

ADEQUAÇÃO DO PROCESSO DE SOLDAGEM MIG/MAG COM ADIÇÃO DE ARAME FRIO NA QUALIDADE DO REVESTIMENTO COM AÇO INOXIDÁVEL AUSTENÍTICO SOBRE UM AÇO AO CARBONO COMERCIAL

Fabio Gonçalves da Silva; Eduardo de Magalhães Braga; Valtair Antônio Ferraresi.

Uma forma de aumentar a vida útil e proteger determinadas superfícies/equipamentos é pela aplicação de um revestimento com materiais mais resistentes ao meio de trabalho que estão expostos, em muitos casos, por exemplo, pela utilização de um aço inoxidável sobre um aço ao carbono estrutural. No processo de revestimento, algumas características particulares são desejadas, tais como: penetração relativamente pequena, reforço e largura do cordão os maiores possíveis, diminuição do número de cordões a serem aplicados (Correa, 2000, *in* Cruz, 2010). Além dessas, em particular, o não surgimento de defeitos/descontinuidades no chamado entre-passes dos cordões de revestimento e o valor mínimo do ângulo de molhabilidade se apresentam como fatores irrelevantes na qualificação do processo.

Segundo Fratari (2010), os fatores que podem influenciar as características de um cordão no revestimento, são variáveis correlacionadas de forma dependente com o processo (corrente, gás de proteção, diâmetro do eletrodo, comprimento do arco, distância tocha-peça, posição de soldagem, velocidade de soldagem, taxas de deposição e de fusão, etc.). Ainda completa, que na aplicação de revestimento ou oscilação, a fonte de calor tem ação preponderante sobre o revestimento. Sendo o revestimento caracterizado por parâmetros de regulagem, e os principais são a frequência e amplitude de oscilação e os tempos de parada central e lateral.

Cruz (2010) e Garcia (2010), em seus trabalhos sobre revestimentos, observaram que a aplicação do processo de soldagem MIG/MAG com a técnica da adição de um arame não energizado na atmosfera do arco, MIG/MAG com adição de arame frio, se apresentou como uma alternativa técnica e metalúrgica. Neste segmento, o objetivo deste trabalho é avaliar o efeito da sobreposição nos entre-passes e da molhabilidade, na qualidade dos cordões depositados pela técnica de soldagem citada.

Este trabalho tem por base os parâmetros de soldagem encontrados na literatura e em pesquisas pelo grupo LAPROSOLDA (Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Processos de Soldagem) realizadas por Cruz (2010). Na adequação dos parâmetros de soldagem, foram necessárias a realização de ajustes das variáveis durante a realização dos ensaios de referência, como por exemplo, a alteração do tipo de oscilação, passando de pendular para planar com velocidade constante mantendo as melhores condições de frequência, amplitude e ângulo de avanço da tocha, sendo necessário a determinação do ângulo de trabalho para manter a mesma qualidade dos cordões depositados, ver Fig. 1-C, e outros metais de adição foram utilizados, dois tipos de arames, sendo das classes AWS ER309LSi e AWS ER 309L nos diâmetros de 1,2 mm, esses materiais apresentam baixo carbono, representado pelo sufixo “L”, e maior teor de silício, “Si”, este melhora a fluidez da poça de fusão. Foi mantida a proteção gasosa pela mistura Ar-2%O₂, a qual segundo Scotti e Ponomarev (2008) melhora as características de regularidade do arco com redução no nível de salpicos quando utilizado o arame de aço inoxidável nesse diâmetro.

O substrato utilizado foi um aço ao carbono comercial de classificação AISI/ANBT 1020, com dimensões de 250 mm de comprimento, 65 mm de largura e espessura de 12,7 mm. Os arames tanto o eletrodo como o arame não energizado foram os aços inoxidáveis austeníticos. A fonte de soldagem foi uma *Digitec 300*, multiprocessos, trabalhando no modo característica estática de tensão constante. Um cabeçote auxiliar com um injetor de arame foi utilizado para alimentar o arame não energizado, inserido na atmosfera do arco entre o metal de base e o arame eletrodo. Para a movimentação do sistema tocha-injetor, utilizou-se um robô antropomorfo industrial de coordenadas XYZ.

Na Tabela 1 é apresentado os parâmetros de entrada, os quais foram obtidos a partir dos testes preliminares de adequação, sendo as variáveis de influência a DBCP (distância bico-peça)

em 14 e 16 mm, tensão em 22 e 24V, a influência do distanciamento da amplitude de oscilação em três níveis, 1, 0 e -1 mm na sobreposição dos cordões, conforme a Fig. 1-C, com exceção do passe de ancoramento, na relação de velocidades de alimentação de arames eletrodo:frio em 3:1.

Tabela 1: Parâmetros fixos dos experimentos de soldagem.

