

Caracterização da junta soldada multipasses de aço inoxidável duplex UNS S31803

RESUMO

Filipe Nascimento de Carvalho
filipecarvalho@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Silvia Midori Higa
silviahiga@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Filipe Bernardino de Carvalho
bernardino@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

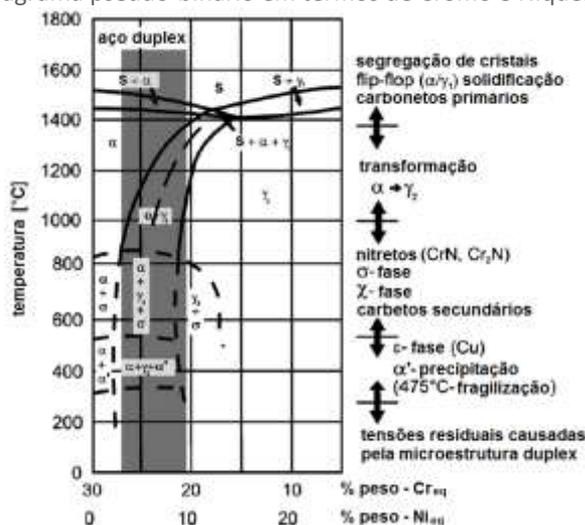
Os aços inoxidáveis duplex (AID) são materiais importantes para a indústria de transformação devido à elevada resistência à corrosão e propriedades mecânicas. A caracterização de uma junta soldada duplex obtida pelo processo SMAW por multipasses é o objetivo desse estudo. A partir do processo de soldagem, pode ocorrer a formação de fases indesejáveis, além de mudanças microestruturais. A caracterização foi realizada por meio da quantificação de fases por contraste de imagem por microscopia óptica e o software ImageJ, após o ataque eletrolítico da amostra em solução de 10% KOH. Por meio da utilização do ferritoscópio, foram quantificadas as fases ferromagnéticas de cada região da junta soldada. O perfil de microdureza ao longo da junta foi realizado para acompanhar o comportamento da resistência mecânica em toda a amostra. Foi possível identificar três diferentes regiões da junta: o metal de base (MB), de proporção 57:43 de ferrita/austenita com microestrutura estável; a zona termicamente afetada (ZTA) com redução da austenita; e uma microestrutura mais refinada no metal de solda (MS) com maiores valores de austenita. Nos perfis de microdureza, observou-se aumento das medidas de dureza nas regiões MS e ZTA em relação ao MB, revelando uma possível influência das fases indesejáveis e do refinamento da microestrutura. As boas propriedades dos AID podem ser afetadas devido ao processo soldagem, ou durante o uso, sendo necessário o controle das condições e parâmetros dos processos que envolvem aquecimento a temperaturas entre 300 a 1000 °C.

PALAVRAS-CHAVE: Aço inoxidável duplex. Caracterização. Contraste de imagem. Ferritoscópio. Perfil de microdureza.

1 INTRODUÇÃO

Os aços inoxidáveis duplex (AID) são utilizados na indústria de transformação e transporte como tanques e tubulações [ARMAS, MOREUIL, 2009; GUNN, 2012; SEDRICKS, 2006]. A microestrutura dos AID é bifásica, visto na Figura 1, contendo proporções de ferrita/austenita (δ/γ) aproximadamente iguais 50:50 [KNYAZEVA; POHL, 2013]. Essa microestrutura permite a combinação benéfica de propriedades mecânicas e de resistência a corrosão da fase ferrita e austenita [MICHALSKA; SOZANSKA, 2006].

Figura 1 – Diagrama pseudo-binário em termos de Cromo e Níquel equivalente.



Fonte: Traduzido de POHL, M. et al (2007) [POHL, 2007].

