

AVALIAÇÃO DA JUNTA SOLDADA COM SUPORTE CERÂMICO A BASE DO MINERAL REFRAATÓRIO CORDIERITA

Luciana Lezira Pereira de Almeida¹
Luiz Cláudio Soares Tatagiba¹
Joaquim Pessanha Rocha¹
Ronaldo Pinheiro da Rocha Paranhos²

¹Mestrando, PPGECM, Universidade Estadual Norte Fluminense, Lezira@iq.com.br,
qiba36@uol.com.br e Jrocha@odebrech.com

²Professor Doutor, LAMAV/CCT, Universidade Estadual Norte Fluminense ,
paranhos@uenf.br

Resumo: Este trabalho apresenta a avaliação de um suporte de solda cerâmico cuja matéria prima principal é a cordierita, um material refratário com elevado ponto de fusão. Esta avaliação foi feita por meio da soldagem unilateral em uma chapa de aço Carbono A-36 com 15,8 mm de espessura pelo processo Mig-Mag. Após soldagem a junta soldada foi submetida a ensaios de inspeção visual, líquido penetrante, macrografia, microscopia ótica, microdureza vickers, ensaio de dobramento e resistência à tração. O cordão de solda apresentou bom acabamento e isento de descontinuidades. Obteve penetração nas laterais do chanfro e reforço de solda apropriado na raiz. A microestrutura a zona fundida (ZF) teve predominância de ferrita primária, em suas formas ferrita de contorno de grão e poligonal, e ferrita com segunda fase alinhada, típicas do metal de solda em aços ferríticos. A microdureza Vickers obteve valores aceitáveis na ZF. Os ensaios mecânicos indicam que o procedimento de soldagem foi adequado, pois no ensaio de tração a ruptura ocorreu no metal base e no ensaio de dobramento não apresentou descontinuidades maiores que 3 mm. Quanto ao suporte cerâmico, os resultados encontrados foram satisfatórios em relação à sua integridade durante a operação de soldagem. O trabalho discute as vantagens deste suporte cerâmico junto à indústria de fabricação metálica por soldagem.

Palavras-chave: suporte cerâmico, soldagem unilateral, Cordierita

1. INTRODUÇÃO

A soldagem unilateral é uma técnica onde os cordões de solda são aplicados somente por um lado da peça. É utilizada em aplicações que envolvem difícil acesso, em situações que a peça não pode ser virada. Em ambos os casos, obtém-se penetração total no primeiro passe de solda (Marques e Modenesi, 2006; Ziedas e Tatini, 1997), evitando-se a subsequente operação de goivagem para a soldagem no outro lado da peça.

Uma das técnicas de soldagem unilateral utiliza o suporte cerâmico. Este tipo de suporte tem a capacidade de suportar a elevada temperatura da poça de solda quando no estado líquido, evita a formação de gases durante a soldagem e proporciona um acabamento adequado do cordão de solda, isento de defeitos (Paranhos e Souza, 1999). O suporte cerâmico é utilizado em vários segmentos da indústria de base (fabricantes de equipamentos) como: caldeiras, vasos de pressão, equipamentos siderúrgicos e navios (Marques et. al., 2005).

O uso do suporte cerâmico em operações de soldagem apresenta um forte impacto tecnológico, pois reduz o número de passes de solda, reduz o volume do metal depositado, elevando a produtividade e reduzindo os custos da operação de soldagem (Brito e Paranhos, 2005).

Segundo Tatagiba et. al. (2008), a análise feita dos suportes cerâmicos permitiu verificar que dentre as matérias primas escolhidas, a que obteve um melhor resultado foi a Cordierita. O suporte cerâmico de Cordierita suportou o metal líquido durante a soldagem, sem que ocorresse nenhum tipo de defeito, tanto no suporte quanto no cordão de solda.

O objetivo deste trabalho é avaliar a eficiência do suporte cerâmico com a matéria prima Cordierita durante e após a operação de soldagem em chapa com espessura de 15 mm, determinar as propriedades mecânicas da junta soldada e analisar as microestruturas presentes no primeiro e no último passe de solda.

