

CARACTERIZAÇÃO DE CHAPAS DE AÇO INOXIDÁVEL SUPER DUPLEX UNS S32750 E PARAMETRIZAÇÃO DOS ENSAIOS

Luã Fonseca Seixas¹; Francisco Magalhães dos Santos Junior², Leonardo Oliveira Passos da Silva³, Tiago Nunes Lima⁴

¹Bolsista; Iniciação científica – PDI Proj. Inovação; lua.seixas03@gmail.com

²Bolsista de PD&I; Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (Senai / PD&I); leooliveirap@gmail.com

³Bolsista de PD&I; Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (Senai / PD&I); magalhaesjun@gmail.com

⁴Professor e Pesquisador no SENAI CIMATEC; Salvador-BA; tiago.nunes@fiob.org.br

RESUMO

Neste trabalho, com o intuito de caracterizar o aço inoxidável super duplex UNS S32750 na forma como recebido (chapas de 3 e 10 mm) e parametrizar os futuros ensaios experimentais do projeto Sistema de Monitoramento da Soldagem (SMS), foram realizados ensaios microestruturais, mecânicos e de corrosão. O Estudo deste material revelou que a microestrutura, as resistências ao impacto e a corrosão estão de acordo com os critérios estabelecidos pela Petrobras para seu uso em soldas. Além disso, foram encontradas diferenças nas microestruturas de acordo com a diferença de espessura de chapa, assim como diferentes resultados utilizando diferentes métodos de contagem de fases, e também diferenças na resistência ao impacto referente a orientação analisada. Esses resultados ajudaram a parametrizar alguns dos ensaios que serão realizados no projeto.

PALAVRAS-CHAVE: Aço inoxidável super duplex UNS S32750; Soldagem; Caracterização.

1. INTRODUÇÃO

O Projeto Sistema de Monitoramento da Soldagem (SMS) tem como objetivo desenvolver um protótipo de software de processamento e integração de dados coletados pelo monitoramento de soldagem, para fins de tomada de decisão, com vistas a garantia da qualidade e a confiabilidade de equipamentos e estruturas soldadas. Para o protótipo desenvolvido no projeto, o pré-cadastro de diagnósticos e planos de ação será realizado para dois tipos de ligas especiais (UNS S32750 e ASTM A333 Gr8) visando dois processos de soldagem, GMAW (*Gas Shielded Metal Arc Welding*) e GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*). O cadastro de regras envolve desenvolvimento laboratorial com foco no estudo das variáveis de processo e seu impacto na qualidade da junta e processo em ambiente relevante.

O objetivo deste trabalho é obter maiores informações da liga UNS S32750 sem os efeitos térmicos provenientes dos processos de soldagem, fazendo-se necessária a caracterização dos materiais em seus estados iniciais, como recebido. Assim, são apresentados os ensaios utilizados para caracterização do aço inoxidável superduplex UNS S32750 no estado como recebido, em chapas de 3 e 10 mm. Outro objetivo deste trabalho é, utilizar os ensaios realizados como base para parametrizar alguns dos ensaios que serão realizados nos materiais com histórico térmico de processos de soldagem.

