

EFEITO DA TEMPERATURA DE INTERPASSE DE SOLDAGEM SOBRE A MICROESTRUTURA, DUREZA E RESISTÊNCIA À CORROSÃO DO AÇO INOXIDÁVEL SUPERDUPLEX

J.M. Gomes (1); J.A. Castro (1); C.J. Marcelo (1); C.R. Xavier (2);

(1) UFF; (2) UniFOA;

Rua Antônio J M Alves, 64, Centro

CEP 12690-000

Silveiras – SP

josemarcos@id.uff.br

RESUMO

Neste trabalho, um tubo de aço inoxidável superduplex (AISD) UNS S32750 foi submetido a um procedimento de soldagem multipasse usando o processo "Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)" autógeno. O procedimento de soldagem adotado permitiu avaliar a influência de elevadas temperaturas de interpasse sobre a microestrutura, dureza e resistência a corrosão da Zona Afetada pelo Calor (ZAC). Os resultados mostraram que a Zona Afetada pelo Calor de Temperatura Elevada (ZACTE) apresentou uma apropriada relação entre os teores de austenita e ferrita, enquanto que os valores de dureza da ZAC e Zona Fundida (ZF) não apresentaram diferença significativa em relação ao MB. Além disso, nenhuma evidência de corrosão foi observada na microestrutura soldada após ensaio de corrosão usando solução de cloreto férrico.

Palavras-chave: Aço inoxidável superduplex, Soldagem GTAW autógena, Temperatura de interpasse, Microestrutura, Propriedades

INTRODUÇÃO

O crescente avanço das atividades de exploração e produção de petróleo *offshore* e o aumento da produtividade em meios mais agressivos alavancaram a procura por materiais que possuam elevadas propriedades mecânicas, assim como uma excelente resistência à corrosão em contato com estes meios ⁽¹⁾.

Os aços inoxidáveis superduplex são materiais que exibem uma combinação de elevadas propriedades mecânicas, tais como tensão de escoamento, tenacidade ao impacto e, principalmente, resistência à corrosão. Estas propriedades estão associadas a uma microestrutura bifásica balanceada, composta de frações similares de ferrita e austenita e à ausência de fases deletérias, dentre elas as principais são as fases sigma, chi e nitretos ⁽²⁾.

O grande desafio na soldagem destes materiais está na obtenção de uma junta com fração de fases a mais balanceada possível, e isenta de precipitados, isso envolve basicamente o controle dos ciclos térmicos. Por isso, é importante salientar que esses aços podem sofrer fenômenos de fragilização e perda de resistência à corrosão quando submetidos a um aquecimento localizado, tal como acontece em diversos processos de soldagem. A maioria dessas transformações está relacionada à ferrita delta, pois a taxa de difusão nessa fase é 100 vezes mais rápida que a austenita. Neste contexto, a fase sigma é um dos compostos que se precipita, a partir da ferrita, e mais prejudica as propriedades dos aços inoxidáveis duplex e superduplex. Esta fase deletéria, rica em Cr, é fortemente fragilizada e dependente da composição química da liga, além de estar diretamente associada a uma forte redução de resistência à corrosão do material ⁽³⁾.

Seguindo o procedimento da IMOA onde nos diz que não podemos obter temperaturas de interpasse acima de 100°C ⁽⁴⁾, acabamos obtendo uma temperatura de interpasse de 400°, no caso excedemos o valor apropriado afim de observar as consequências.

Desta forma, este trabalho buscou avaliar a influência de maiores temperaturas de interpasse sobre a microestrutura da ZAC e, conseqüentemente, sobre algumas propriedades da mesma, como a dureza e a resistência à corrosão.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Tubo de aço inoxidável superduplex UNS S32750 com 3 mm de espessura, diâmetro externo de 176 mm, comprimento de 150 mm e cuja composição química pode ser encontrada na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição química do aço inoxidável superduplex UNS S32750 (% peso).