2. MATERIAL E MÉTODOS

No presente trabalho foi utilizada a formulação do suporte cerâmico de cordierita que se destacou no artigo de Tatagiba et. AL. (2008) para a realização utilização soldagem em chapas de aço Carbono.

A Figura 1a apresenta a seção transversal do suporte cerâmico produzido. Possui uma pequena concavidade na região central que tem a função de adequar o formato do cordão de solda líquida na parte inferior da chapa. Esta concavidade foi prevista para ser formada no molde, no momento da compactação, tendo uma dimensão de 5,0 mm de largura por 1,6 mm de profundidade. A Figura 1b mostra o suporte cerâmico produzido com comprimento de 115 mm e 25 mm de largura. A Figura 1c apresenta a montagem do suporte cerâmico na parte inferior da chapa de aço antes da soldagem.

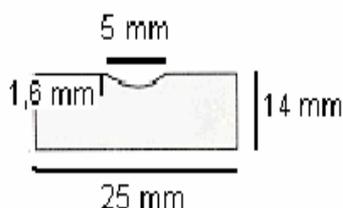


fig.1a. Seção transversal do suporte cerâmico



fig.1b. Suporte cerâmico produzido com comprimento de 115 mm e 25 mm de largura



fig.1c. Montagem do suporte cerâmico na parte inferior da chapa de aço antes da soldagem

O corpo de prova produzido foi com chapa de aço A-36 com dimensões de 300 X 500 X 15,8 mm, V com ângulo de 60° e abertura de raiz de 3 mm. Dispositivos auxiliares de montagem foram ponteados na chapa de teste para permitir que durante a soldagem a abertura de raiz permanecesse constante e para minimizar as distorções causadas pela soldagem.

O processo de soldagem utilizado foi o MIG-MAG por intermédio da máquina **SolMig 250** da White Martins, com arame classificação ER70S-6 de 0,8 mm de diâmetro conforme a norma AWS A.5.18. A corrente utilizada foi de 140-160A e o gás de proteção utilizado foi o dióxido de carbono (CO₂) com vazão de 13 l/min..

Após a soldagem do corpo de prova, foram realizados ensaios não destrutivos (inspeção visual e líquido penetrante) para se avaliar a qualidade da raiz no que diz respeito a defeitos superficiais. Macrografias da seção transversal da junta soldada foram preparadas e atacadas com NITAL 10%.

A microestrutura da junta soldada foi avaliada por metalografia ótica, sendo utilizado o ataque químico NITAL 2%, que permitiu observar a distribuição das diversas estruturas formadas no metal de solda. A identificação dos constituintes presentes no metal de solda foi realizada conforme designação indicada por Perdigão (1987).

O perfil de microdureza Vickers com uma carga de 100 g foi obtido no microdurômetro modelo HMV-2, do fabricante Shimadzu do Brasil. Foram realizadas 36 medições de microdureza, sendo 12 medidas para o metal base, 12 medidas para a zona termicamente afetada (ZTA) e 12 medidas para o metal de solda, como mostra a fig. 2. Todas as medidas foram feitas sob uma linha horizontal ao longo da extensão do passe de raiz (inferior) e dos últimos passes de solda (superior), a uma distância de 1,5 mm da parte inferior e superior da chapa.

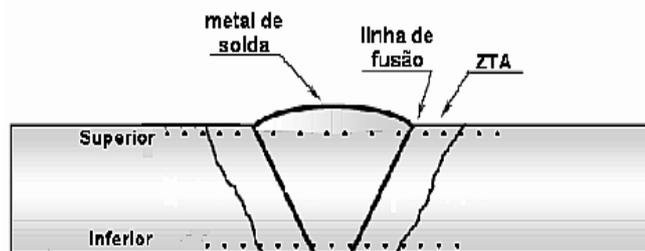


fig.2. Localização das 36 medições de microdureza na junta soldada

O ensaio de dobramento no corpo de prova soldado foi realizado para a avaliação da ductilidade da junta soldada, bem como para detectar pequenos defeitos, pois estes tendem a propagar-se durante o ensaio. Foram retirados

e preparados 04 corpos de prova (fig. 3a) da chapa soldada, de acordo com a norma ASME IX (2004), para realização de dobramento transversal. A Figura 3b mostra a máquina universal de ensaios, identificação MEU-01 (fig. 3b), onde foi realizado os ensaios de dobramento.