2. METODOLOGIA

Para o ensaio metalográfico, foram analisadas as três faces (topo, lateral e frontal) em 3 amostras das chapas de 3 mm e 10 mm cada. As amostras foram embutidas, lixadas com lixas de 180 até 1500 e polidas com aluminas 1µm e 0,3µm e água. Em seguida, as amostras foram desembutidas e submetidas a ataque eletrolítico a 3 V por 8 s com uma solução de 30% de Hidróxido de Potássio (reagente de Murakami adaptado, reage escurecendo a ferrita) e uma barra de titânio como ânodo. Para determinar a porcentagem de fases utilizou-se o Software AxioVison Multiphase Analysis, que obtém o percentual pela seleção manual e cálculo da área das cores da metalografia com aproximação de 500x para a chapa de 3mm e de 200x para a de 10mm. Em paralelo, também foram realizados a avaliação das fases utilizando um ferritoscópio e pelo método da norma ASTM E 562(contagem de pontos) visando comparar com os resultados da microscopia óptica. A análise por ferritoscópio foi realizada obtendo-se a média entre cinco pontos em cada face (frontal, lateral e topo) de ambas chapas, com o equipamento de marca FISCHER modelo FMP30. Para a medição do tamanho de grão utilizou-se como referência a norma ASTM E1181, que trata sobre métodos para caracterização de tamanho de grãos de aços duplex e indica a norma ASTM E112 para determinação do tamanho médio de grão. Portanto, foi utilizado o método de interceptação de pontos desta norma. O *software* utilizado para a análise foi o AxioVison Grain Size, com metalografias de aproximação de 200x. Optou-se por utilizar a grade padrão indicada na ASTM E112 para contagem de interceptação assim como a tabela de conversão da mesma norma.

O ensaio de dureza seguiu os procedimentos descritos pela norma ASTM A 370. Utilizou-se o durômetro Rockwell Serie LC modelo 200RB fabricada pela Future Tech com a ponta de esfera de diamante e carga de 150 kg/f e os resultados foram obtidos nas escalas de dureza Rockwell C e Brinell, esta última, convertida automaticamente pelo equipamento e normatizada pela ASTM E140. A execução do ensaio de impacto seguiu os procedimentos e padrões de dimensões da ASTM E23 do tipo A. Para o referido ensaio, foi considerada somente a espessura de 10 mm (nas direções transversal e longitudinal de laminação), já que a norma da Petrobras I-ET-3010.90-1200-955-PPC-002 requer ensaio de impacto a partir da espessura de 6 mm. As dimensões dos corpos de

prova para o ensaio de impacto seguem as recomendações da norma ASTM 370- 17A. A execução dos testes foi realizada no laboratório do IT Solda da FIRJAN, com uma temperatura controlada de -46 °C.

Os ensaios de corrosão foram realizados com base na norma ASTM G48 método A. Nesse ensaio foram utilizados corpos de prova de 5 x 25 e 10 x 25 mm para a chapa de 10 mm e 10 x 25 e 50 x 25 mm para a chapa de 3 mm. De acordo com o método A da ASTM G48, modificado conforme especificado na I-ET (Especificação Técnica da Petrobras), o teste consiste em manter as amostras por 24 horas imersas em solução concentrado de cloreto de ferro a 40 °C ± 2 °C. Os critérios de aceitação de resistência a corrosão da norma são: Sem pite na ampliação de 20 vezes e a perda de peso deve ser inferior a 4,0 g/m².

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura mostra imagens das microestruturas das duas chapas nas direções da face, lateral e de topo. Dessa forma, comparando as microestruturas das duas chapas é possível verificar que o aço com 3 mm de espessura possui uma morfologia de grãos mais achatados e orientados na direção de laminação e, portanto, uma microestrutura mais fina. **Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostra também uma comparação entre os teores de austenita/ferrita em todas as direções nas duas chapas pelos três métodos utilizados. Calculando a média nas três direções é possível identificar que ambas as chapas apresentam relação austenita/ferrita em torno de 44/56% no método de análise microestrutural, enquanto que usando ferritoscópio a média da chapa de 10 mm apresentou teor austenita/ferrita de 58,0%/42,0% e a chapa de 3 mm apresentou uma relação de 59,5%/40,5%. Portanto, há uma divergência entre os valores desses métodos, que também é diferente do valor do certificado da chapa de 3 mm que indica que o teor avaliado foi de 49,0/51,0%. Esta diferença de resultados para cada método de quantificação também foi notada por Breda (2015) que realizou um estudo para comparar os diferentes métodos de quantificação de fases em aços duplex, avaliando a quantificação de ferrita pelos métodos de Microscopia ótica (contagem manual e automática), microscopia eletrônica de varredura (MEV), ferritoscópio e diagramas de fase. A sua pesquisa revelou que o microscópio ótico é melhor para quantificar ferrita quando comparado ao MEV. Além disso, foi verificado que o Ferritoscópio é considerado uma técnica de precisão intermediária e que difere dos outros métodos devido a extensão do volume analisado (10 mm³). Estes métodos, embora sejam simples e rápidos, não podem sempre garantir uma quantificação exata de ferrita devido às incertezas intrínsecas de cada técnica. Segundo o estudo de Forgas (2016) o processamento do aço analisado pode influenciar o resultado do Ferritoscópio, uma vez que o tamanho, a forma e a orientação da ferrita resultante pode modificar de maneira significativa a resposta magnética desta fase.

