



EFEITO DO TRATAMENTO TÉRMICO DE SOLUBILIZAÇÃO NA MICROESTRUTURA E NA RESISTÊNCIA A CORROSÃO DE JUNTAS SOLDADAS COM O PROCESSO TIG AUTÓGENO EM AÇO INOXIDÁVEL DUPLEX UNS S31803

Flávia W. Pinheiro¹, Paula M. Ferreira, Elaine C. Pereira¹ e Ronaldo Pinheiro da R. Paranhos¹

1 – Laboratório de Materiais Avançados, Universidade Estadual do Norte Fluminense (UNEF),
Campos dos Goytacazes, RJ.
flaviawpinheiro@gmail.com

RESUMO

Os aços inoxidáveis duplex UNS S31803 são amplamente aplicados na indústria petroquímica devido a sua excelente combinação de resistência mecânica e de corrosão. O objetivo desse trabalho é estudar a influência de dois diferentes parâmetros de tratamento térmico de solubilização pós soldagem na microestrutura e na resistência à corrosão de juntas soldadas. Após o processo de soldagem TIG autógeno, as soldas foram submetidas a tratamentos térmicos de solubilização por 10 s sob diferentes temperaturas de 1050°C e 1150 °C. As condições submetidas ao tratamento térmico de solubilização foram comparadas e avaliadas. A microestrutura foi analisada por microscopia confocal e a resistência à corrosão foi avaliada pelo método “A” da norma ASTM G48.

Palavras-chave: aço inoxidável duplex, soldagem, tratamento térmico de solubilização, corrosão.

INTRODUÇÃO

Um dos desafios para a indústria do petróleo e gás, com a exploração e produção em águas profundas, é a aplicação de materiais utilizados na fabricação dos equipamentos que resistam ao meio agressivo de elevadas concentrações de H₂S, CO₂ e cloretos. ⁽¹⁾

Os fluidos produzidos na indústria petrolífera apresentam uma mistura de óleo, água, gás e sedimentos do reservatório. O transporte desses fluidos do poço para as unidades de produção é feito através de dutos flexíveis, que são empregados em todo sistema submarino de coleta e escoamento. ⁽²⁾

O aço inoxidável duplex (AID) se destaca na fabricação dos dutos flexíveis, devido às suas excelentes combinações de resistências mecânica e de corrosão em diferentes meios, além de boa tenacidade e excelente resistência à corrosão sob tensão e fadiga. Essas propriedades estão associadas à sua estrutura bifásica, com proporções iguais de ferrita e austenita. A alta resistência dos duplex permite o projeto de componentes mais leves, proporcionando a redução

de peso nas tubulações, tornando a sua aplicação na indústria do petróleo cada vez mais importante. ^(3,4)

Para a fabricação dos tubos é necessária a soldagem de chapas de aços inoxidáveis duplex, antes de sua conformação e montagem. A soldagem dos AID's se torna complexa devido ao desequilíbrio das fases e dos precipitados intermetálicos que se formam acima de 300°C. Os tratamentos térmicos pós soldagem aplicados em AID's têm como objetivo a solubilização dos precipitados indesejáveis e reestabelece o equilíbrio das fases ferrita e austenita. ⁽⁵⁻⁷⁾

Embora os AID's apresentem excelente resistência à corrosão, sobretudo na presença de cloretos, procedimentos de soldagem modificam significativamente essas propriedades, tornando-o mais susceptível aos mecanismos de corrosão por pites e corrosão sob tensão. ⁽⁸⁾

Por esses motivos, o estudo sobre a avaliação dos parâmetros de soldagem e no tratamento pós soldagem se faz necessário para análise da influência desses processos nas propriedades mecânicas e de corrosão das chapas fabricadas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Nessa pesquisa foram utilizadas fitas de aço inoxidável duplex UNS S31803, comercialmente conhecido como SAF 2205 para confecção das amostras.

As fitas metálicas do aço inoxidável duplex UNS S31803 passaram pelos processos de laminação a quente com posterior tratamento seguido de resfriamento ao ar, até atingir a espessura final da chapa. Ao atingir a espessura especificada pelo cliente, a chapa foi cortada em tiras e enrolada em formato de bobinas para o transporte. As fitas de espessura de 1,5 mm foram cortadas e alinhadas entre si sobre a mesa da máquina de solda. Os corpos de prova foram soldados pelo processo TIG automático, com corrente contínua pulsada, com polaridade direta (CC-) e sem a adição de metal, sendo assim, considerado um processo autógeno.

Parâmetros do Tratamento Térmico

Foram analisadas duas condições de amostragem para análise da microestrutura e de corrosão. O tratamento térmico aplicado após o procedimento de soldagem, foi realizado por meio do método de aquecimento por indução, nas temperaturas entre 1050 °C e 1150 °C, no tempo de 10 segundos. O resfriamento ocorreu ao ar até a temperatura ambiente

Tabela 1: Parâmetros de tratamento térmico pós soldagem analisados.