fig. 3a. Corpos de prova preparados para ensaio de dobramento transversal



fig.3b. Máquina universal de ensaios

Para o ensaio de tração, foram retirados dois corpos de prova com dimensões de acordo com a norma ASME IX (2004), vide Fig. 4a. Deve-se observar que a região da solda irá se localizar aproximadamente na seção reduzida, centro, do corpo de prova. O ensaio de tração foi realizado na máquina universal de ensaios com identificação MEU-01, Fig. 4b.



fig. 4a. Corpos de prova preparados para ensaio de tração



fig.4b. Máquina universal de ensaios

3. RESULTADOS

A figura 5 mostra o aspecto do cordão de solda após a soldagem. O aspecto da raiz foi considerado adequado pela inspeção visual, não tendo sido observado descontinuidades como inclusões, trincas, poros e mordeduras ao longo do cordão de solda. Ainda, não foi observada adesão do material cerâmico no cordão de solda.

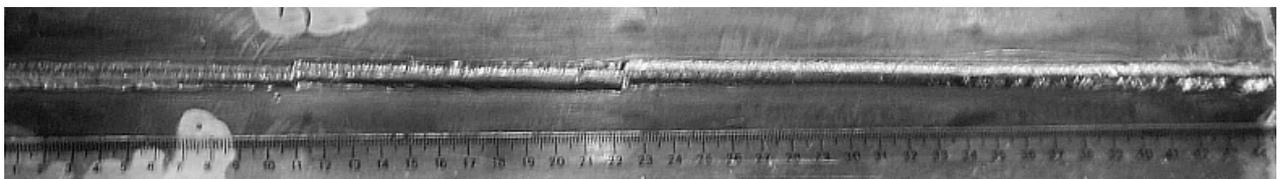


fig.5. Aspecto da raiz após soldagem e inspeção visual.

Após ensaio por líquido penetrante, Fig. 6, não foi observado nenhum tipo de descontinuidade superficial ao longo de toda a junta soldada utilizando suporte cerâmico de Cordierita, sendo assim considerada aprovada.

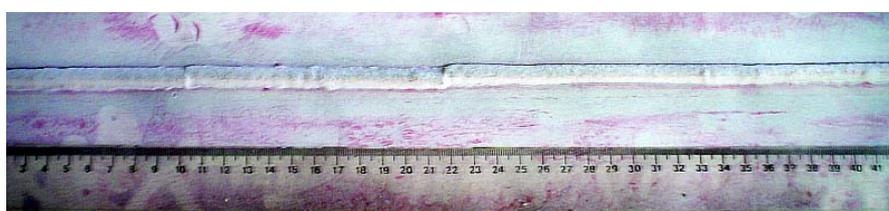


fig.6. Aspecto da raiz após soldagem e inspeção visual.

Na macrografia, Fig. 7 da seção transversal do cordão de solda utilizando o suporte de cordierita podem-se notar oito regiões distintas: as Regiões 1 a 7 mostram os cordões de solda depositados na soldagem da chapa de teste de aço A36, a região 7 a Zona termicamente Afetada e a região 8 o metal de base. Observa-se que houve penetração nas laterais do chanfro e reforço de solda apropriado na raiz e não foram observadas descontinuidades.

