



A INFLUÊNCIA DAS VELOCIDADES DE VENTO NO CORDÃO DE SOLDA NO PROCESSO DE SOLDAGEM ARAME TUBULAR AUTO PROTEGIDO.

Autores : Cristiano José TURRA¹, Mario Wolfart JUNIOR²

Identificação autores:

- ¹ *Graduando, engenheiro mecânico, Bolsista de Iniciação Científica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense (IFC), Luzerna, Santa Catarina, Brasil.*
- ² *Doutor, Eng. de Minas, Metalúrgica e de Materiais PPGEM-UFRGS, Eng. Metalúrgico, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense (IFC), Luzerna, Santa Catarina, Brasil.*

Introdução.

A aplicação da soldagem em locais abertos é comum, pois devido ao porte, aplicação ou tipo de serviço, nem sempre é possível ser realizada em pátios industriais, onde os efeitos das intempéries podem ser controlados. O vento é uma condição na soldagem em campo e restringe o tipo de processo que tem melhor performance, já que alguns processos suportam velocidades de vento superiores a outros. Segundo estudos, as soldagens não devem ser realizadas sob ação de vento de velocidade superior à 0,3 m/s ($\approx 1,1$ km/h), pois podem causar ondulações na superfície e sensibilidade no arco, além de contaminação do depósito de solda [VILARINHO; LESSA], porosidades e perdas de propriedades mecânicas [FEMA; BONISZEWSKI; SOUZA]. Desta forma, o presente estudo teve como objetivo principal avaliar qual a velocidade máxima de vento suportada pelo processo arame tubular auto protegido (FCAW-S Self-Shielded Flux-Cored Arc Welding), através da soldagem de chapas para teste, simulando correntes de ar com diferentes velocidades.

2. Material e Métodos.

2.1. Preparação da Junta de Solda.

O tipo de Metal de Base (MB) escolhido é um aço ASTM A 36, de espessura 3/8" e comprimento de 200 mm. Na posição plana escolhida, foi usinado um chanfro de 60° (bisel de 30°), para que possa ser obtida a penetração total na junta. O tipo de consumível utilizado é o AWS E71T-11, de diâmetro 1,6 mm, e faz a proteção da poça fundida através da queima do fluxo interno.

2.2. Definição dos Parâmetros de Soldagem.

Os parâmetros de soldagem foram definidos através das recomendações especificadas pelo fabricante do consumível adquirido, da revisão bibliográfica, dos testes preliminares e das condições de soldagem. Os parâmetros escolhidos são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros de soldagem.

Velocidade da corrente de ar (m/s)	Corrente Raiz (média) (A)	Corrente Preenchimento (média) (A)	Tensão Raiz (V)	Tensão Preenchimento (V)	Polaridade	Temp. Ambiente (°C)	Velocidade de Soldagem (cm/min)
0 m/s	125	125	18	18,5	CC-	19	17
2 m/s	120	125	18	19	CC-	19	17
3,5 m/s	115	120	19	19	CC-	20	17
5 m/s	120	110	19	19	CC-	23	17

2.3. Soldagem das Chapas.

A limpeza superficial das chapas antes da soldagem foi realizada através do lixamento da superfície, de forma que eliminasse imperfeições como cantos vivos, poeiras, resíduos, óleos, oxidação e etc. As soldagens foram realizadas em local fechado, de forma semi automática, em dois passes, de modo que a corrente de ar gerada por um ventilador conectado a um inversor de frequência, era direcionada para a região de soldagem de forma perpendicular ao sentido de soldagem, e medida por um anemômetro digital.

2.4. Ensaio e Análises.

Para verificação da existência de defeitos ou imperfeições na superfície do cordão foi realizada análise visual, macrográfica e micrográfica, utilizando a norma ASTM E3.

O ensaio de líquido penetrante foi utilizado por ser um dos melhores métodos para identificar trincas, poros e demais defeitos na superfície de materiais soldados. Como referência para este ensaio foi utilizada a norma ASTM E 165.

