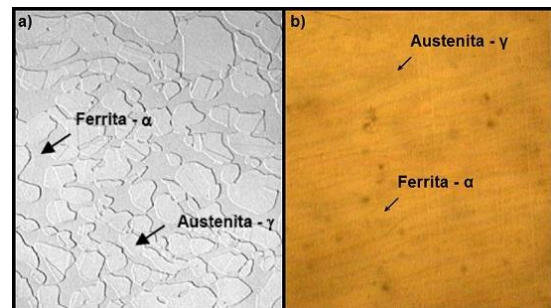
Observa-se nas Figuras 1-5 as imagens obtidas para os diferentes reagentes.



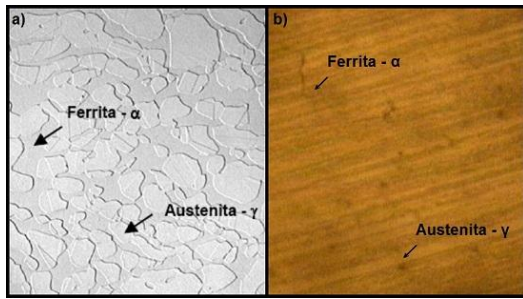
**Figura 1: Ataque Químico AGUARRÁS; a) imagem referência, aumento de 400X; b) imagem obtida, aumento de 500X**



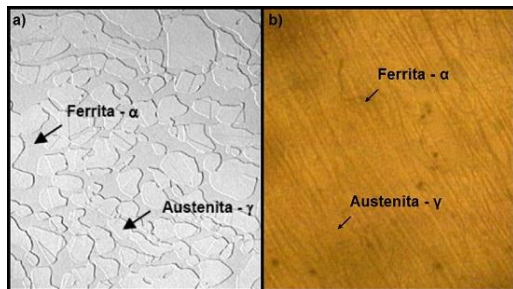
**Figura 2: Ataque Químico BEHARA; a) imagem referência, aumento de 400X; b) imagem obtida, aumento de 500X**



**Figura 3: Ataque Químico NITAL 5%; a) imagem referência, aumento de 400X; b) imagem obtida, aumento de 200X**



**Figura 4: Ataque Químico PICRAL 4%;**  
**a) imagem referência, aumento de 400X;**  
**b) imagem obtida, aumento de 500X**



**Figura 5: Ataque Químico VILELLA; a)**  
**imagem referência, aumento de 400X; b)**  
**imagem obtida, aumento de 200X**

Teve-se como imagem de referência de uma microestrutura típica de aço inoxidável duplex UNS S31803, NUNES [7] não menciona que o reagente utilizado no ensaio de metalografia, com aumento de 400X, obtida através do Microscópio da Marca Olympus de modelo GX41; o registro da imagem foi realizado com a ajuda do Software Pro-Plus 6.0.0.260 que é acoplado ao microscópio.

Como pode-se verificar na Figura 3 o ataque químico de Nital 5% não teve uma boa revelação, assim, não diferenciando as fases ferrita e austenita do material. A mesma conclusão pode ser obtida, ao se analisar a Figura 4 (Ataque Químico PICRAL 4%).

Entre as microestruturas que tiveram uma melhor revelação das fases foi o Aguarrás “Fig. 1”, Behara “Fig. 2” e Vilella “Fig. 5”, podendo ser visualizado nas imagem com clareza a diferença das fases austeníticas e ferríticas, onde, a parte

amarela escura é a ferrita e a amarela mais clara é a austenita.

## 5. CONCLUSÃO

Baseando-se nos diferentes reagentes químicos na caracterização dos aços inoxidáveis duplex conclui-se que os mesmos possibilitam uma retirada melhor de várias informações de sua microestrutura e uma visibilidade melhor das fases ferrita e austenita. A utilização destes distintos reagentes: Aguarrás, Behara, Nital 2%, Nital 5%, Picral 4% e Vilella; possibilita uma melhor revelação da microestrutura apresentada após vários testes com os reagentes. Mesmo após as análises da revelação das microestruturas não se pode afirmar qual o melhor reagente.

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] LOUREIRO, Jessica Pisano. Caracterização do aço inoxidável duplex UNS S31803 pela técnica não destrutiva de correntes parasitas pulsadas. Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2010.
- [2] PEDRALI, Patrícia Carolina. Nitretação à baixa temperatura assistida por plasma do aço inoxidável duplex UNS S32101: Influência da deformação plástica. Curitiba/Paraná: UFPR, 2012.
- [3] ABNT NBR 13284:1995
- [4] ABNT NBR 15454:2007
- [5] ASTM E7. Metallography, 1992
- [6] ASTM E883. Metallographic Photomicrography, 1986
- [7] NUNES, Everton Barbosa. Propriedades mecânicas e caracterização microestrutural na soldagem do aço inoxidável UNS S31803. Fortaleza/Ceará, 2009.