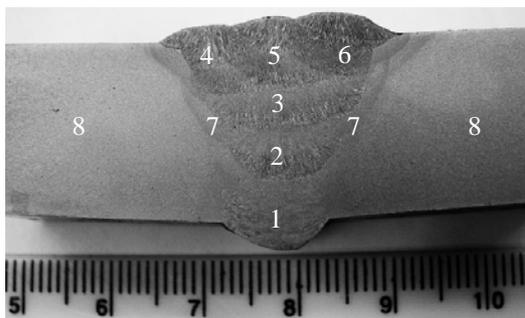


fig.7. Macrografia da seção transversal do cordão de solda

A figura 8a e 8b mostra a microestrutura da raiz soldado com suporte de cordierita com um aumento de 200X e 500X. Pode se observar quantidade significativa do microconstituente Ferrita Primária (PF) que na maior parte era de composto de sua sub-categoria Ferrita de contorno de grão (PF(G)) e com alguma incidência de Ferrita Poligonal Intragranular (PF(I)). A Ferrita com Segunda Fase Alinhada (FS) está presente em uma quantidade também significativa em proporção próxima da PF. Das sub-categorias da FS a Ferrita de Segunda Fase Alinhada (FS(A)) foi encontrado em maior quantidade que a Ferrita de Segunda Fase Não Alinhada (FS(NA)). A Ferrita Acicular (FC) aparece em quantidade bem menor comparando-se com os microconstituintes citados anteriormente. Nesta análise qualitativa não foi verificada a presença de Martensita (M) nem de agregado Ferrita-carbeto (AF). Estas estruturas são típicas de metal de solda de aços ferríticos.



fig.8a. Microestrutura da raiz com um aumento de 200X



fig.8b. Microestrutura da raiz com um aumento de 500X

A tabela 1 mostra os resultados de microdureza Vickers da junta soldada. Observa-se que o metal base tanto na parte inferior quanto na superior, apresentou valores de dureza entre 137 a 186 HV, compatível com o aço A-36 utilizado neste trabalho. A ZTA da parte inferior quanto na parte superior apresentou valores entre 140 a 186 HV, mostrando que o ciclo térmico da soldagem não produziu um endurecimento significativo nesta região. O metal de solda da parte inferior quanto da superior apresentou valores entre 138 a 184 HV, compatível ao metal de adição produzido com o arame ER70S-6 utilizado na soldagem Mig-Mag. Os resultados de microdureza Vickers mostram a ausência de pontos duros na junta soldada com a utilização do suporte cerâmico.

Tabela 1. Valores da microdureza HV100g da junta soldada

Região	Pontos	Microdureza Vickers (Kgf/mm ²)	Pontos	Microdureza Vickers (Kgf/mm ²)	Média de Microdureza e erro absoluto
Metal Base (superior)	1	173	16	173	152±20
	2	165	17	168	
	3	174	18	186	
Metal Base (Inferior)	1	166	16	137	152±20
	2	154	17	145	
	3	159	18	151	
ZTA (Superior)	4	140	13	185	173±33
	5	177	14	176	
	6	177	15	186	
ZTA (Inferior)	4	170	13	144	159±26
	5	165	14	154	
	6	175	15	145	
ZF (Superior)	7	180	10	168	178±11
	8	183	11	184	
	9	177	12	176	
ZF (Inferior)	7	142	10	146	144±12
	8	138	11	140	
	9	145	12	155	

Os resultados dos ensaios de tração apresentados na tabela 2. Comparando com os especificados para o aço, pode-se notar que a resistência a tração encontra-se dentro da faixa determinada para este tipo de aço.

Tabela 2 – Resultados do ensaio de tração

Corpos de prova	Resistência à Tração (MPa)	Local de Ruptura
CP-T1	432	Metal Base
CP-T2	437	Metal Base

Ao analisar os corpos de prova na figura 9, notou que estes romperam em regiões distantes da junta soldada. Este fato indica que o procedimento de soldagem adotado foi correto e que tanto a zona fundida quanto à zona termicamente afetada não pode ser considerada regiões menos resistentes na junta.

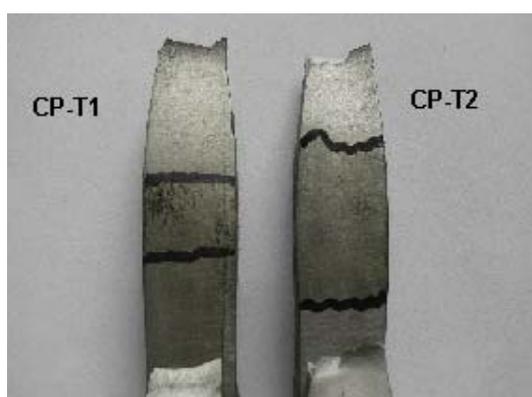


fig.9 Corpos de prova rompidos no metal de base

Os 4 corpos de prova, após dobramento, não apresentaram indicações maiores que 3,0 de acordo com a seção IX do Código ASME, sendo assim todos os corpos de prova foram aprovados, vide Fig. 10.



fig. 10. Corpos de prova após dobramento sem indicações acima de 3,0 mm

4. CONCLUSÃO

A avaliação da junta soldada com suporte cerâmico a base do mineral refratário cordierita as seguintes conclusões foram obtidas:

A utilização do suporte cerâmico à base de material refratário Cordierita foi adequada durante a soldagem no aspecto de resistência para suportar o metal de solda líquido e formato final do reforço da raiz com penetração nas laterais do chanfro e reforço de solda adequado.