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	N
0,023	0,77	0,46	0,023	0,007	25,32	7,43	3,94	0,49	0,24

Soldagem

A estratégia utilizada neste trabalho para avaliar o efeito de maiores temperaturas de interpasse sobre a ZAC do aço sendo investigado, foi através da utilização da soldagem autógena usando o processo GTAW. Para alcançar maiores temperaturas de interpasse, o primeiro passe de solda foi realizado com o tubo preso a um torno e girando no sentido horário, sendo que imediatamente ao fim deste passe iniciou-se o segundo passe, o qual foi superposto ao primeiro, mas com o tubo girando no sentido anti-horário. Termopares foram fixados em determinados regiões do tubo e os ciclos térmicos puderam ser registrados através de uma unidade de aquisição de dados baseado em um software (CatMan) instalado em um computador dedicado a este fim.

O aporte térmico utilizado foi 0,314 KJ/mm, que está dentro da faixa recomendada para os AISD, que fica entre 0,2 KJ/mm e 1,5 KJ/mm ⁽⁵⁾.

Caracterização microestrutural

Amostras retiradas de regiões com mais altas temperaturas de interpasse foram preparadas para análise qualitativa e quantitativa através de microscopia óptica de luz. Após lixamento e polimento, as amostras foram atacadas com reagente Beraha modificado, cuja composição é 20% de ácido clorídrico em água destilada e 0,3g de metabissulfito de potássio para cada 100 ml da solução. Para a

quantificação das fases foi utilizado o software de análise "Image Pro® Plus". Ensaio de dureza foi conduzido com o objetivo de avaliar se houve significativo desvio desta propriedade ao comparar a microestrutura do material afetada pelo procedimento de soldagem e o metal base.

Corrosão

Resistência à corrosão por pite da microestrutura soldada foi avaliada de acordo com a norma ASTM A923-14 Método C ⁽⁶⁾. Seguindo a referida norma, as amostras, após novo lixamento e polimento, foram mergulhadas por 24 horas em uma solução de cloreto férrico (100-g FeCl₃·6H₂O em 900-mL H₂O) a uma temperatura de 40 ± 1°C.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Comportamento Térmico

A Figura 1 exemplifica um ciclo térmico capturado pelos termopares durante a soldagem multipasse do tubo de AISI 304. Nesta mesma pode-se observar que um determinado local do tubo experimentou uma temperatura de interpasse de aproximadamente 400°C. As amostras para caracterização microestrutural da ZAC, bem como para os ensaios de dureza e corrosão foram retiradas próximas a estes locais que ficaram submetidos a temperaturas de interpasse mais elevadas.

