Comparação de junta soldada aço carbono e aço inoxidável 409 utilizando arame de solda tubular e sólido

Fábio dos Santos Silva[1, 2], Jose Castillo[2], Willy Ank de Morais[1, 3]

[1]Universidade Santa Cecília (UNISANTA), Santos-SP, Brasil

[2]WILLY ANK – Soluções para o setor Metal-Mecânicos, Santos-SP, Brasil

E-mail: fabiio@hotmail.com

Resumo: Os processos de soldagem são amplamente utilizados nas indústrias Metalúrgica, Mecânica, Construção Civil, Naval e outros. Dada à existência de diferentes consumíveis, as pesquisas, estudos e experimentos são de grande importância para a busca de inovações e vantagens operacionais com a ênfase em fatores tais como: tempo, custos e logísticos. Este estudo comparou a performance do arame solda tubular e sólido na união de tubos de aço inoxidável 409 com flanges de aço carbono. Os resultados dos testes de fadiga demonstraram os benefícios na utilização de arame tubular em relação ao tempo, qualidade e produtividade. Deste tipo de comparativo são extraídos dados e parâmetros que permitem a análise da viabilidade em termos de vantagens e limitações na alteração do processo de soldagem.

Palavras chaves: Soldagem, arame tubular, arame sólido, aço inoxidável e teste de fadiga.

Comparison of carbon steel and stainless steel welded joint using metal core and solid welding wire

Abstract: Welding processes are widely used in metallurgical, mechanical, civil, naval, and others industries. Due to the existence of different consumables, researches, studies and experiments are of great importance to identifying innovations and operational advantages with emphasis on factors such as: time, costs and logistical. This study compared the performance of metal cored and solid welding wire for jointing of 409 stainless steel tubes with plain carbon steel flanges. Fatigue test results demonstrated the benefits of using tubular wire in terms of time, quality and productivity. From this type of comparison are extracted data and parameters that permits a feasibility analysis in terms of advantages and limitations in changing the welding process.

Keywords: Welding, Tubular wire, solid wire, stainless steel and fatigue test.

Introdução:

Um processo de soldagem é considerado um método de união de elementos, peças ou materiais, que possui como objetivo básico a obtenção de uma junta que ofereça a melhor continuidade física, mecânica e química, o que é possível empregando-se um processo de soldagem e consumíveis adequados. Além disso, muitos processos de soldagem, ou variações destes, estão sendo empregados para a deposição de material sobre uma superfície, visando à

recuperação de peças desgastadas ou para a obtenção de revestimentos com características especiais [1].

A soldagem de diferentes materiais é mais complexa do que a soldagem entre materiais similares devido ás diferentes propriedades físicas, químicas e mecânicas apresentadas pelos metais envolvidos [2]. Essas diferenças também prejudicam a definição do material de adição que seja compatível com os diferentes materiais base e que possa gerar uma junta que melhor atenda ao objetivo básico da soldagem que é obter a continuidade das características na união.

Uma das formas mais representativas de avaliar uma junta dissimilar é pela execução de ensaios de fadiga [3]. A fadiga é um processo de degradação localizada, progressiva e permanente, que ocorre devido a variações de tensões e deformações. Uma das principais características da fadiga é a iniciação de danos e nucleação de trincas nas regiões onde localizam-se heterogeneidades estruturais ou mecânicas, tais como inclusões, imperfeições microestruturais ou entalhes mecânicos [4]. Devido a esta sensibilidade da fadiga com a heterogeneidade dos materiais, um ensaio de fadiga pode ser empregado como uma forma eficaz de comparar o desempenho e da qualidade da união por soldagem de materiais dissimilares.

Há um interesse crescente na soldagem de materiais dissimilares na indústria automobilística, já que neste setor há um grande incremento no uso de materiais variados, inclusive do aço inoxidável. Neste último caso, o aço inoxidável possui propriedades mecânicas adequadas para uso estrutural, uma excepcional resistência a corrosão e uma boa soldabilidade.

Apesar das vantagens no uso do aço inoxidável, a quantidade de informação a respeito das características de juntas dissimilares obtidas a partir destes aços ainda é limitada [3]. Por isso, o objetivo deste estudo foi justamente avaliar uma junta soldada dissimilar, com aço inoxidável, empregando como critério de comparação de desempenho, ensaios de fadiga.