A qualidade da raiz após ensaios de visual e líquido penetrante mostrou que esta região estava isenta de defeitos superficiais e indicando que não houve adesão de material cerâmico na raiz após soldagem.

Os constituintes microestruturais no metal de solda condizem com os observados em aços ferríticos.

Os resultados da microdureza do cordão de solda são compatíveis com as condições previstas de acordo com as técnicas de soldagem, mostrando a viabilidade do suporte cerâmico do material refratário cordierita para a soldagem unilateral.

Os ensaios mecânicos (dobramento e tração) comprovam a qualidade da junta soldada através de procedimento utilizando suporte de solda a base de cordierita.

5. REFERÊNCIAS

- ASME IX, Boiler and Pressure Vessel Code - Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers, and Welding and Brazing Operators, 2004.
- ASTM A5.18, Specification For Carbon Steel Electrodes And Rods For Gas Shielded Arc Welding, 1998.
- BRITO, J.D.; PARANHOS, R.P.R., Como determinar os custos da soldagem. – Campos dos Goytacazes – RJ, ParkGraf Editora, 74 p, 2005.
- MARQUES, P. V.; MODENESI, P. J. Introdução aos processos de Soldagem – Belo Horizonte – MG, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, 246 p, 2006.
- MARQUES, P. V.; MODENESI, P. J.; BRACARENSE, A. Q. Soldagem - Fundamentos e Tecnologia - Belo Horizonte – MG, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, 363 p, 2005.
- PARANHOS, R. P. R., SOUZA, A. C. Soldagem a Arco Submerso. - Rio de Janeiro – RJ, FIRJAN/SENAI, 87 p, 1999.
- PERDIGÃO, S. C. Instrução para Classificação dos Constituintes Microestruturais do Metal de Solda dos Aços Ferríticos, Utilizando-se Microscopia Ótica. ABS- Associação Brasileira de Soldagem, 1987.
- TATAGIBA, L.C.S., ALMEIDA, L.L.P., ROCHA, J.P., BASTOS, L.R., RIBEIRO, P.C., PARANHOS, R.P.R. Avaliação de Formulações para Suporte de Solda a Base de Materiais Cerâmicos. Anual do 63º Congresso da ABM. Santos-SP.TecArt, 3417-3425p.
- ZIEDAS, S.; TATINI, L. Soldagem -São Paulo- SP, SENAI, 553 p, 1997.

EVALUATION OF THE WELDED JOINT WITH CERAMIC BACKING THE BASIS OF REFRACTORY MINERALS CORDIERITA

Abstract: This work presents the evaluation of a weld ceramic backing whose main raw material is cordierita, a material refractory with high melting point. This evaluation was performed by one-side welding on a carbon steel plate A-36 with 15.8 mm of thickness by process MiG-Mag. After welding the welding joint has been subjected to tests of visual inspection, liquid penetrant, macrography, optical microscopy, Vickers micro hardness, bend test and tensile strength. The weld bead presented good finishing and exempt from discontinuities. Obtained penetration in the side of groove and weld reinforcement appropriate at the root. The microstructure weld metal had predominance of primary ferrite (PF), in their ways Grain Boundary Ferrite (PF(G)) and Intragranular Polygonal Ferrite (PF(I)), and Ferrite with Aligned Second Phase (FS(A)), typical of the weld metal in Carbon steel. The microhardness Vickers obtained acceptable values in weld metal. The mechanical tests indicate that the procedure for welding was adequate, because in the tension test of rupture occurred in the Metal Basis and testing of section has not submitted discontinuities higher than 3 mm. Concerning the ceramic backing, the results were satisfactory in relation to its integrity during the operation of welding. This work discusses the advantages of this ceramic backing with the industry metal manufacture by welding.

Key words: ceramic backing, one-side welding, cordierita