

## Caracterização da junta soldada dissimilar entre os aços SA231 e SA790

### RESUMO

**Rafael Rocha Maia**[rafael.maia01@fatec.sp.gov.br](mailto:rafael.maia01@fatec.sp.gov.br)

orcid.org/0000-0002-6935-5032

Faculdade de Tecnologia de Itaquera (FATEC), São Paulo, São Paulo, Brasil.

**Douglas Morais**[douglas.morais@fatec.sp.gov.br](mailto:douglas.morais@fatec.sp.gov.br)

orcid.org/0000-0001-6427-0331

Faculdade de Tecnologia de Itaquera (FATEC), São Paulo, São Paulo, Brasil.

**Paulo Henrique Ogata**[paulo.ogata@fatec.sp.gov.br](mailto:paulo.ogata@fatec.sp.gov.br)

orcid.org/0000-0002-9219-7140

Faculdade de Tecnologia de Itaquera (FATEC), São Paulo, São Paulo, Brasil.

**Cassio Junqueira da Silva**[junqueira.silva@hotmail.com](mailto:junqueira.silva@hotmail.com)

orcid.org/0000-0002-8379-8307

Faculdade de Tecnologia de Itaquera (FATEC), São Paulo, São Paulo, Brasil.

**Fabio Conte Correia**[fabio.correia@fatec.sp.gov.br](mailto:fabio.correia@fatec.sp.gov.br)

orcid.org/0000-0002-6971-7881

Faculdade de Tecnologia de Itaquera (FATEC), São Paulo, São Paulo, Brasil.

**Daniel dos Santos Silva**[danielsic260@gmail.com](mailto:danielsic260@gmail.com)

orcid.org/0000-0003-4738-2635

Faculdade de Tecnologia de Itaquera (FATEC), São Paulo, São Paulo, Brasil.

O presente trabalho visa avaliar as propriedades metalúrgicas das zonas fundidas e da zona afeta pelo calor (ZAC) em união dissimilar ASME SA – 213 TP 316L e ASME SA – 790 S32205. O aço inoxidável Duplex e o metal de adição selecionados apresentam classificação AWS 309MoL. Para soldagem dos corpos de provas foi realizado o processo de soldagem TIG (*Tungsten Inert Gas*). Durante todo o processo foi utilizado o gás Argônio como gás de purga e foi feito controle da energia de soldagem entre a primeira e a segunda camada de solda. A junta dissimilar foi caracterizada por ensaio de macro e micrografia, ensaios de dureza e ensaio de corrosão por pite em meio de NaCl. Os resultados macrográficos mostram que a junta soldada teve uma diluição de 44%. Este valor é expressivo para as juntas soldadas em aços inoxidáveis porque pode afetar as suas propriedades metalúrgicas. As microestruturas na ZAC e na zona fundida próximas ao aço apresentam morfologias típicas de austenita de Widmannstätten e austenitas alotriomorfas. Os ensaios de corrosão por pite mostram que o metal de solda apresenta um potencial de corrosão maior que os metais de base.

**PALAVRAS-CHAVE:** aço inox duplex; soldagem; materiais dissimilares.

## INTRODUÇÃO

O mercado demanda cada vez mais soldagem de materiais dissimilares, essa demanda crescente é devido a uma ampla economia, na redução de custos de produtos, nas áreas química, petroquímica e nuclear (Sun; Han, 1994).

A soldagem de metais dissimilares é mais complexa do que a soldagem de metais similares. As dificuldades encontradas na soldagem dissimilar incluem problemas particulares de cada material que surgem quando se combinam ligas de diferentes composições (Sun; Han, 1994) (Kichi, 2015).

A utilização dos aços inoxidáveis tem aumentado com o passar do tempo. Um dos motivos que justifica esse aumento é a melhoria da soldabilidade desses aços. Essa melhora tem promovido uma maior estabilidade micro estrutural e diminuído as possibilidades de formação de fases intermetálicas causadas pelos sucessivos ciclos térmicos impostos durante o processo de soldagem. Por exemplo, o problemas da perda de resistência a corrosão intergranular nos aços inoxidáveis duplex, provocada pela precipitação do carboneto de cromo ( $M_{23}C_6$ ), em parte foi resolvido pela adição de nitrogênio que substitui o carbono na liga (Hertzman; Ferreira; Brolund, 1997) (Centeno, 2013).

Os aços inoxidáveis duplex são materiais que apresentam uma boa soldabilidade e podem ser soldados por diversos processos: TIG, MIG, eletrodo revestido, arco submerso e etc. Entretanto, a utilização de processos que com fontes de energia elevada (plasma, feixe de elétrons dentre outras) deve ser realizada com precauções para evitar o desbalanceamento das fases que pode ser causada pela elevada taxa de resfriamento decorrente de um gradiente térmico acentuado (Voronenko, 1997) (Cunha, 1996).

Para que as propriedades de resistência à corrosão e ductilidade destes materiais sejam garantidas e consideradas boas é necessário que a fração volumétrica de ferrita esteja entre 30 e 70%. Desta forma recomenda-se a utilização de metal de adição com composição química similar ao metal base exceto os teores de níquel, também pode ser adicionado nitrogênio no gás de proteção (Voronenko, 1997) (Ureña; Otero; Utrilla; Múnez, 2007).