Os elementos encontrados são classificados de acordo com a fase que o mesmo estabiliza. Elementos de liga ferritizantes são expressos usualmente por cromo equivalente, conforme equação (1) e elementos de liga austenitizantes, expressos por níquel equivalente, conforme equação (2) [HIGA, 2016].

$$\% Cr \text{ equivalente} = \%Cr + 2(\%Si) + 1,5(\%Mo) + 5(\%V) + 5,5(\%Al) + 1,75(Nb) + 1,5(Ti) + 0,75(W) \quad (1)$$

$$\% Ni \text{ equivalente} = \%Ni + \%Co + 30(\%C) + 25(\%N) + 0,5(\%Mn) + 0,3(\%Cu) \quad (2)$$

Um dos processos para a união de estruturas é o processo de soldagem, onde o coalescimento de duas superfícies de materiais é por meio de fusão ou atrito [KIMINAMI; CASTRO; OLIVEIRA, 2013]. Como é o caso das tubulações de AID. A soldagem com gás inerte com eletrodo de tungstênio não consumível, conhecida como TIG (*Tungsten Inert Gas*) é utilizada na raiz da junta e o preenchimento, por soldagem a arco elétrico por eletrodo revestido, conhecida como SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*), por multipasses [ARMAS, MOREUIL, 2019; GUNN, 2012].

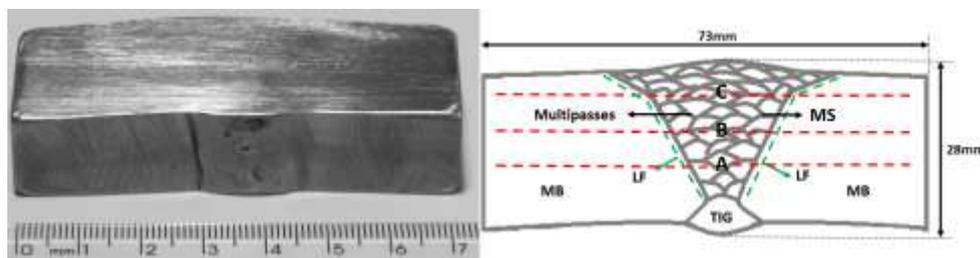
Devido ao elevado teor de elementos de liga, o sistema é termodinamicamente instável, podendo provocar, em determinadas faixas de temperatura, a precipitação de fases deletérias, através da reação eutetóide da

ferrita delta para a austenita secundário e um intermetálico [ARMAS, MOREUIL, 2009; KNYAZEVA, POHL, 2013, MICHALSKA, SOZANSKA, 2006].

2 MÉTODOS

A amostra é uma junta soldada de aço inoxidável duplex UNS S31803, visto na Figura 2. A preparação da amostra passou pela metalografia e polimento. O ataque eletrolítico foi realizado com solução de 10% KOH. A quantificação de fases por contraste de imagem foi realizada através das imagens obtidas pela microscopia óptica. Medidas no ferritoscópio foram realizadas para identificação das fases ferromagnéticas presentes na junta soldada. O perfil de microdureza Vickers com indentação de 1000 gf por 15 segundos foi realizado com espaçamentos de 0,5 mm entre as mesmas ao longo da junta soldada.

Figura 2 – a) Amostra da junta soldada e, b) Regiões da junta soldada.



Fonte: Autoria própria (2017).

3 RESULTADOS

As imagens obtidas por meio do microscópio óptico, possibilitam a identificação por contraste de imagem da fase ferrita e da fase austenita presentes no material do MB, MS e ZTA, sendo esta realizada com auxílio do software ImageJ, a qual analisa a quantidade de pixels pretos presentes na imagem e transmite o resultado em fração de área, visto na Figura 3. Medidas realizadas no ferritoscópio revelaram a quantidade de fases ferromagnéticas na amostra. O perfil de microdureza ao longo da junta soldada forneceu dados no qual analisam o comportamento da resistência mecânica, observado na Figura 4. Os valores médios obtidos das técnicas estão demonstrados na Tabela 1.

Figura 3 – Imagens obtidas do MB, ZTA e MS em lentes de aumento 100x.



Fonte: Autoria própria (2017).