CONDIÇÃO	TEMPO	TEMPERATURA
1	10 s	1050 °C
2	10 s	1150 °C

Preparação Metalográfica

Após o tratamento térmico, as amostras foram cortadas. O corte foi realizado com o objetivo de avaliar a microestrutura da solda ao longo da chapa. Foram obtidas peças de três regiões de solda, para avaliação da ZF, ZTA e MB. Com a finalidade de se revelar a microestrutura, após o embutimento com baquelite, as amostras seguiram as etapas de lixamento, polimento e ataque. O ataque utilizado para revelação de nitretos, carbonetos e das fases ferrita e austenita foi o ataque eletrolítico, utilizando o ácido oxálico à 10%.

Caracterização Microestrutural

A microscopia ótica e confocal foram empregadas com a finalidade de realizar a caracterização microestrutural qualitativa e quantitativa das amostras preparadas metalograficamente. A caracterização da microestrutura das soldas permitiu uma avaliação qualitativa da microestrutura do metal base (MB), da microestrutura da zona termicamente afetada (ZTA) e da zona fundida (ZF), bem como a avaliação de possíveis precipitados, como nitretos e carbonetos. A avaliação quantitativa do balanço de fases foi realizada utilizando o método de contagem de pontos, especificado na norma ASTM E562-11.

Ensaio de Corrosão

O ensaio de corrosão utilizando cloreto férrico de acordo com a norma ASTM G48 – “método A” foi realizado com o objetivo de avaliar a resistência a formação de pites na junta soldada. Esse teste permite obter uma classificação entre os aços inoxidáveis, de acordo com o grau da corrosão por pites.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Condição 1 – Tratamento Térmico Pós Soldagem a 1050 °C por 10 segundos.

As microestruturas observadas, tanto na ZF quanto na ZTA, estão apresentadas nas figuras 1 e 2, respectivamente.



Figura 1 - Micrografias da ZF da condição G2. (a) região da borda; (b) ¼ ; (c) ½ da solda



Figura 2 - Micrografias da ZTA da condição G2. (a) região da borda; (b) 1/4; (c) 1/2 solda

Ao longo da solda (borda, 1/4 e 1/2) foi observada uma microestrutura praticamente isenta de nitretos na matriz ferrítica, com austenita de widmattatem (AW), austenita intragranular (AIG) e austenita de contorno de grão (ACG).

Observou-se que os nitretos se solubilizaram na matriz ferrítica após o TTPS, de forma significativa, nas diferentes regiões de solda analisadas. Em algumas regiões específicas da matriz ferrítica é possível observar nitretos em pequenas quantidades, como destacado na figura 2 (b). A redução significativa dos nitretos na microestrutura da condição G2 evidenciou a eficiência do TTPS sob a temperatura de 1050°C por 10 segundos.

A condição 1, apresentou teor de ferrita na ZTA entre 47,8% e 54,6% e na ZF entre 35,9 e 48,3%. Ambos resultados próximos ao balanço de 50/50 das fases ferrita/austenita.

Condição 2 – Tratamento Térmico Pós Soldagem a 1150 °C por 10 segundos.

As diferentes microestruturas observadas, tanto na ZF quanto na zona ZTA, estão apresentadas nas figuras 3 e 4, respectivamente.



Figura 3 - Micrografias da ZF da condição G4. (a) região da borda; (b) 1/4 ; (c) 1/2 da solda



Figura 4 - Micrografias da ZTA da condição G4. (a) região da borda; (b) $\frac{1}{4}$; (c) $\frac{1}{2}$ da solda

A região da borda mostrou a microestrutura típica do AID soldado com TTPS, apresentando matriz ferrítica isenta de nitretos, austenita de widmastatten (AW) e austenita intragranular (AI).

A região de $\frac{1}{4}$ da solda apresentou um contorno de precipitados na austenita, e elevada quantidade de austenita intragranular, como mostram as figuras 3 (b) e figura 4 (b)

A região do $\frac{1}{2}$ da solda apresentou elevada quantidade de nitretos na matriz ferrítica, semelhante a condição como soldada, evidenciando que nessa região o TTPS não se mostrou efetivo.

A condição 2 apresentou teor de ferrita dentro da faixa recomendada, porém, observa-se que existe uma tendência do aumento do teor de ferrita no sentido da borda para o $\frac{1}{2}$ da chapa, tanto na ZF (45,7% a 61,1%) quanto na ZTA (52,2% a 67,5%).