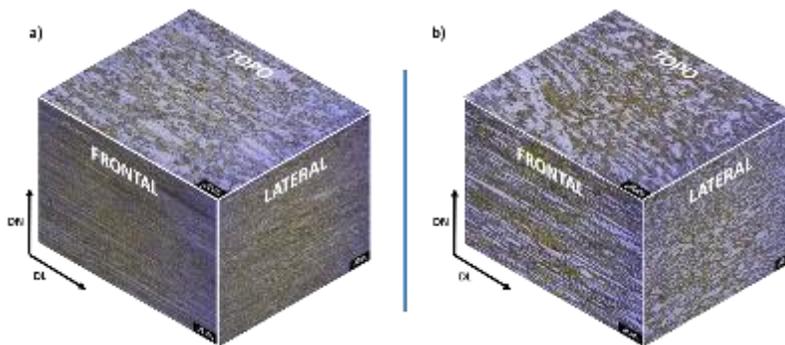


Figura 1. Imagens metalografias em três dimensões das chapas de (a) 3 mm e (b) 10 mm. Legenda: DL = Direção de Laminação; DN = Direção Normal a Laminação. A Direção frontal é a direção paralela à direção de laminação.

Ensaio mecânicos foram realizados para comparar os resultados com o certificado e para obter mais informações sobre a anisotropia das duas chapas. Dessa forma, foi observado que os resultados de resistência ao impacto foram equivalentes ao do certificado e que a resistência ao impacto na direção transversal a direção de laminação é muito menor do que na direção longitudinal a direção de laminação. Portanto, as amostras de impacto submetidas a ciclos térmicos de soldagem do projeto SMS serão todas obtidas na direção transversal de laminação, uma vez que é o cenário mais crítico. Além disso, foi observado que o valor de dureza Brinell obtidos são menores do relatado no certificado (aproximadamente 25 HB a menos)

Tabela 1. Resultados das propriedades mecânicas e morfológicas das chapas de 3 mm e 10 mm obtidas por meio do certificado e ensaios nos laboratórios do Senai Cimatec e IT Solda Firjan.

Material	Dureza Rockwell C	Dureza Brinell	Resistência ao Impacto Charpy	Tamanho de Grão (ASTM E112)	Teor de Austenita/Ferrita da análise microestrutural	Teor de Austenita/Ferrita por ferritoscópio	Teor de Austenita/Ferrita pela ASTM E 562
----------	-------------------	----------------	-------------------------------	-----------------------------	--	---	---