A ferrita presente nos aços inoxidáveis duplex é muito susceptível à transformação em fase sigma o que torna necessário um maior controle da energia na soldagem (Pardalha; Tavres, 2010). Outro ponto importante que deve ser considerado na soldagem desses aços é a adição de elementos de liga como molibdênio, cromo e tungstênio que facilitam a transformação da ferrita em fases deletérias (como sigma, laves e Chi), promovendo uma diminuição no teor de cromo em determinadas regiões do material fazendo com que haja perdas significativas na resistência a corrosão (Pardalha; Tavres, 2010) (Hicapie-Ladino; Perez de Oliveira; Falleiros, 2012).

A solidificação dos aços inoxidáveis duplex se inicia pela formação da ferrita, em altas temperaturas. Isso faz com que haja uma microestrutura formada ferrita/austenita, sendo que a maior porcentagem é de ferrita, o que reduz a resistência à tenacidade. Os duplex da família 2205 apresentam uma maior estabilidade microestrutural o que permite uma ampla faixa de energia de soldagem. Além disso, esses materiais apresentam boas propriedades mecânicas

para baixas temperaturas ( -100 °C aplicados em estruturas soldadas) o que aumenta a sua importância tecnológica (Falleiros, 2001) (Falleiros, 2005).

A corrosão por pite se origina de um ataque localizado e se inicia em diferentes pontos da superfície dos aços inoxidáveis. Este tipo de corrosão é bastante comum em ambientes contendo cloreto e se caracteriza geralmente por pequenas perfurações que em ocasiões são imperceptíveis ao olho nu, mas que podem atuar como concentradores de tensão ou mesmo atravessar a peça. (Falleiros, 2001) O pite ocorre devido à quebra da camada passiva que protege o material da corrosão/degradação, esta quebra pode ocorrer por dissolução química, quebra mecânica ou adsorção de íons agressivos como Cl<sup>-</sup> que em contato com o substrato geram a formação de cátions metálicos e aumento da concentração de H acidificando o ambiente ao interior pite e dificultando a recuperação da camada passiva (Falleiros, 2001). Por outro lado, a adição de elementos como o Mo reforça a camada passiva e favorecendo a resistência a corrosão por pite dos aços inoxidáveis (Ha, Lee E Kim, 2014) (Falleiros, 2001) (Falleiros, 2005).

## MATERIAIS E MÉTODOS

O corpo de prova foi soldado na forma de tubo, utilizando dois materiais de base dissimilares (SA231 e SA790), e um metal de adição (309Mol) no qual metalurgicamente é equivalente aos metais de base (MB) utilizados. O metal de base MB01 refere-se a um aço inoxidável austenítico com especificação ASME SA-231 TIPO 316L, com 89 mm de diâmetro e 5,2 mm em espessura, usualmente denominado como 316L. O metal de base MB02 corresponde a um aço inoxidável, segundo especificação ASME SA-790 S32205, com 89 mm de diâmetro e 3,0 mm de espessura de parede, denominado MB02 é usualmente denominado 2205, Duplex. O consumível utilizado para a soldagem segundo especificação SFA-5.9 é classificado como ER309Mol com diâmetro de vareta de 3,25 mm. O **Quadro 1** apresenta a composição química dos materiais.

Quadro 1 - Composição química dos metais de base utilizados

Designação	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	N	P	S
SA231	0,08	1,00	2,00	16,0-18,0	11,0-14,0	2,00-3,00	-----	0,045	0,03
SA790	0,03	1,00	2,00	22,0-23,0	4,5-6,5	3,00-3,50	0,14-0,20	0,030	0,02
er309mol	0,03	0,65	1,50	22,7	12,8	2,40	----	NE	NE

Fonte: Autoria própria.

O procedimento para a soldagem do corpo de prova foi realizado pelo processo TIG (*Tungsten Inert Gas*), com corrente contínua (CC) e polaridade inversa, na posição 2G horizontal. O eletrodo de Tungstênio utilizado para a soldagem possui classificação EWTh-2 de 2 mm de Diâmetro. O tubo de SA231 foi acoplado com o tubo de SA790, a fim de unir os dois materiais dissimilares e efetuar chanfro para soldagem com metal de adição seguindo classificação ER309LMo. Na soldagem da junta foi executado um passe de raiz e dois passes de

acabamento. O gás de proteção e purga utilizado para a soldagem foi o Argônio (99,99% pureza). Para a soldagem do corpo de prova foi empregado um tubo preparado e devidamente higienizado com abertura de raiz de 2,5 mm, chanfro em V, com bisel de 37,5° e raiz de 0,8 mm.

Para determinação da velocidade de soldagem foram consideradas as medidas do comprimento do cordão de solda e o tempo de soldagem. O controle das características do cordão foi feito utilizando as leituras da tensão e da intensidade de corrente. Os parâmetros utilizados para a realização da soldagem estão descritos no **Quadro 2**.