Resultados Ensaio de Corrosão:

A condição 1 apresentou o menor valor da taxa de corrosão, enquanto o maior valor foi observado para a condição 2. O menor valor da taxa de corrosão na condição 1 foi atribuído à microestrutura encontrada ao longo de toda solda, com teor de ferrita/austenita próximo ao equilíbrio de 50/50 e isenta de nitretos (Figuras 1 e 2). A elevada taxa de corrosão na condição 2, foi atribuída à elevada quantidade de nitretos na matriz ferrítica, sobretudo na região do $\frac{1}{2}$ da solda.

CONCLUSÕES

Na investigação do efeito de diferentes parâmetros de TTPS em soldas TIG autógenas de fitas de aço inoxidável duplex UNS S31803, foi possível concluir que na condição 1 (10 s e 1050°C) o TTPS foi considerado pleno, pois produziu um teor de ferrita/austenita próximo ao balanço 50/50 e uma microestrutura isenta de nitretos ao longo da junta, além do menor valor da taxa de corrosão. Na condição 2 (25 s e 1050°C) o TTPS foi considerado parcial, modificando apenas a microestrutura da borda apresentando maior taxa de corrosão. Os resultados do ensaio de corrosão confirmam com as análises das microestruturas, tendo sido obtida maior taxa de corrosão para maior teor de ferrita e precipitação de nitretos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a CAPES pelo fomento da pesquisa e a empresa parceira no projeto.

REFERÊNCIAS

1. Morais, J.M. (2013) Petróleo em águas profundas: uma história tecnológica da Petrobras na exploração e produção offshore. 1ed. Brasília: Ipea, Petrobras, 2013. 424p
2. Petrobras, Fatos e Dados (2015) Disponível em: <http://www.petrobras.com.br/fatos-e-dados/conheca-curiosidades-sobre-equipamentos-de-nossos-sistemas-submarinos.html>. Acessado em: 29/05/2018.
3. Armas, I. A., Moreuil, S. D. (2009) Duplex Stainless Steels. Great Britain and the United States: ISTE Ltd and John Wiley & Sons, Inc, 447p.
4. Silva, A.L.V.C., Mei, P.R., (2011) Aços e Ligas Especiais, 3ed., ISBN: 9788521205180 .664p. Editora Edgard Blücher, São Paulo.
5. Pohl, M; Storz, O; Glogoski, T. (2007) Effect of intermetallic precipitations on the properties of duplex stainless steel. Materials Characterization. v. 58. p.65-71.
6. Sim M.B., Hong T.S., Hanim M.A.A., Tchan E.J.N., Talari M.K., (2019) The influence of post weld heat treatment precipitation in duplex stainless steels weld overlay towards pitting corrosion. Materials MDPI, 12, 11p.
7. Young C.M., Tsay L.W., Shin C.S., Chan S.L.I., (2007) The effect of short time post-weld heat treatment on the fatigue crack growth of 2205 duplex stainless steel welds. International Journal of fatigue. 29. p 2155-2162.
8. Senatore, M., Finzetto, L., Perea, E. (2007) Comparative study between duplex stainless steel and the stainless AISI 304L/316L. Revista Escola de Minas 60(1), pp. 175-181.
9. Hereñu S., Moscato M.G., Alvarez I., Armas., A.F., (2014) The influence of chromium nitrides precipitation on the fatigue behavior of duplex stainless steels. Procedia Engineering 74. p 179-182.
10. Geng S., Sun J., Guo L., Wang H., (2015) Evolution of microstructure and corrosion behavior in 2205 duplex stainless steel GTA-welding joint. Journal of Manufacturing Processes. Vols 19 p.32-37.
11. Vasconcellos, P.I.G., Rosenthal, R., Paranhos, R.P.R. (2010) Study of the welding of duplex and superduplex stainless steel pipes in the 5G position. Soldagem e Inspeção 15(3), pp. 191-199.

EFFECT OF THE SOLUBILIZATION THERMAL TREATMENT ON THE MICROSTRUCTURE AND ON THE CORROSION RESISTANCE OF WELDED JOINTS WITH THE AUTOGENOUS TIG PROCESS IN DUPLEX STAINLESS STEEL UNS S31803

ABSTRACT

UNS S31803 duplex stainless steels are widely applied in the petrochemical industry due to their excellent combination of mechanical and corrosion resistance. The objective of this work is to study the influence of two different heat treatment parameters of solubilization after welding on the microstructure and corrosion resistance of welded joints. After the autogenous TIG welding process, the welds were subjected to thermal solubilization treatments for 10 s for 1050°C and 1150°C. The conditions submitted to the solubilization heat treatment were

compared. The microstructure was analyzed by confocal microscopy and the corrosion resistance was evaluated by method "A" of the ASTM G48 standard.

Keywords: *stainless steel, weldng, post welding heat treatment, corrosion.*