3L	Experimentos	20,9 ± 1,4	231,4 ± 7,5	-	22,40 μm ²	44,8% / 55,2%	59,0% / 41,0%	53,32% / 46,68%
	Certificado	-	260	-	-	-	-	-
3T	Experimentos	21,6 ± 2,9	239,89 ± 13,1	-	43,61 μm ²	41,2% / 58,8%	62,3% / 37,7%	45,15% / 54,85%
3F	Experimentos	20,9 ± 0,5	230,9 ± 2,8	-	22,13 μm ²	46,2% / 53,8%	57,3% / 42,7%	54,43% / 45,66%
10L	Experimentos	22,5 ± 1,5	239,9 ± 7,7	166,0 ± 14,7 J	63,93 μm ²	45,8% / 54,2%	54,1% / 45,9%	52,55% / 47,45%
	Certificado	-	-	140 J	-	-	-	-
10T	Experimentos	21,1 ± 1,0	232,1 ± 5,0	-	126,76 μm ²	45,8% / 54,2%	62,6% / 37,4%	56,43% / 43,57%
10F	Experimentos	22,4 ± 1,1	238,7 ± 6,2	310,7 ± 19,4 J	45,11 μm ²	40,5% / 59,5%	56,8% / 43,2%	55,51% / 44,49%

A Tabela 2 mostra os resultados do ensaio de corrosão. Dessa forma, foi possível observar que a amostra sofreu uma taxa de corrosão bem abaixo do permitido da norma PETROBRAS. I-ET-3010.90-1200-955-PPC-002 (4 g/m²), o que era esperado, já que a amostra não foi submetida a ciclos térmico que poderiam desbalancear o teor de austenita/ferrita permitido em norma. Pites de corrosão também não foram identificados no microscópio com aumento de 20 x, (Figura 4). Além disso, foi visto que as dimensões dos corpos de prova não tiveram influência significativa nos valores de taxa de corrosão. Desta forma, é possível utilizar corpos de prova de 50, 10 ou 5 mm de comprimento para os ensaios de corrosão.

Tabela 2. Resultados do ensaio de corrosão.

#	Dimensões (mm)	Taxa de Corrosão (g/m ²)	Desvio Padrão (g/m ²)
1	10 x 25 x 10	-2,0167	1,1747
2	5 x 25 x 10	-1,5529	0,3045
3	50 x 25 x 3	-1,0237	0,8041
4	10 x 25 x 3	-0,9859	0,5078

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, ensaios microestruturais, mecânicos e de corrosão foram realizados nas chapas de 3 e 10 mm do aço super duplex UNS S32750 com base na norma da Petrobras I-ET-3010.90-1200-955-PPC-002. Dessa forma, com base em todos resultados foi possível avaliar as diferenças microestruturais e de anisotropia das duas chapas e definir parâmetros dos futuros ensaios que serão realizados no projeto SMS.

5. REFERÊNCIAS

- ¹ASTM International. **ASTM E23, Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials**. Estados Unidos. 2016.
- ²ASTM International. **ASTM E562, Standard Test Method for Determining Volume Fraction by Systematic Manual Point Count**. Estados Unidos. 2011.
- ³ASTM International. **ASTM G48, Standard Test Methods for Pitting and Crevice Corrosion Resistance of Stainless Steels and Related Alloys by Use of Ferric Chloride Solution**. Estados Unidos. 2015.
- ⁴ASTM International. **ASTM E1181, Standard Test Methods for Characterizing Duplex Grain Size**. Estados Unidos. 2015.
- ⁵ASTM International. **ASTM E112, Standard Test Methods for Determining Average Grain Size**. Estados Unidos. 2013.
- ⁶BREDA M. BASONI J. TOLDO F. BASTIANELLO C. ONTIVEROS VIDAL S.A. CALLIARI I. **Comparative Analysis on Phase Quantification Methods in Duplex Stainless Steels Weldments**. La metallurgia Italiana. n. 4. 2015.
- ⁷FORGAS A.J. OTUBO J. MAGNABOSCO R. **Ferrite Quantification Methodologies for Duplex Stainless Steels**. J. Aerosp. Technol. Manag., São José dos Campos, v. 8, n. 3, p. 357-362, 2016.
- ⁸PETROBRAS. **N-133 Soldagem**, Brasil. 2017.
- ⁹PETROBRAS. **I-ET-3010.90-1200-955-PPC-002**. Brasil. 2017.