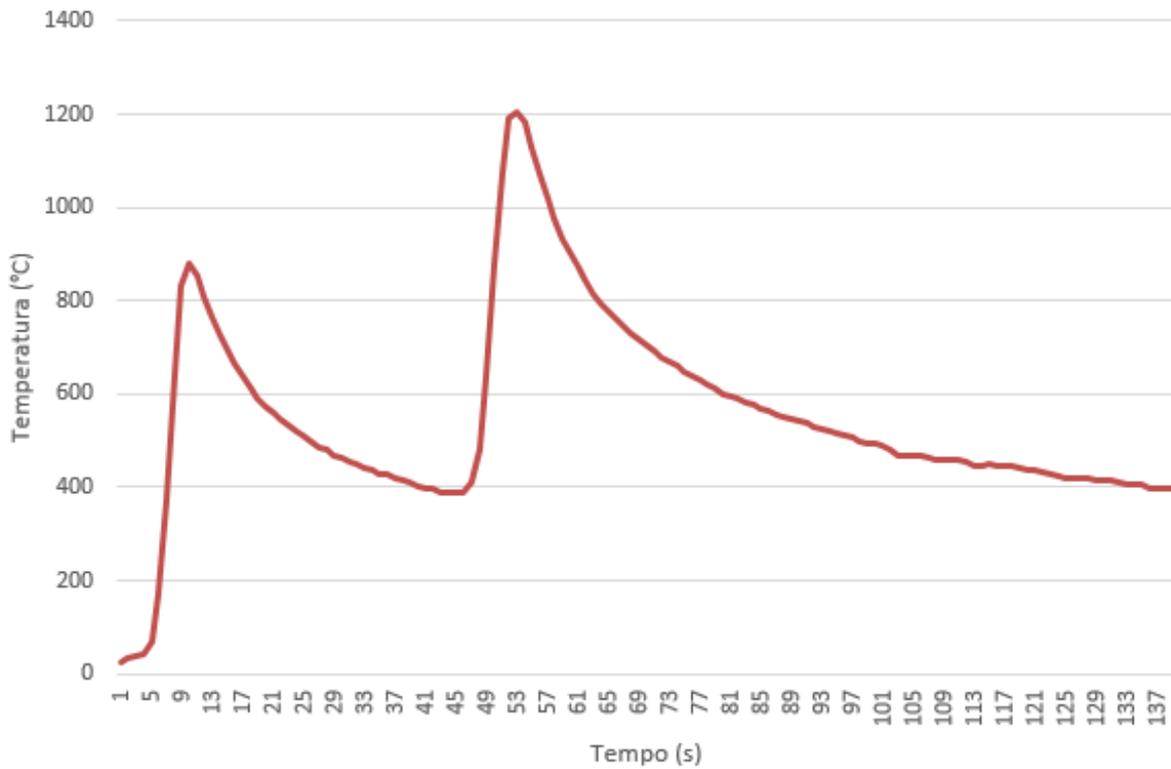


Figura 1 - Ciclo térmico durante soldagem autôgena multipasse do AISD.

Microestrutura

A microestrutura do MB era composta por uma fração de 55% de ferrita e 45% de austenita, a qual se apresentou como grão alongados. O ataque Beraha tornou a ferrita mais escura que a austenita, podemos observar na Figura 2. Nenhuma evidência da presença de outros compostos foi constatada na microestrutura do MB.



Figura 2 - Micrografia do Metal Base: austenita e ferrita (fase escura)

As Figuras 3 e 4 correspondem a ZACTE de amostras retiradas próximas a temperaturas de interpasse que se situaram bem acima daquela recomendada pela IMOA, dita anteriormente e conforme a Figura 1. As microestruturas apresentaram grãos grosseiros de ferrita com a austenita se apresentando com diferentes morfologias, ou seja, como austenita de contorno de grão (alotriomórfica), austenita Widmanstätten e austenita intragranular precipitada dentro dos grãos ferríticos. Os teores médios de austenita foram, respectivamente, de 37% e 43% na ZACTE das amostras correspondentes às Figuras 3 e 4, portanto, se situando ainda dentro de valores aceitáveis para aplicação do AISD ⁽⁷⁾. Além disto, nenhuma fase, como a fase sigma, foram observadas ocorrer na microestrutura afetada pelo calor, apesar das temperaturas de interpasse de soldagem mais elevadas.

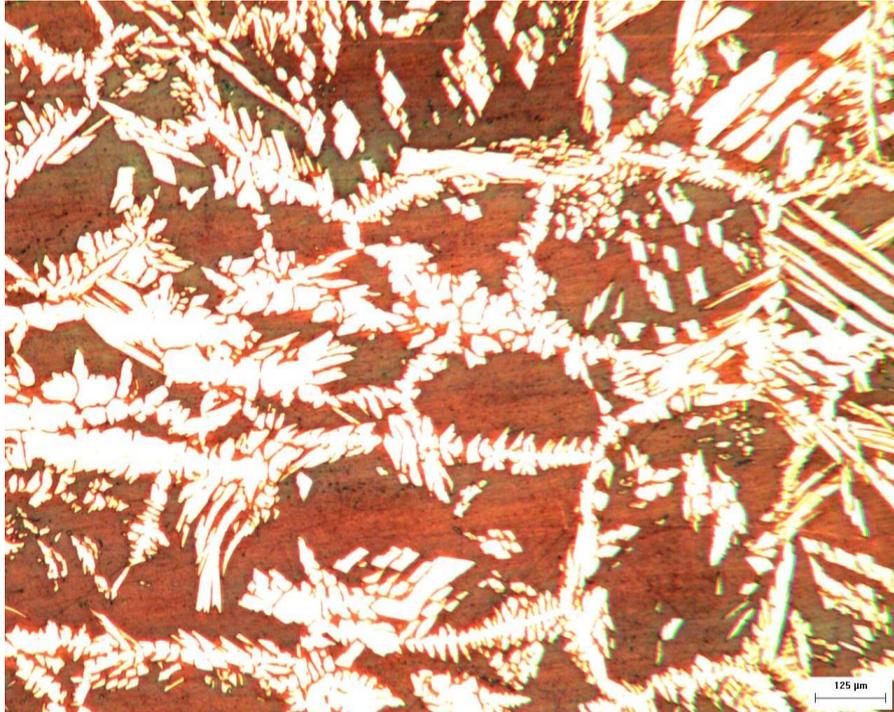


Figura 3 - Micrografia da ZACTE: austenita e ferrita (fase mais escura)