Material e métodos:

Neste trabalho foram confeccionados 8 corpos de prova de fadiga a partir da soldagem de tubos de aço inoxidável ferríticos AISI 409 e flanges de aço baixo carbono AISI 1018 (equivalente ao SAE J403 1018). Esses materiais foram unidos através do processo de soldagem *GMAW* (*Gas Metal Arc Welding*), mais conhecida como soldagem *MIG*/*MAG* (*MIG – Metal Inert Gas*) e (*MAG – Metal Active Gas*). Os metais de adição aplicados foram o

arame sólido AISI 307Si e o arame tubular AISI 439Ti. A Tabela 1 apresenta a composição química nominal (média) dos materiais envolvidos.

Tabela 1. Composição química nominal dos metais empregados [5].

	%C	%Mn	%Si	%P	%S	%Cr	%Ni	%Mo	%Ti
AISI 1018	0,18	0,75	–	≤ 0,04	≤ 0,05	–	–	–	–
AISI 409	≤ 0,03	≤ 0,75	≤ 1,00	≤ 0,04	≤ 0,02	11,00	≤ 0,50	–	0,30
AISI 307Si	0,10	6,50	0,80	≤ 0,03	≤ 0,03	18,50	8,5	0,05	–
AISI 439Ti	0,02	0,70	0,55	0,010	0,010	17,90	–	–	0,80

Os corpos de prova foram produzidos a partir de tubos de aço inoxidável de 250 mm de comprimento, diâmetro de 45 mm e espessura de 1,2 mm. Os flanges de aço carbono apresentavam 10 mm de espessura e área de 127,4×127,8 mm, conforme ilustrado no desenho esquemático apresentado do Figura 1.

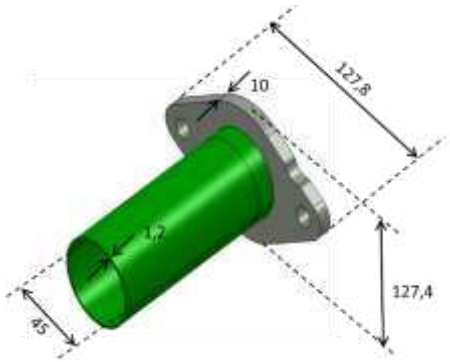


Figura 1. Desenho esquemático dos corpos de prova empregados neste estudo (dimensões em mm).

Para confecção das amostras de solda dissimilares entre aço carbono/aço inoxidável (AISI 1018/AIS 409), utilizou-se um equipamento de soldagem marca Fronius modelo Transpuls Synergic 5.000MV, empregado para execução de soldagem *GMAW*. A Tabela 2 apresenta os parâmetros de soldagem utilizados na obtenção dos corpos de prova, como já mostrados na Figura 1.

Tabela 2. Parâmetros de soldagem empregados neste estudo.

Metal de adição	Corrente, I (A)	Tensão, U (V)	Vazão Gás, v (l/min.)	Tipo de Gás	Composição do Gás	Diâmetro, D (mm)
AISI 307Si	220	23,7	12	AG12	98% Ar, 2% CO_2	1,0
AISI 439Ti	288	21,4	12	AG12	98% Ar, 2% CO_2	1,2

Já dos testes de fadiga foram realizados utilizando uma carga de 1.900 N de tração/compressão, em um carregamento tipo de Wöhler (σ_m=0; R=-1) [4] empregando-se uma frequência de 8Hz. Os ensaios foram executados em um equipamento de ensaios de fadiga, fabricado pela empresa MOOG, servo-atuador modelo G446-1024. A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos dos ensaios de Fadiga. Os ensaios apontaram uma maior longevidade da junta obtida com arame tubular (AISI 439Ti), em relação às juntas obtidas com arame sólido (AISI 307Si): 150 mil ciclos contra 72 mil ciclos, aproximadamente. Desta forma, a junta com arame tubular apresenta uma vida 2,07 maior.

Resultados

Outro resultado relevante foi o tempo para a execução da soldagem (t) empregando o arame tubular. Neste caso, o uso do consumível AISI 439Ti permite uma redução de aproximadamente 58% no tempo de execução da união, conforme os dados obtidos e apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados da Execução da Soldagem e dos Ensaios de Fadiga.