A avaliação qualitativa da ductilidade do material, foi utilizado como referências principais as normas ASTM E 190 e ASTM E 290. O ensaio proposto foi o dobramento guiado do tipo dobramento transversal de face, no qual a dobra é transversal ao eixo da solda e os esforços de tração atuam na face da solda.

3. Resultados e discussão.

3.1. Análise Visual e Macrografia.

A inspeção visual qualitativa demonstrou que os cordões de solda, com o aumento da velocidade de vento, apresentam maior geração de respingos e pior acabamento superficial,

porém, não apresentam falta de penetração da junta, porosidades, rechupes, trincas, sobreposição ou falta de fusão. A Figura 1 mostra as macrografias da seção transversal do cordão de solda. É possível identificar a Zona Fundida (ZF), composta por metal de adição (MA) e metal de base (MB), e a Zona Termicamente Afetada (ZTA).



Figura 1 - Macrografia dos cordões realizados em diferentes velocidades de correntes de ar. Ataque Nital 7%.

3.2. Ensaio por Líquido Penetrante.

O ensaio de líquido penetrante indicou, assim como no estudo de [LESSA], a ausência de defeitos em todas as superfícies dos cordões realizados nas diferentes velocidades de corrente de ar. Ao longo do cordão de solda, em todos os casos, não foram visualizados defeitos indicados pelo líquido vermelho, que comprometessem a junta soldada. Porém, os cordões realizados sob ação de correntes de ar apresentam sobre o Metal de Base (MB), pontos vermelhos que indicam respingos provenientes da instabilidade do arco.

3.3. Ensaio de Dobramento.

Foi avaliado os esforços de tração da face do cordão de solda para um ângulo de dobramento de 180°. Na superfície convexa do corpo de prova soldado, não foi observado defeitos que condenem a solda em nenhum dos casos estudados (fissuras de comprimento maior que 3 mm). De forma geral, os cordões de solda, realizados com ou sem correntes de ar, mostraram ser dúcteis aos esforços de tração e compressão.

3.4. Análise Micrográfica.

A ZTA apresentou microestrutura na forma de ferrita primária (Figura 2), e com o aumento da velocidade de vento se torna mais refinada quando comparada com velocidades inferiores. Em comparação com o MB, os grãos apresentam menor tamanho.

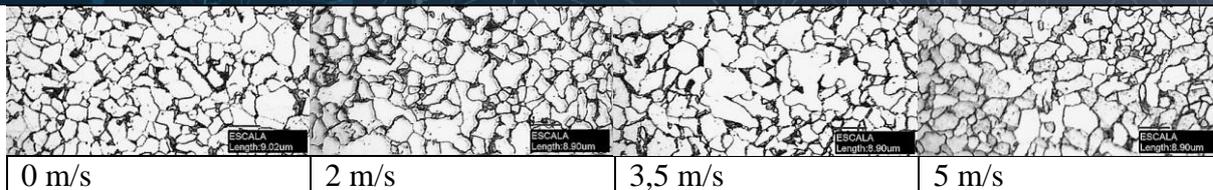


Figura 2 - Microestrutura da Zona Térmicamente Afetada em diferentes velocidades de vento. Apresenta basicamente FP. Aumento de 500X. Ataque Nital 2%.

O passe raiz dos cordões realizados em diferentes velocidades de corrente de ar, apresentaram microestrutura com mais grãos refinados com o aumento da velocidade de vento. O resfriamento mais rápido do metal aumenta a convecção e conseqüentemente impede o crescimento de grão. A Figura 3 mostra a microestrutura da ZF dos cordões realizados em diferentes velocidades de vento. Para esta região, como esperado, a microestrutura se apresenta na forma de ferrita acicular (FA), ferrita primária (FP), ferrita secundária alinhada (FSA).