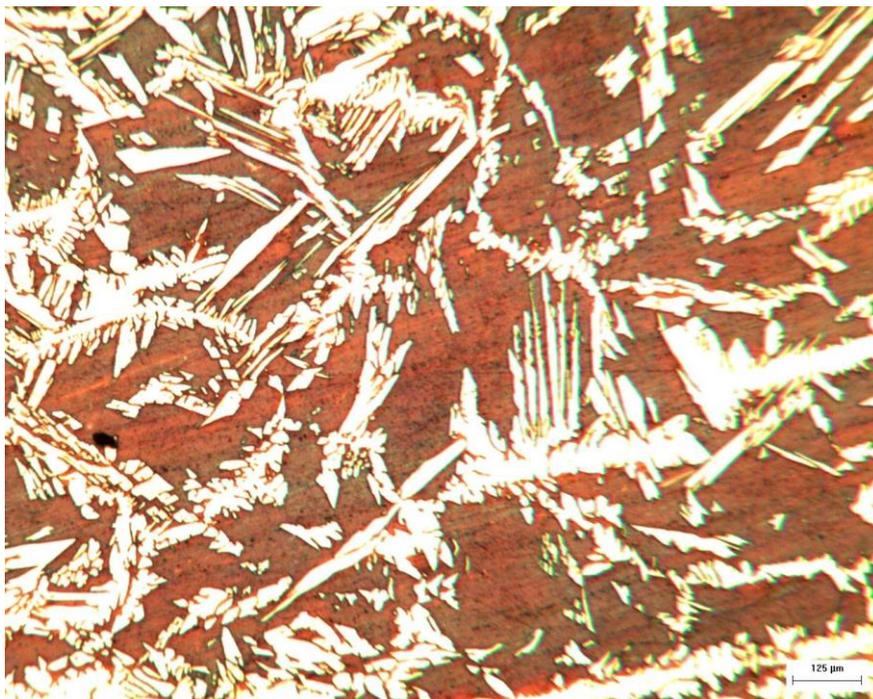


Figura 4 - Micrografia da ZACTE: austenita e ferrita (fase mais escura).

Ensaio de Dureza

Pode-se observar nas Figuras 5 e 6 que não houve significativa variação nos valores de dureza ao se comparar diferentes regiões como o MB, ZF e ZAC. Os valores médios de dureza encontrados para as diferentes regiões correspondentes às Figuras 5 e 6 podem ser encontradas na Tabela 2. Estes resultados demonstram que, mesmo ao se utilizar temperaturas de interpasse mais elevadas, a microestrutura soldada ainda apresenta satisfatória qualidade para aplicação.