PARAMETRO/TIPO	NÍVEL/UNIDADE
Posição de soldagem	Plana
Velocidade de soldagem	30 cm/min
Velocidade de alimentação do eletrodo	6 m/min
Eletrodo	CCEP
Metais de Adição	AWS ER309LSi e ER309L
Metal de Base	Aço ABNT 1020
Gás de proteção – (vazão)	Ar-2%O ₂ – (14 l/min)
Ângulo de avanço da tocha	15° (empurrando) – Fig. 1-A
Ângulo de Trabalho	10° - Fig. 1-C
Oscilação da tocha	Tecimento simples
Frequência de oscilação	1,5 Hz
Amplitude de oscilação	10 mm

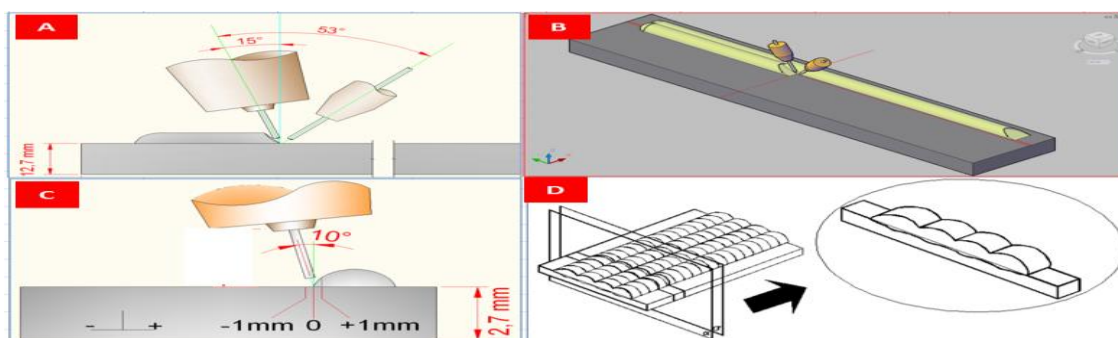


Figura 1. Representações esquemática da aplicação da soldagem e retirada de amostra: A) vista lateral; B) vista em perfil; C) vista frontal com detalhe do ângulo de trabalho e distanciamento e D) retirada de amostra.

A simulação do revestimento foi proposta com base no depósito de cordões sobre chapa, na posição plana pelo processo de soldagem MIG/MAG com a técnica de adição de arame frio, com os arames AWS ER309LSi como eletrodo e ER309L como arame não energizado, nas velocidades de alimentação de 6 m/min e 2 m/min, respectivamente. Através de um planejamento experimental de 2².3, dois níveis de duas variáveis e três níveis em uma variável, resultando em 12 testes, que foram analisados quanto a influência do distanciamento, tensão e DBCP sobre a qualidade da morfologia dos cordões de revestimento.

Após a realização das soldagens, retirou-se uma seção transversal da cada ensaio, Fig. 1-D, estas amostras foram retiradas de uma distância de 50 mm a partir do final dos cordões. Lixadas até a lixa de granulometria #1200 mesh e atacadas com reagente *Villela*, até a revelação das áreas de interesse. As características geométricas e macrografias do depósito foram medidas com o auxílio de um sistema da aquisição de imagens e tratadas através de um software comercial.

Pela análise da macrografia das amostras, foi possível observar que em todas houve o surgimento de falta de fusão, esta descontinuidade foi localizada no entrecapado dos cordões. No entanto, esse ocorrido, foi menos evidente quando se aumentou o distanciamento da tocha de soldagem em -1mm. Uma forma de qualificar o processo foi pela quantificação de defeitos encontrados nos entre-passes, com exceção dos entrecapado do 1º cordão de trabalho com o ancoramento. Nas imagens da Figuras 2 são mostrados os resultados mais representativos com menos quantidade de falta de fusão, essas amostras representam os parâmetros de tensão de trabalho e maior DBCP (16 mm) para os distanciamentos de 1, 0 e -1 mm, respectivamente.

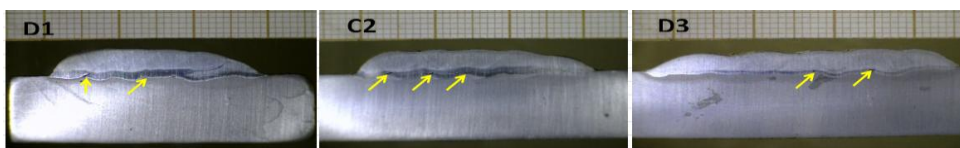


Figura 2. Amostras representativas das DBCP de 16 mm aos distanciamentos de 1, 0 e -1 mm, respectivamente.