Quadro 2 - Parâmetros de soldagem do corpo de prova

Camada	Nº do Passe	Tensão (V)	Corrente (A)	Vel. Soldagem (mm/min)	Interpasse (°C)	Energia de Soldagem (J/mm)
1	1(Raiz)	10	98	83	80-100	283
2	2	10	96	84	80-100	274
	3	10	96	84	80-100	278

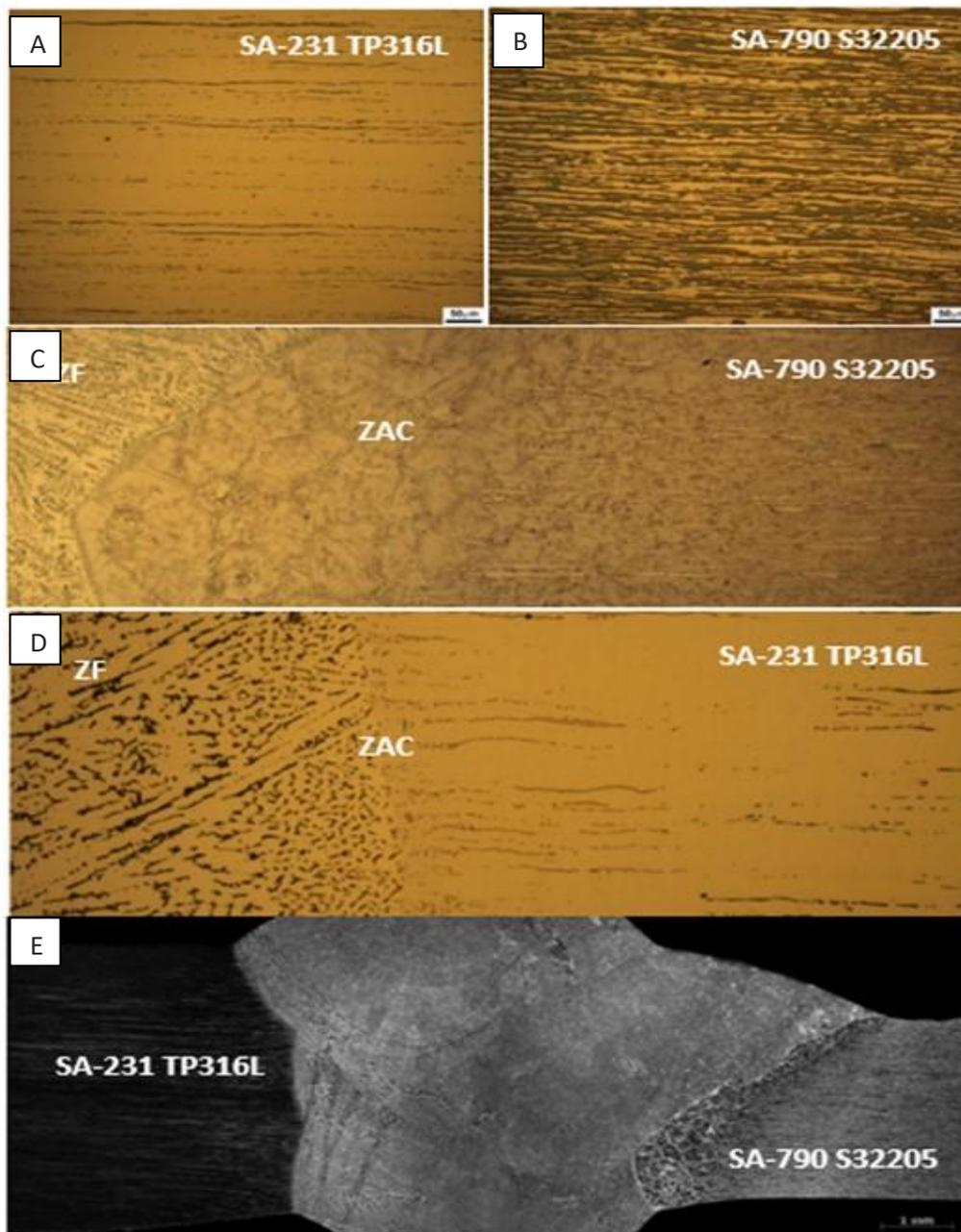
Fonte: Autoria própria.

Foram preparadas as faces transversais ao cordão de solda mediante corte com disco de diamante e lixamento gradual até atingir uma superfície polida com lixa de granulometria # 1200. Após preparação, as amostras foram submetidas aos ensaios eletroquímicos de polarização potenciodinâmica. Para realização do ensaio foi utilizado uma célula eletroquímica com eletrodo de referência de calomelano saturado (ECS), uma malha de platina como contraeletrodo e o corpo de prova como eletrodo de trabalho. Como eletrólito foi utilizada uma solução de 3,5% NaCl. Os ensaios foram mantidos no potencial de circuito aberto por 300 segundo para garantir estabilidade do sistema e seguidamente se iniciava a polarização numa velocidade de varredura de 1,0 mV/s até atingir uma densidade de corrente de  $10^{-2}$  A/cm<sup>2</sup>.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A **Figura 1** apresenta os resultados das análises macro e micrográficas da junta soldada entre os aços SA231 e SA790. Nas **Figuras 1A e 1B** se observa, respectivamente, as micrografias óticas do metal base SA390 como recebido e SA231 como recebido. A **Figura 1C** mostra o resultado da análise micrográfica da junta soldada. A **Figura 1D** mostra o mosaico montado a partir da metalografia feita da região entre a ZF e a ZAC para os aços SA231 e MBSA231. Na **Figura 1E** observa-se o aspecto macrográfico da junta soldada.