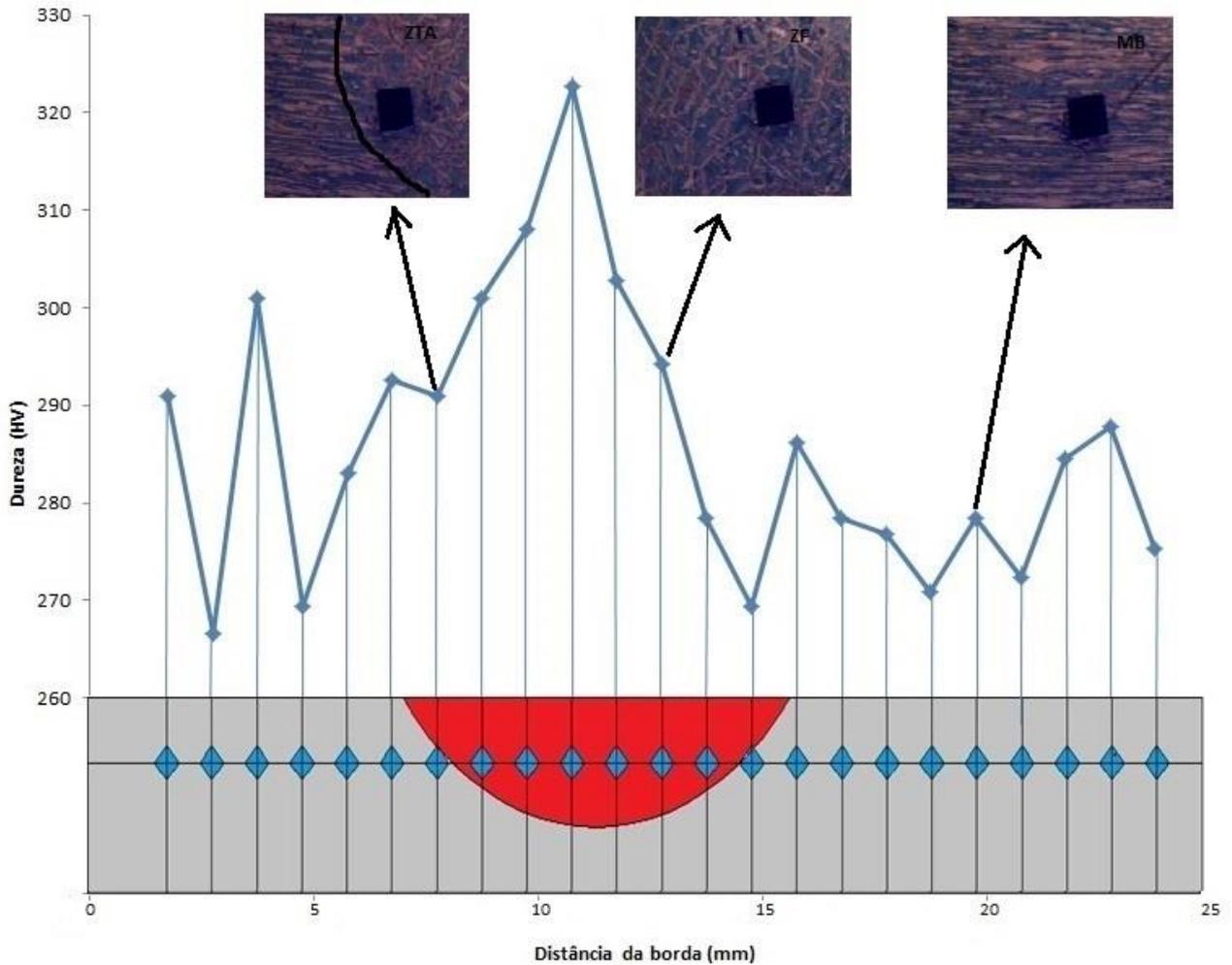


Figura 5 - Perfil de dureza comparativo entre MB e microestrutura afetada pela solda usando temperatura de interpasse mais elevada