O ângulo de molhabilidade tem influência significativa na qualidade do revestimento e está em função do efeito da sobreposição dos cordões. Como observado no gráfico da Fig. 3 do comportamento da molhabilidade em função do distanciamento sobre os parâmetros impostos, a medida que ocorreu o afastamento da tocha de soldagem da margem do cordão formado, verificou uma redução do ângulo, medido no último cordão, isto provocado pelo menor efeito da sobreposição dos cordões, sendo que em +1 mm, com sobreposição de 60%, formou ângulos de 60 a 85°, em 0 mm a sobreposição ficou em 50% e os ângulos em 40 a 55°, enquanto que em -1 mm de 40%, os ângulo ficaram entre 30 e 40°.

Na análise de qualificação, podemos considerar os menores valores como os melhores resultados com menos quantidade de defeitos.

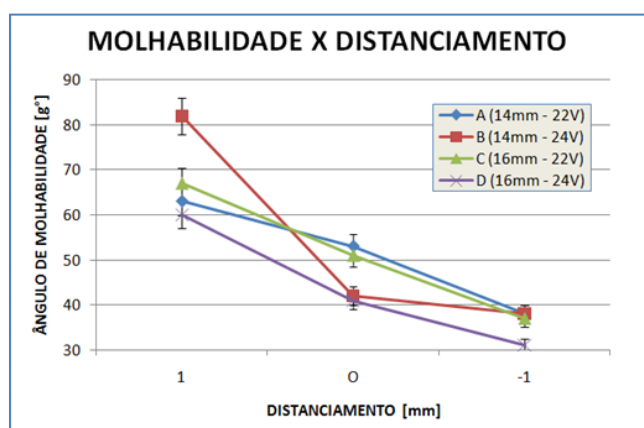


Figura 3. Gráfico representativo aos ângulos de molhabilidade sob influencia do distanciamento.

Devido a maior área de revestida do metal de base com o metal de adição, as variações de tensão e DBCP apresentaram valores pouco expressivo aos mesmos níveis de distanciamento, com maior notabilidade em diferentes afastamentos. Foram propostos novos ajustes dos parâmetros como forma de melhorar a molhabilidade (fluidez) da poça de fusão, na intenção de diminuindo a tensão superficial do metal fundido, devido não ser observadas melhorias significativas que indica-se uma solução para eliminar o defeito no entrepasse. Diante desses fatos, o resultado que apresentou melhor qualidade foi o item D, com distanciamento de -1 mm, DBCP de 16 mm e tensão de 24 V.

Os melhores resultados dessas análises foram reproduzidos com os arames AWS ER309LSi com variações na alimentação de arame não energizado, de mesma especificação, nas relações de alimentação em três níveis: 6/2; 6/1,8 e 6/1,6 m/min. Após a aplicação do revestimento a cada teste, foi iniciado o processo de lixamento, ataque químico e tratamento das imagens conforme indicado anteriormente.

Pela caracterização macrografica foram observados que a descontinuidade se manteve presente somente no entrepasse com o ancoramento, presente na Fig.4, entretanto, verificamos que os ensaios se mostraram de qualidade satisfatória em todas as variações de velocidade de alimentação de arame não energizado, apresentando ainda valores do ângulo de molhabilidade inferior a 30°.

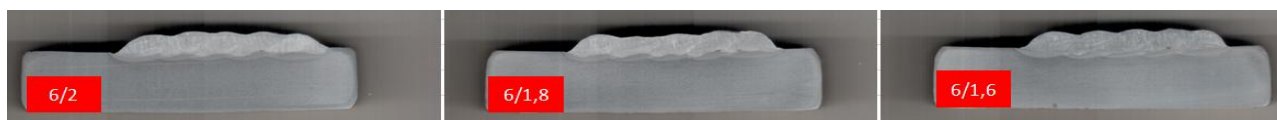


Figura 4. Imagens das amostras nas três relações de velocidade de alimentação Vae/Vaf: 6/2; 6/1,8 e 6/1,6.

REFERÊNCIAS

- CRUZ, L. P. S. Jr; BRAGA, E. M.; FERRARESI, V. A.; *et al.* **Influência da Variação do Tecimento, Ângulo de Ataque e Velocidade de Alimentação sobre a Geometria de Cordões de Revestimento pelo Processo MIG-DWOA**, 6ºCOBEF, Caxias do Sul, RS, 2011.
- GARCÍA, D. B. C.; FERRARESI, V. A. **Influência da Técnica de Soldagem e do Tipo de Metal de Adição na Resistência ao Desgaste de Revestimento Duro**. 20º POSMEC, Universidade Federal de Uberlândia, 2010.
- FRATARI, R. Q.; SCHVARTZMAN, M.; SCOTTI, A. **Otimização Dos Parâmetros de Tecimento para Confeção de Amanteigamento de Chapas de Aço pelo Processo TIG com Arame AWS ER 309L**, Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, Belo Horizonte, 2009.
- SCOTTI, A.; PONOMAREV, V.; **Soldagem MIG/MAG: melhor entendimento, melhor desempenho**, São Paulo: Artliber Editora, 2008.