Figura 1 - Caracterização macro e micrográfica da junta soldada



Fonte: Autoria própria.

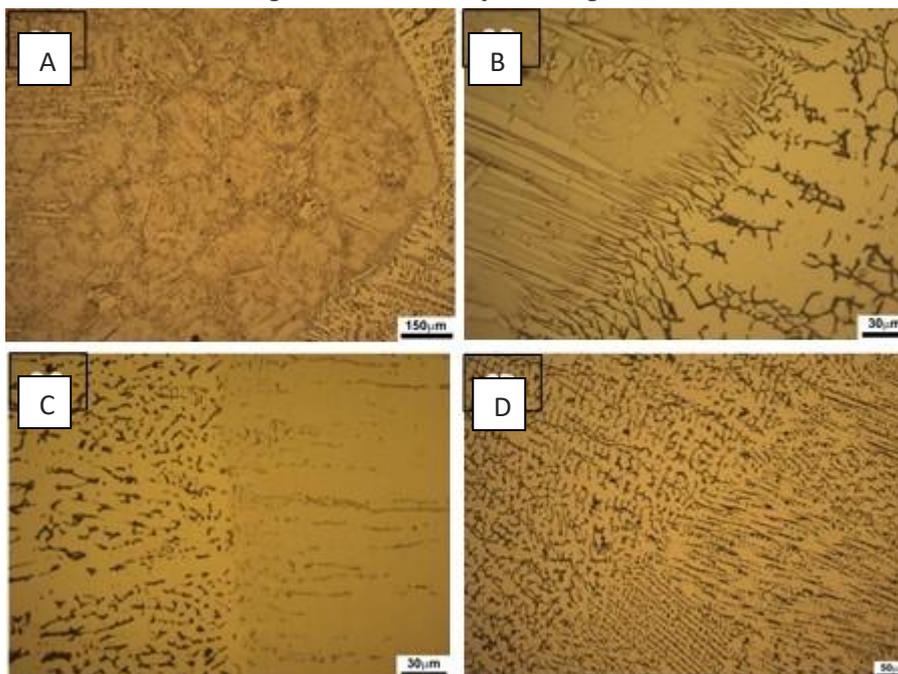
As imagens apresentadas nas **Figuras 1A e 1B** mostram a caracterização dos metais base como recebidos. Na **Figura 1A** é possível observar as fases austenita e ferrita, típicas de aços inoxidáveis Duplex (SA790), e na **Figura 1B** é possível observar a presença de uma pequena porção de ferrita delta na matriz austenítica, típicas dos aços inoxidáveis austeníticos da série 316L.

As imagens apresentadas nas **Figuras 1C e 1D** apresentam uma reconstrução da microestrutura através da construção de um mosaico de micrografias obtidas com aumento de 100X desta forma é possível observar os efeitos da soldagem na formação da microestrutura. A extensão da ZAC observada foi maior para o aço SA790, onde pode ser observado um aumento de crescimento de grão, redução na concentração de ferrita e precipitações na fase sigma.

Na **Figura 1C** observa-se que não há descontinuidades prejudiciais a qualidade da junta soldada. Ainda é possível observar que a extensão da zona afetada pelo calor foi maior no aço inoxidável duplex (SA790). Os valores referentes à diluição (**Figura 3**), ou seja, as participações dos metais de base na composição da zona fundida foram de 21% para o aço SA790 e de 22% para o aço SA231. A diluição total, ou seja, a participação de ambos os metais de base foi de aproximadamente 43%. Através dos valores de diluição e composição química foram determinados os valores de Níquel e Cromo equivalente ( $Ni_{eq}$  e  $Cr_{eq}$ ). A zona fundida mostrou uma redução dos valores da relação de  $Cr_{eq}/Ni_{eq}$  em 13%. Os valores de  $Cr_{eq}$  e  $Ni_{eq}$  foram utilizados para verificação, a partir dos diagramas de Schaeffler, se na zona fundida haveria a possibilidade de formação de algum tipo de defeito como, por exemplo, a formação de trincas de solidificação ou por perda de ductilidade acima de 1250 °C, fragilização por formação de fases intermetálicas após aquecimento entre cerca de 450 e 900 °C, fragilização por crescimento de grão, e fragilização e fissuração por formação de martensita. Conforme análise no Diagrama de Schaeffler, as microestruturas dos cordões de solda são formadas por austenita e ferrita. Com previsão de aproximadamente 7% de ferrita para soldagem com ER309Mol, o que é altamente recomendado para garantir boas propriedades mecânicas e resistência corrosão.