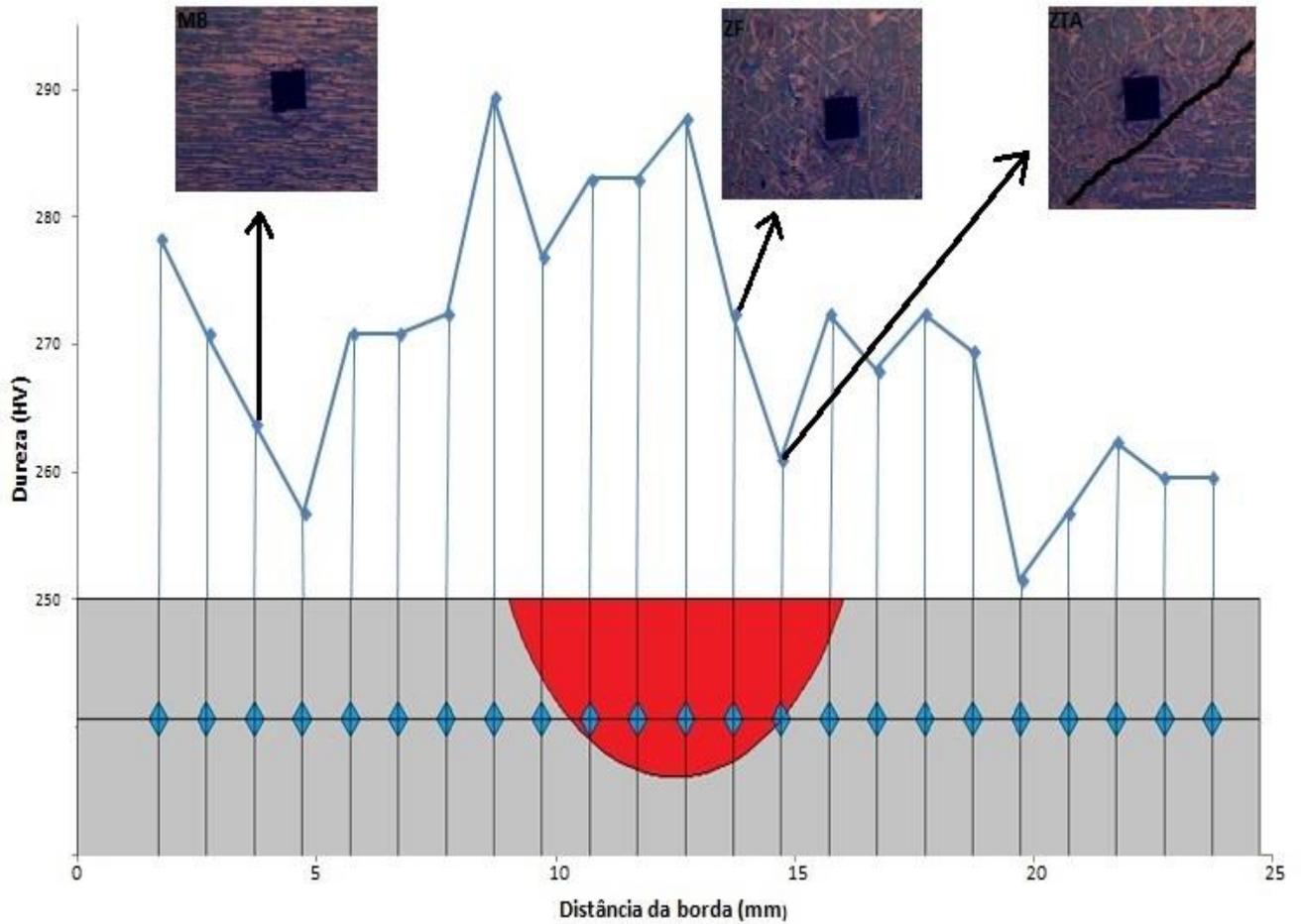


Figura 6 - Perfil de dureza comparativo entre MB e microestrutura afetada pela solda usando temperatura de interpasse mais elevada

Tabela 2 – Valores Médios de Dureza (HV)

Figura	5	6
Média MB (HV)	280	268
Média ZTA (HV)	280	272
Média ZF (HV)	301	281

Corrosão

As Figuras 6 e 7 mostram um material livre de corrosão por pite ou alvéolos após ensaio de corrosão garantindo, desta forma, fases deletérias, como a fase sigma, não precipitaram na microestrutura soldada mesmo considerando que temperaturas de interpasse mais elevadas tenham ocorrido durante a soldagem.