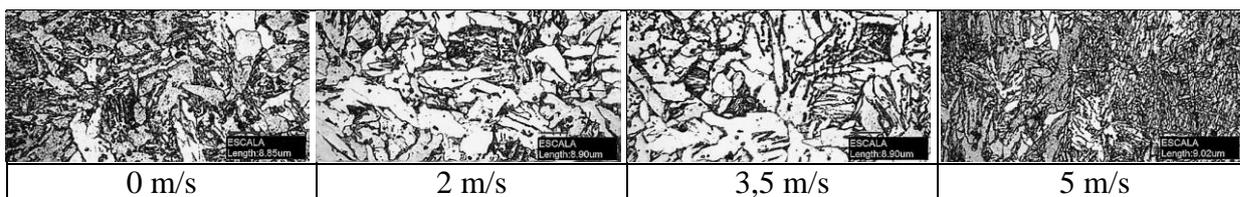


Figura 3- Microestrutura da Zona Fundida do passe preenchimento em diferentes velocidades de vento. Apresenta FP, FA e FSA. Aumento de 500X. Ataque Nital 2%.

De forma geral, a análise micrográfica não revelou a presença de discontinuidades ou defeitos no cordão de solda e grandes alterações na microestrutura, comprovando a resistência na proteção da poça fundida contra correntes de ar no processo de soldagem FCAW-S.

Conclusão.

Após a realização das soldagens e dos ensaios para avaliação do cordão de solda, conclui-se que:

- O processo FCAW-S quando realizado em condições normais (na ausência de correntes de ar), apresenta um cordão com melhor acabamento superficial e aparentemente menor quantidade de respingos quando comparado com cordões realizados sob efeitos de vento.
- O aumento da velocidade da corrente de ar provoca maior instabilidade no arco, a qual interfere na geração de respingos, bem como no acabamento superficial do cordão. Apesar disso, os ensaios de líquido penetrante, dobramento e macrografia não indicaram a presença



de defeitos que pudessem levar à condenação da junta soldada, segundo os critérios das normas utilizadas para avaliação.

- O processo FCAW-S, utilizando o consumível AWS E71T-11, pode ser utilizado na soldagem em regiões de correntes de ar de até 5 m/s na posição de soldagem plana, sendo que as correntes de ar modificam, porém, não comprometem as propriedades mecânicas e metalúrgicas da solda, visto que a maior consequência está relacionada ao acabamento superficial.

- Para o processo FCAW-S, neste estudo, os cordões não apresentam descontinuidades e grandes alterações na microestrutura em relação a velocidades de vento. Somente há alterações microestruturais ocasionadas por passes subsequentes (neste estudo especialmente, pelo segundo passe), como por exemplo o refino de grão no passe raiz;

Referências

1. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM E 165: Standard Test Method for Liquid Penetrant Examination. EUA. 2002. 20 p.
2. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM E 3: Standard Practice for Preparation of Metallographic Specimens. EUA. 1995. 8 p.
3. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. ASTM A 36: Standard Specification for Carbon Structural Steel. United States, 2012. 3 p.
4. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. ASTM E 190: Standard Test Method for Guided Bend Test for Ductility of Welds. United States, 2003. 2 p.
5. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. ASTM E 290: Standard Test Methods for Bend Testing of Material for Ductility. United States, 1997. 7 p.
6. AMERICAN WELDING SOCIETY. AWS A5.29: Specification For Low-alloy Steel Electrodes For Flux Cored Arc Welding. United States, 1996. 62 p.
7. BONISZEWSKI, T. Self-Shielded Arc Welding. Abington Publishing. Cambridge, England. 1992.
8. FEMA-355B, State of the Art Report on Welding and Inspection, SAC Joint Venture, Federal Emergency Management Agency, 2000.
9. LESSA, R. M. de A. Efeito do ventos sobre as propriedades mecânicas do Aço A-36: 2010. 98p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010. 98p.



10. SOUZA, D.; ARAÚJO, D. B. Estudo Exploratório sobre a Resistência da Soldagem as Correntes de Ar (Ventos) Utilizando os Processos de Soldagem Eletrodo Revestido (SMAW), Eletrodo Tubular (FCAW) e Eletrodo Tubular Auto protegido (FCAW-S). In: CONGRESSO NACIONAL DE SOLDAGEM, 39°, 2013, Curitiba, Associação Brasileira de Soldagem, 2013. 12p.
11. VILARINHO, L.O. Medição, Controle e Armazenamento. Notas de Aula, Curso de Especialização em Engenharia da Soldagem, Universidade Federal de Uberlândia, 2013, 88p.