A relação  $Cr_{eq}/Ni_{eq}$  na zona fundida próximo a região zona ligação foi de 1,44. Essa região é crítica porque nela pode ocorrer fragilização por formação de fases intermetálicas após aquecimento entre cerca de 450 °C e 900 °C. A ZAC do SA790 demonstra uma extensão reduzida típica de aços inoxidáveis austeníticos. A **Figura 2A e 2B** apresenta a região da ZAC entre o metal de solda e o aço SA790 a **Figura 2C** apresenta a região da ZAC entre o metal de solda e o aço SA231 e a **Figura 2D** apresenta a micrografia da zona fundida.

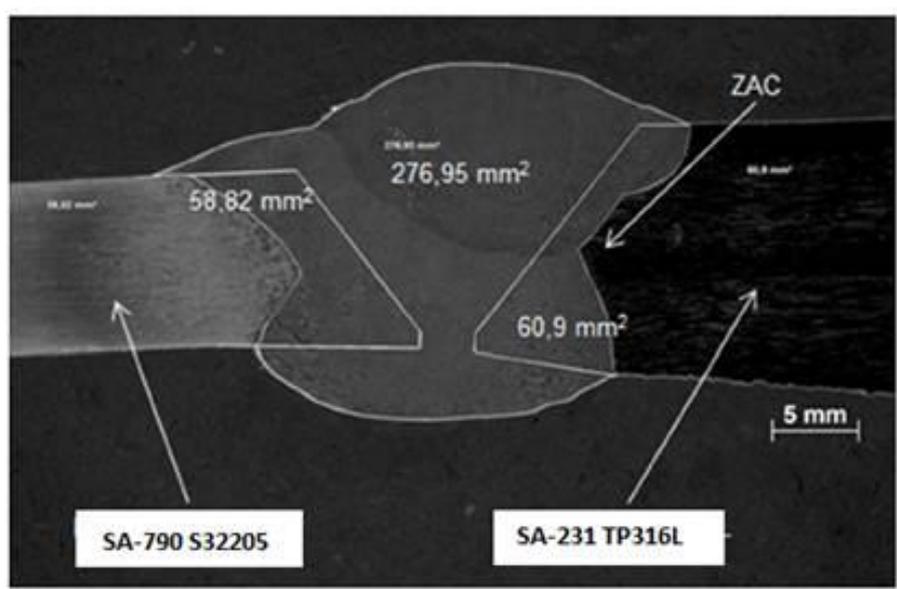
Figura 2 - Caracterização micrográfica da ZAC



Fonte: Autoria própria.

Na **Figura 2** observa-se a presença de austenita e dendritas de ferrita delta, que em soldagem dissimilar é comum na zona parcialmente fundida onde a microestrutura e a composição química foram alteradas pela mistura dos metais de base e de adição (diluição), esta zona formada próxima à interface do MB com o SA231 onde as correntes de convecção não são suficientes para que haja um fluxo adequado de fluido desta para gerar uma homogeneização na poça fundida. A micrografia apresentada na **Figura 2A** mostra a presença de austenita com características de Widmannstätten. Também pode ser observada a presença de austenita com características de alotriomorfias onde a morfologia é característica de aços inoxidáveis duplex quando experimentam resfriamentos bruscos. A **Figura 2D** apresenta uma micrografia da zona fundida onde é possível observar na microestrutura que os contornos de grão formados entre os pacotes de dendritas apresentam diferentes orientações cristalográficas, com morfologia ondulada e não retilínea a que contrasta com os contornos de grãos poligonais encontrados em materiais laminados. Também pode ser observado um desalinhamento das estruturas brutas de solidificação cuja desorientação acentuada é benéfica uma vez que dificulta a propagação de trincas. A **Figura 3** apresenta as áreas utilizadas para a determinação da diluição.

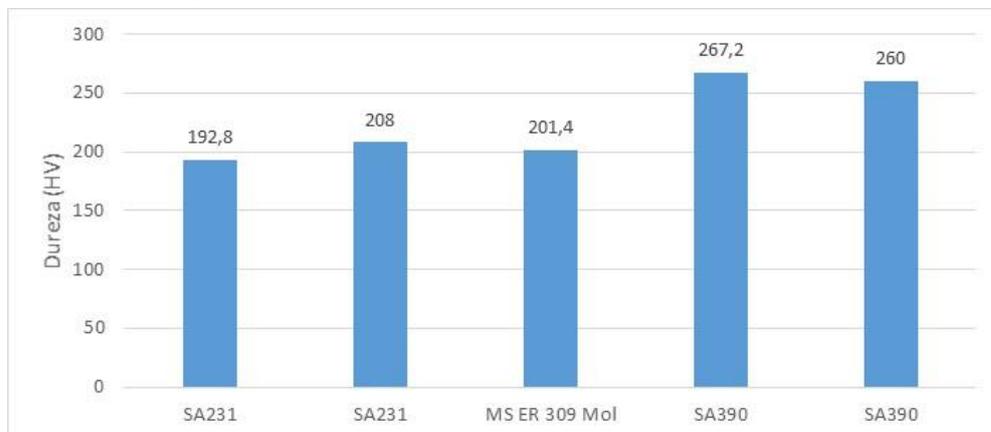
Figura 3 - Macrografia da junta soldada: diluição



Fonte: Autoria própria.