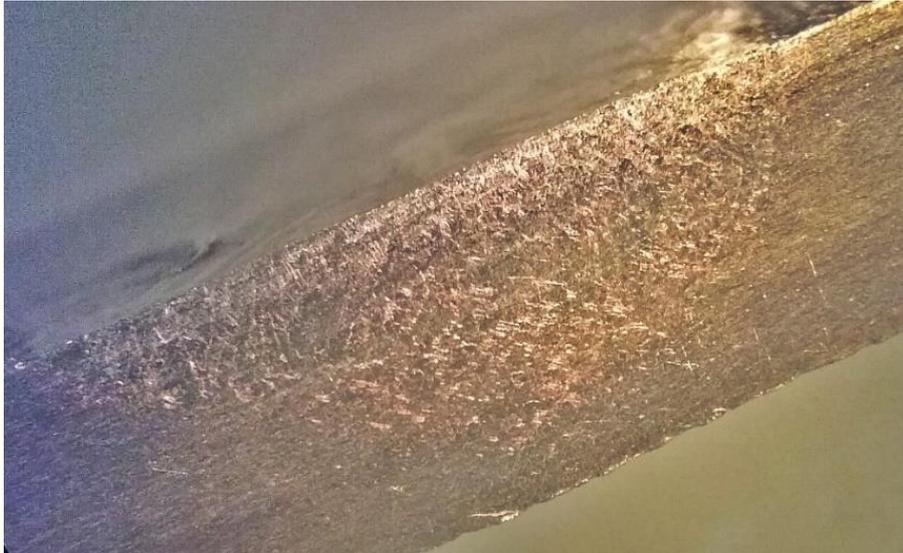


Figura 7 - Aspecto do material incluindo MB e região afetada pela soldagem multipasse após ensaio de corrosão



Figura 8 - Aspecto do material incluindo MB e região afetada pela soldagem multipasse após ensaio de corrosão

CONCLUSÃO

O efeito de temperaturas de interpasse mais elevadas sobre a ZAC de um AISD foi avaliado neste trabalho e os seguintes resultados foram obtidos.

1. A microestrutura apresentou uma relação ferrita-austenita apropriada para aplicação do AISD.

2. Não foi observada a presença de fase sigma na microestrutura soldada do AISD, a qual é bastante deletéria para as suas propriedades em consequente aplicação.
3. Os valores comparativos de dureza entre o MB e as regiões da solda, como a ZAC e a ZF, não apresentaram diferenças significativas, indicando que esta propriedade permaneceu praticamente inalterada.
4. Ensaio de corrosão não produziu pites nem alvéolos na microestrutura de solda, garantindo que fases deletérias não foram formadas durante a soldagem.

REFERÊNCIAS

- [1] REICK, W.; POHL, M.; PADILHA, A.F. O desenvolvimento dos aços inoxidáveis ferríticos-austeníticos com microestrutura duplex. In: CONGRESSO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METALURGIA E MATERIAIS, 47. 1992, Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte: ABM, 1992. Vol 48, Nº409.
- [2] NOBLE, D.N. Selection of wrought duplex stainless steels. *Welding, Brazing and Soldering - ASM Handbook v.6*. 10ª ed. USA: ASM International, 471-481, 1993.
- [3] KOTECKI, D.J. Ferrite control in duplex stainless steel weld metal. *Welding Journal*. v. 65, n. 10, p. 273s-278s, 1986.
- [4] Practical guideline for the fabrication of duplex stainless steels. IMOA, London, 2º ed, 2009.
- [5] PARDAL, J.M.; TAVARES, S.S.M.; FARIA, R.A. *Aços Germany. Catálogo de produtos. Disponível em:*
<www.butting.de/fileadmin/Redakteure/.../BUTTING_Brasilien_port.pdf >.
- [6] ASTM A923-14, Standard Test Methods for Detecting Detrimental Intermetallic Phase in Duplex Austenitic/Ferritic Stainless Steels, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2014, www.astm.org
- [7] NORSOK STANDARD M-601: "Welding and Inspection of Piping". Rev. 4, July 2004.

EFFECTS OF INTERPASS TEMPERATURE FROM WELDING ON THE MICROSTRUCTURE, HARDNESS AND CORROSION RESISTANCE OF SUPERDUPLEX STAINLESS STEEL

ABSTRACT

In this work, a pipe of Super Duplex Stainless Steel (SDSS) UNS S32750 was submitted to a multipass welding procedure by the autogenous Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) process. The welding procedure adopted allowed to evaluate the influence of higher interpass temperatures on the microstructure, hardness and corrosion resistance of the Heat Affected Zone (HAZ). The results showed that the High Temperature Heat Affected Zone (HTHAZ) has presented an appropriate austenite-ferrite ratio, while the hardness values of the HAZ and fusion zone (ZF) have no shown significant difference in comparison with the Base Metal (BM). Furthermore, no evidence of corrosion was observed in weldment after the corrosion test by ferric chloride solution.

Keywords: Superduplex stainless steel, autogenous GTAW process, Interpass temperature, Microstructure, Properties.