Consumível	CP	Tempo de soldagem, t(s)	Número de ciclos, N_f	Consumível	CP	Tempo de soldagem, t(s)	Número de ciclos, N_f
Sólido (AISI 307Si)	1	18	92.284	Tubular (AISI 439Ti)	1	8	148.031
	2	17	100.335		2	7	189.325
	3	18	42.883		3	8	112.621
	4	18	53.956		4	7	149.767
Média (desvio)		**17 (0,5)**	**72.365 (28.208)**	**Média (desvio)**		**7,5 (0,6)**	**149.936 (31.345)**

Discussão:

A tecnologia da soldagem vem evoluindo de forma que os processos e consumíveis estão se tornando cada vez mais adequados e produtivos. Neste aspecto, o arame tubular AISI 439Ti apresenta características metalúrgicas e processuais bastante vantajosas e bem reconhecidas na literatura [6]. O elemento titânio neste aço promove refino de grão, o que ajuda no ganho de tenacidade e especialmente na maior resistência à iniciação de trincas (iniciação) de fadiga [4]. Além disso, o uso do arame tubular evita os respingos na região da solda, que são ponto notórios de iniciação de trincas por fadiga, que leva ao material a apresentar menor vida em fadiga. Ademais, com a ausência do elemento níquel e manganês, em relação ao consumível sólido (vide Tabela 1), permite ao material entrar menos no campo austenítico, evitando a

formação de microestruturas indesejáveis durante o processo de soldagem, destacando-se para a possibilidade de geração de fases martensítica frágeis nos contornos de grão austeníticos remanescentes durante o resfriamento rápido da junta soldada. Apesar de observações metalográfica não terem sido destacadas neste trabalho, os expressivos resultados no desempenho em vida por fadiga, corroboram para tais considerações conhecidas da literatura.

Conclusões:

Após análise dos resultados obtidos no ensaio de fadiga, pode-se concluir que, a utilização do arame de solda tubular, AISI 439Ti, apresentou resultados superiores ao arame de solda sólido, AISI 307Si, considerando que a junta obtida com o arame tubular apresentou uma durabilidade de cerca do dobro da obtida com a junta com o arame sólido. Outro benefício apresentado pela utilização do arame tubular, foi a velocidade de operação, sendo de praticamente 60% superior em relação ao arame sólido.

No entanto, há necessidade de realização mais ensaios e considerações, pois o custo do consumível, dos equipamentos e da logística devem ser considerados de maneira global, juntamente com resultados experimentais de fadiga térmica e da corrosão.

Referências Bibliográficas

1. MARQUES, P.V.; MODENESI, P.J.; BRACARENSE, A.Q. Soldagem – Fundamentos e Tecnologia. 4ª Edição. Elsevier, Rio de Janeiro, 2016. 370p.
2. KHORRAMI, Mahmoud S.; MOSTAFAEI, Mohammad A.; POURALIAKBAR, Hesam; KOKABI, Amir H. Study on Microstructure and Mechanical characteristics of low-carbon steel and ferritic stainless steel joints. Revista Materials Science & Engineering. Iran: Elsevier 2014 p. 35 – 45. ISSN: 0921-5093.
3. CESAR NETO, BV. Comparação de junta soldada aço carbono/ aço inox utilizando como metal de adição aço carbono e aço inox. (2015). 67 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista, 2015. Site: http://hdl.handle.net/11449/124222 acesso: 12/09/2017.
4. RABBI, M.S.; Fadiga dos Metais. Módulo 4, Cap.2 p. 415-438. In: MORAIS, W.A.; MAGNABOSCO, A.S; NETTO, E.B.M.; Metalurgia física e mecânica aplicada. 2a Edição. São Paulo: ABM, 2009.
5. MATWEB – Material Property Data. 2015. Site: http://www.matweb.com acesso: 28 /09/2017.
6. GONÇALVES, G. F. Análise da sensitização de juntas soldadas em aço inoxidável ferrítico com solda de arame tubular monoestabilizado e biestabilizado ao nióbio e titânio.. 2016. Iniciação Científica. (Graduando em Engenharia Mecânica) - Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, 2016.