A **Figura 4** mostra os resultados dos ensaios de microdureza realizados ao longo da junta soldada, desde os MB com suas respectivas ZAC até o metal de solda.

Figura 4 - Resultados de microdureza ao longo da junta soldada



Fonte: Autoria própria.

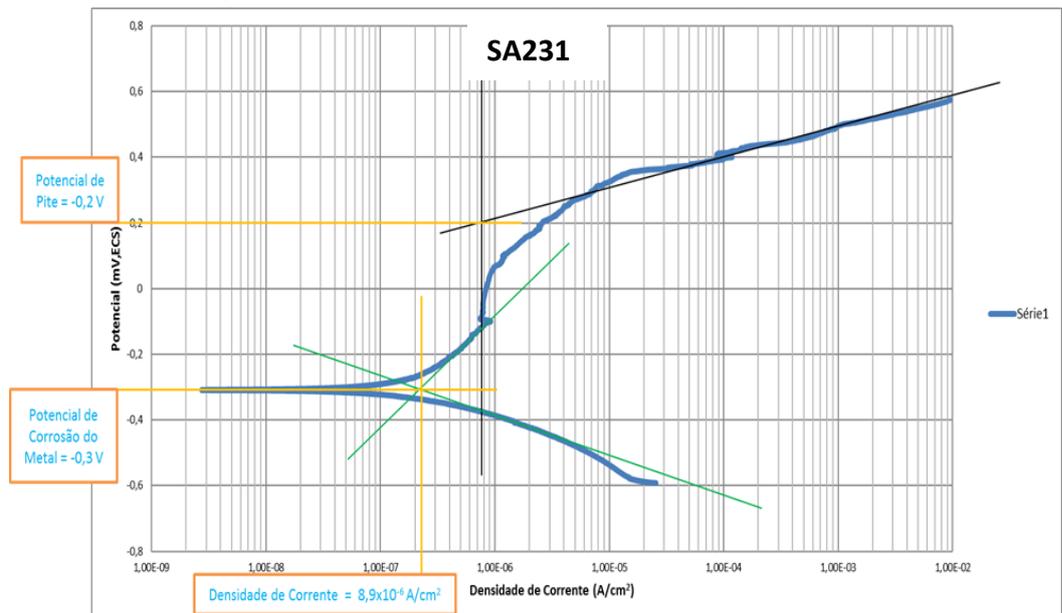
Os resultados de microdureza apresentados na **Figura 4** mostram que há um aumento na dureza do metal de base para a zona de fusão esse aumento de cerca de 8% com relação a ZAC e cerca de 4% para a zona fundida. A maior diferença de dureza verificada foi entre a ZAC (duplex) e a zona fundida onde essa diferença foi de aproximadamente 23%.

Foi realizada uma série de ensaios eletroquímicos para determinar a resistência contra corrosão de cada zona. As **Figuras 3, 4 e 5** apresentam curvas representativas de polarização potenciodinâmica das diferentes zonas (aços) testadas.

A **Figura 5** apresenta uma curva representativa realizada com o aço SA231 TP316L em 3,5% NaCl, as curvas destes materiais apresentaram o

comportamento típico dos materiais passivos, isto é a presença de um trecho passivo na zona anódica, porém a transição do potencial de pite não está bem definida devido a um arredondamento na parte inferior, portanto foi utilizada a regra das linhas tangentes para determinar o  $E_p$  que neste caso foi 200 mV. O potencial de corrosão ( $E_{corr}$ ), que representa a transição entre a zona catódica e a anódica (pico de corrente na parte esquerda) foi de -300 mV.

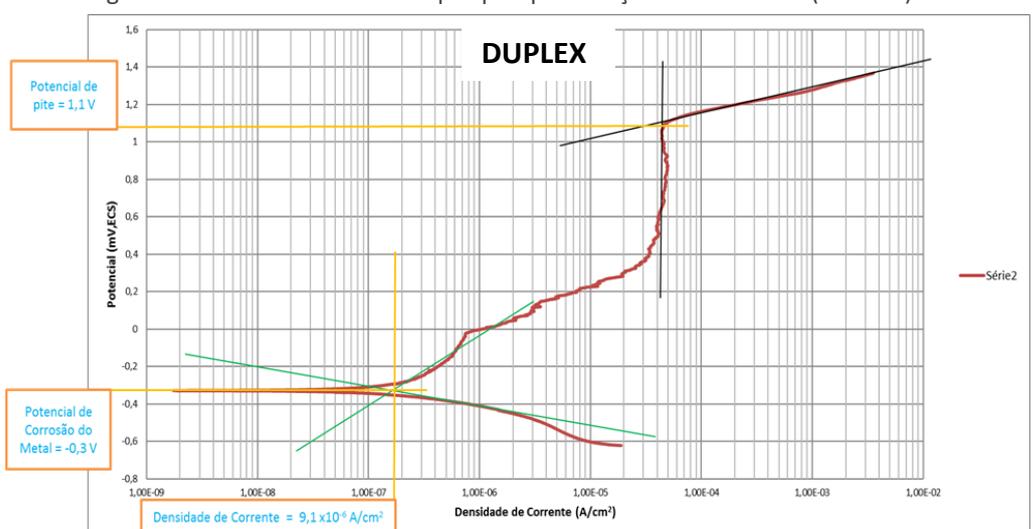
Figura 5 - Potencial de corrosão por pite para o aço SA231 TP316L



Fonte: Autoria própria.