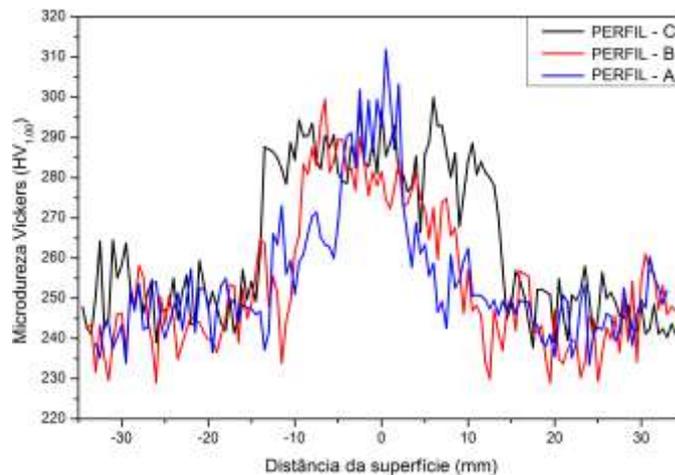
Tabela 1 – Quantificação de fases δ/γ e microdureza Vickers.

Região	δ/γ (%) por Contraste de Imagem	δ/γ (%) por Ferritoscópio	Microdureza Vickers (HV _{1.00})
--------	---	---------------------------------------	---

MB	57,068 / 42,932 ± 0,967	54,1 / 45,9 ± 1,5	264,4
MS	43,280 / 56,720 ± 2,521	34,0 / 66,0 ± 1,4	311,8
ZTA	58,862 / 41,138 ± 1,468	49,2 / 51,8 ± 1,1	287,6

Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 4 – Perfis de microdureza ao longo da junta soldada.



Fonte: Autoria própria (2017).

4 DISCUSSÃO

A partir da quantificação por contraste de imagem, nota-se que o MB contém teor superior da fase ferrita. Os resultados obtidos no MS mostram que houve uma inversão na razão δ/γ . A inversão é devido aos ciclos térmicos induzidos ao material. A composição do metal de adição, um aço inoxidável superduplex (AISD) com altos teores de níquel, propicia a formação da austenita durante o processo de soldagem [HIGA, 2016]. Na ZTA, a razão δ/γ é superior ao MS e no MB. A ZTA é a região no estado sólido que está sobre a influência da temperatura do processo de soldagem. Nesta região, a possibilidade de formação de precipitados intermetálicos é alta devido ao tempo de exposição ser maior em comparação a outras regiões [KNYAZEVA; POHL, 2013], propiciando desta forma maiores teores de ferrita do que outras regiões pelo contraste de imagem.

No ferritoscópio, o mesmo é observado, porém com diferentes razões δ/γ . De acordo com as duas técnicas, as razões δ/γ são coerentes nos desvios padrões para o MB. O MS contém os maiores desvios entre as técnicas, pois o refinamento da microestrutura da região dificulta o ajuste do contraste de imagem que delimita as fases ferrita e austenita. A ZTA é a região com maior razão δ/γ ao contraste de imagem, porém, com menor razão em relação ao MB no ferritoscópio. Tal fato pode ser atribuído a precipitação dos intermetálicos na ZTA [HIGA, 2016].

Ao analisarmos o perfil de microdureza, é possível notar um comportamento distinto entre o MB e MS. Quando o perfil avança do MB para o MS, os valores de microdureza aumentam a partir da região da ZTA. Este comportamento deve-se ao maior refinamento da microestrutura nesta região [HIGA, 2016] e aos teores encontrados na razão δ/γ . Comparando os perfis A, B e C, é possível observar que não há diferença entre esses quando analisados separadamente MB, MS e ZTA.

5 CONCLUSÃO

As propriedades de resistência a corrosão e resistência mecânica nos AID, podem ser afetadas devido a processos metalúrgicos, ou durante o seu uso. Portanto, é necessário o controle das condições e parâmetros de processos que envolvem o aquecimento a temperaturas na faixa de 300 a 1000°C. Valores de microdureza e quantidade de austenita são maiores no MS em comparação ao MB devido ao refinamento na microestrutura pelos ciclos térmicos da soldagem. A ZTA aliada com o crescimento de grãos da ferrita e variação na razão δ/γ , produz valores intermediários de dureza.