A **Figura 6** apresenta uma curva representativa do aço SA790, desta vez o potencial de corrosão foi similar ao anterior aço apresentado na Figura 3 (300 mV), porém o aço SA790 (**Figura 5**) não apresentou potencial de pite, o salto abrupto de corrente que se observa em 1100 mV não representa pite e sim uma reação de oxigênio do eletrólito.

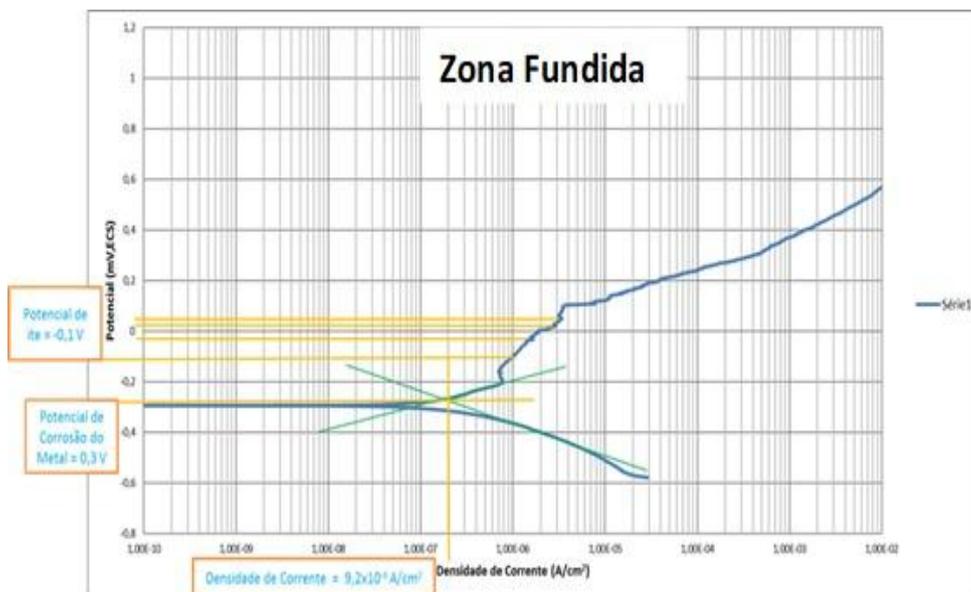
Figura 6 - Potencial de corrosão por pite para o aço SA790 S32205 (DUPLEX)



Fonte: Autoria própria.

A **Figura 7** mostra uma curva de polarização representativa realizada na zona fundida, note-se que o potencial de corrosão em todos os casos foi similar, ao redor de 300 mV. Por sua vez, o potencial de pite do aço fundido foi de aproximadamente 100 mV, sendo o menor de entre os aços testados, por tanto, sendo o de menor resistência contra corrosão.

Figura 7 - Potencial de corrosão por pite na zona fundida



Fonte: Autoria própria.

## CONCLUSÕES

Foi caracterizada a junta dissimilar entre aços inoxidável SA231 e inoxidável SA790 soldados pelo processo TIG. Os resultados macrográficos mostram valores de diluição de 21% para o MB SA790 2205 e de 23% para o MB SA231 com diluição total de aproximadamente 44%, sendo este um valor bastante expressivo.

Como a participação do metal base foi acentuada, o valor da relação  $Cr_{eq}/Ni_{eq}$  na zona fundida foi de 1,44 permanecendo próxima a região limítrofe onde ocorre fragilização por formação de fases intermetálicas após aquecimento entre cerca de 450 e 900 °C. Entretanto, não foi observada a presença deste defeito.

A microestrutura na ZAC e na zona fundida próxima ao aço indica a presença de austenita com características de Widmannstätten e a presença de austenitas com características de alotriomorfas. Na ZF foi observado que os contornos de grão formados entre os pacotes de dendritas apresentam diferentes orientações cristalográficas, com morfologia ondulada e não retilínea. Essa desorientação acentuada é benéfica por dificultar a propagação de trincas.

Os resultados obtidos pelas curvas de polarização potenciodinâmica (**Figuras 3, 4 e 5**) mostraram que o aço SA790 apresenta um melhor desempenho de resistência à corrosão, uma vez que não apresentou pite. O aço SA231, na zona

fundida, apresentou um pior desempenho, o seu potencial de pite foi de aproximadamente 200 mV.

# Characterization of the dissimilar welded joint between SA231 and SA790 steels

## ABSTRACT

The present work aims to evaluate the metallurgical properties of the molten zones and the heat-affected zone (HAZ) in a dissimilar union of ASME SA - 213 TP 316L and ASME SA - 790 S32205. Duplex stainless steel and addition metal used were rated AWS 309MoL. The welding process used was the TIG (Tungsten Inert Gas). During the welding process, argon gas was used as a purge gas and welding energy was controlled between the first and second layers of weld. The macrograph and micrograph analyses, hardness test and pitting corrosion in NaCl medium were used to characterize the weld joint. The macrography results showed that a welded joint had a 44% of dilution. Through micrographic analysis it was possible to observe the presence of Widmannstätten austenite and allotriomorphic austenite in the HAZ and molten zone microstructure. Pit corrosion tests show that the weld metal has a greater corrosion potential than base metals.

**KEYWORDS:** duplex stainless steel; welding; dissimilar materials.

# Caracterización de la unión soldada disimilar entre aceros SA231 y SA790

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar las propiedades metalúrgicas de las zonas fundidas y la zona afectada por el calor en una unión disimilar de ASME SA - 213 TP 316L y ASME SA - 790 S32205. El acero inoxidable dúplex y el metal adicional utilizado fueron clasificados como AWS 309MoL. El proceso de soldadura utilizado fue el TIG (*Tungsten Inert Gas*). Durante el proceso de soldadura, se utilizó gas argón como gas de purga y se controló la energía de soldadura entre la primera y la segunda capa de soldadura. Para la caracterización de la unión soldada se utilizaron análisis macrográficos y micrográficos, ensayo de dureza y corrosión por picaduras en medio NaCl. Los resultados macrográficos que muestran una junta soldada tenían un 44% de dilución. A través del análisis micrográfico fue posible observar la presencia de austenita de Widmannstätten y austenita alotriomórfica en la HAZ y la microestructura de la zona fundida. Las pruebas de corrosión por foso muestran que el metal de soldadura tiene un mayor potencial de corrosión que los metales base.

**PALABRAS CLAVE:** acero inoxidable dúplex; soldadura; materiales diferentes.

## REFERÊNCIAS

CENTENO, D. **Análise microestrutural de junta brasada de aço inoxidável duplex UNS S32101, UNS S32304, UNS S32750 e UNS S32707 com metal de adição a base de níquel.** Dissertação de mestrado, EPUSP, São Paulo, 2013.

CUNHA J. e BRANDI, S. Aços inoxidáveis duplex: considerações sobre sua soldagem e processos empregados. **Nucleo Inox**, 6-8, 1996.

FALLEIROS, NEUSA. ALONSO, Corrosão em fresta, corrosão por pite e corrosão microbiológica. **Capítulo da publicação da ABM: Programa de Educação Continuada - Cursos ABM - Corrosão de Metais Não Ferrosos**, 2001.

HERTZMAN, S. ; FERREIRA , P. J. e BROLUND, B., B. Na experimental and theoretical study of heat-affected zone austenite reformation in three duplex stainless steels. **Metallurgical and Materials Transaction A**. 277-285, 1997.

HA, H.-Y.; LEE, T.H; KIM, S.J. Synergistic effect of Ni and N on improvement of pitting corrosion resistance of high nitrogen stainless steels. **The International Journal of Corrosion Processes and Corrosion Control**, p. 83-84, 2014.

HICAPIE-LADINO, D; PEREZ DE O., M; FALLEIROS, N. A. Intergranular Corrosion in a Super-Martensitic Stainless Steel Containing 0.06N-0.025Nb-0.1V. **Proceedings of the “10th Symposium on Electrochemical Methods in Corrosion Research”**, Brazil, November 18-23, 2012.

KICHI, Elísio Y. **Análise das propriedades metalúrgicas e resistência à corrosão na soldagem dissimilar de SA-213 TP 316L e SA-790 S32205 pelo processo TIG com adições de ER2209 e ER309MoL.** Monografia (Especialização em Engenharia de soldagem) – Departamento de engenharia metalúrgica e materiais, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

PARDALA, Juan Manuel; TAVARES, Sergio Souto Maior. Deleterious Phases Precipitation on Superduplex Stainless Steel UNS S32750: Characterization by Light Optical and Scanning Electron Microscopy (2010). – Universidade Federal do Ceará – UFC. Fortaleza, CE. Brasil. **Materials research**. 13(3): 401-407, 2010.

VORONENKO, Austenitic – Ferritic stainless steels: a state of the art Review. **Metal Science and Heat Treatment**, 428-437, 1997.

SUN, Z e HAN, H. Weldability and properties of martensitic/austenitic stainless steel joints, **Materials Science and Technology**, 10 (9): 823-829, 1994.

UREÑA, A.; OTERO, E.; UTRILLA, M.V.; MÚÑEZ, C.J. Weldability of a 2205 duplex stainless steel using plasma arc welding. **Journal of Materials Processing Technology**. V182, ISSUE 1-3, 624-631. 2007.

**Recebido:** 19 de agosto de 2021.

**Aprovado:** 31 de janeiro de 2022.

**DOI:**

**Como citar:** MAIA, R.R. et al., Caracterização da junta soldada dissimilar entre os aços SA231 e SA790, **Revista Brasileira de Física Tecnológica Aplicada**, Ponta Grossa, v. 9, n. 1, p. 36-50, jan. 2022.

**Contato:** Rafael Rocha Maia: [rafael.maia01@fatec.sp.gov.br](mailto:rafael.maia01@fatec.sp.gov.br)

**Direito autoral:** Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