Characterization of multipass welded stainless steel duplex joint UNS S31803

ABSTRACT

Duplex stainless steels (DSS) are important materials for the processing industry due of their high corrosion resistance and mechanical properties. The characterization of a duplex welded joint obtained by the SMAW process by multipass is the purpose of this study. From the welding process, the formation of undesirable phases can occur, in addition to microstructural changes. The characterization was performed by quantification of phases by contrast of image by optical microscopy and ImageJ software, after the electrolytic attack of the sample in 10% KOH solution. Through the use of the ferritecope, the ferromagnetic phases of each weld joint region were quantified. The microhardness profile along the joint was performed to follow the behavior of the mechanical strength throughout the sample. It was possible to identify three different regions of the joint: the base metal (BM), with a ferrite / austenite ratio of 57:43 with a stable microstructure; The thermally affected zone (TAZ) with austenite reduction; And a more refined microstructure in the solder metal (SM) with higher austenite values. In the microhardness profiles, it was observed an increase of the hardness measurements in the SM and TAZ regions in relation to the BM, revealing a possible influence of the undesirable phases and the refinement of the microstructure. The good properties of the DSS can be affected due to the welding process, or during the use, being necessary the control of the conditions and parameters of the processes that involve heating at temperatures between 300 and 1000 °C.

KEYWORDS: Duplex stainless steel. Characterization. Image contrast. Ferritecope. Profile of microhardness.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, à UTFPR – Londrina e ao DAEMA; a minha orientadora e professora, Dra. Silvia Midori Higa; ao colaborador Filipe Bernardino de Carvalho, e, ao Grupo de Transformação de Fases da USP – São Carlos.

REFERÊNCIAS

ARMAS, I. A.; MOREUIL, S. D. Duplex Stainless Steels, London: ISTE Ltd; Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2009.

GUNN, R. N. Duplex Stainless Steels: microstructure, properties and applications. United States: William Andrew Publishing, 2012.

HIGA, S. M. Avaliação da Resistência à Corrosão e das Propriedades Mecânicas da Junta Soldada de Aço Inoxidável Duplex. 2015. 105 f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Centro de Ciência Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.

KIMINAMI, C. S.; CASTRO, W. B. de.; OLIVEIRA, M. F. de. Introdução aos processos de fabricação de produtos metálicos. 1 ed. São Paulo: E. Blucher, 2013.

KNYAZEVA, M.; POHL, M. Duplex Steels: Part I: Genesis, Formation, Structure. Metallurgy, Microstructure, and Analysis. p.113-121, 2013.

MICHALSKA; J.; SOZANSKA, M. Qualitative and quantitative analysis of σ and χ phases in 2205 duplex stainless steel. Materials Characterization. v.56, p.355–362, 2006.

POHL, M.; STORZ, O. GLOGOWSKI, T. Effect of intermetallic precipitations on the properties of duplex stainless steel. Materials Characterization. v.58, nº.1, p.65–71, 2007.

SEDRIKS, A. J. Corrosion of stainless steels. 2 ed. New York: John Wiley and Sons, 1996.

Recebido: 31 ago. 2017.

Aprovado: 02 out. 2017.

Como citar:

CARVALHO, F. N. de.; HIGA, S. M.; BERNARDINO, F. C. Caracterização da junta soldada multipasses de aço inoxidável duplex UNS S31803. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR, 22., 2017, Londrina. **Anais eletrônicos...** Londrina: UTFPR, 2017. Disponível em: <<https://eventos.utfpr.edu.br/sicite/sicite2017/index>>. Acesso em: 30 de agosto de 2017.

Correspondência:

Filipe Nascimento de Carvalho

Av. Dos Pioneiros, número 3131, Bairro Jardim Morumbi, Londrina, Paraná, Brasil.

Direito autoral:

Este resumo expandido está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.

