Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
06 a 10 de Novembro de 2022 | Águas de Lindóia – SP – Brasil

ESTUDO SISTEMÁTICO PARA A DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS DA TÉCNICA SWITCHBACK PARA A SOLDAGEM DE REVESTIMENTOS NA POSIÇÃO HORIZONTAL ATRAVÉS DO PROCESSO MIG/MAG, USANDO A LIGA DE NÍQUEL AWS ER NiCrMo-3

Felipe W. da S. Marques[1*] e Marcelo F. Motta[1]

1 – Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Materiais, Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Bloco 729, 60440-554, Fortaleza, Brasil.
felipe.wendrio@alu.ufc.br

RESUMO

O uso de revestimentos por soldagem encontra ampla aplicabilidade devido às características que são atribuídas a um determinado material. Uma das técnicas que podem ser aplicadas para esse fim é o uso da oscilação longitudinal da tocha de soldagem, chamada switchback, por conta das características geométricas e microestruturais que podem ser obtidas, inclusive além da posição plana. Nesse sentido, os objetivos do trabalho consistem em realizar cordões de solda em simples deposição através da técnica switchback por meio do processo de soldagem MIG/MAG com a liga de níquel AWS ER NiCrMo-3, na posição horizontal, com a finalidade de obter um parâmetro adequado para a produção de revestimentos e avaliar os aspectos superficiais e geométricos dos passes para a tomada de decisão. De acordo com os resultados, para produzir um revestimento com as melhores características dentre os parâmetros explorados no estudo, recomenda-se a utilização de uma amplitude de 2 mm, frequência de 1,0 Hz e velocidade de soldagem de 25 cm/min.

Palavras-chave: *Revestimentos, MIG/MAG, Posição Horizontal, Switchback.*

INTRODUÇÃO

Revestimentos por soldagem são procedimentos técnicos que possuem um vasto campo de aplicação por proporcionar a um determinado material de base características que não são intrínsecas a ele. Dentre estes atributos, destacam-se as resistências mecânica e à corrosão. Para isso são utilizados, em geral, consumíveis (arame, varetas) de ligas à base de níquel.
Para a realização dos cordões de solda existem uma série de metodologias e técnicas que podem ser aplicadas a um determinado processo de soldagem. No caso do deslocamento da tocha em soldagem automatizada tem-se, por exemplo, um tipo de oscilação denominado *switchback*. O método consiste na movimentação longitudinal da tocha, no mesmo sentido de soldagem, em ciclos de avanço e reversão executados com uma determinada amplitude e frequência. Um desenho esquemático da técnica pode ser visto na Figura 1.

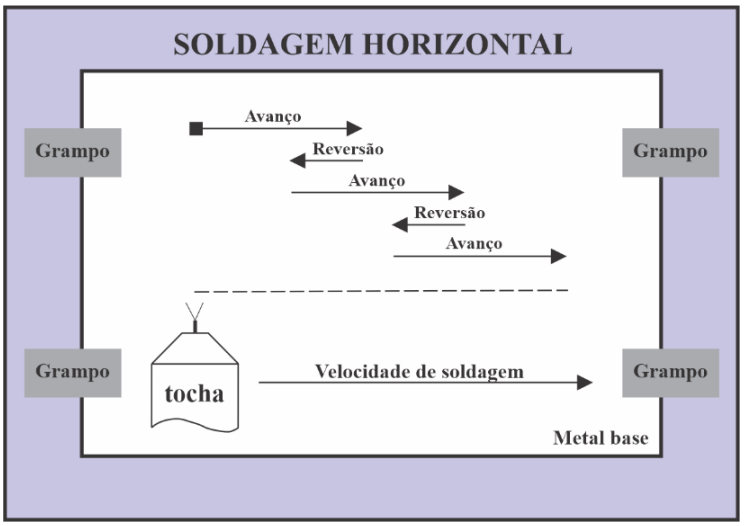

Figura 1: Desenho esquemático da técnica switchback.

Segundo consta na literatura[1,2,3,4,5], a técnica *switchback* possui duas características importantes em termos de resultados experimentais: possibilitar o uso de velocidades de soldagem mais elevadas sem acarretar irregularidades superficiais e geométricas nos cordões, além de um melhor controle da poça de fusão.

Considerando a primeira característica, estudos mostraram[1] a possibilidade de aumento na velocidade de soldagem em 71% considerando a soldagem de união de chapas de aço carbono na forma de juntas sobrepostas com uma folga de 1 mm utilizando a técnica *switchback* no processo MIG/MAG em comparação com o mesmo procedimento sem o uso da técnica. Já para a segunda característica, resultados publicados demonstraram as vantagens do uso do *switchback* para soldagem de chapas finas e na realização de passes de raiz por conta do menor tamanho da poça de fusão[3,5].

Além da soldagem de juntas, pesquisas aplicadas em soldas em simples deposição similares[1] e dissimilares[2,4] com o uso da técnica apontaram para melhorias em termos de propriedades mecânicas e obtenção de grãos mais refinados na ZACGG[4], assim como mostraram a influência do comprimento de reversão e do ângulo da tocha sobre a estrutura de solidificação do metal de solda[1].

Como já apontado por Almeida[1], o uso da oscilação *switchback* possui potencial para aplicação na soldagem fora da posição plana. No caso do uso de revestimentos de equipamentos, onde uma série destes mecanismos possuem estrutura e *design* que dificultam ou mesmo impossibilitam a soldagem destes na posição plana, é fundamental a exploração de parâmetros e técnicas adequadas para soldagem fora de posição visando garantir produtividade e proporcionar características como maior resistência e melhor qualidade.

Assim, este trabalho visa a exploração de parâmetros da técnica *switchback* na posição horizontal com o objetivo de se produzir revestimentos por soldagem utilizando uma bancada automatizada.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização dos experimentos foi utilizada uma bancada de soldagem automática que permitisse a deposição dos passes na posição horizontal, como pode ser visto na Figura 2. O processo de soldagem empregado foi o MIG/MAG com o modo de transferência metálica do tipo curto-circuito controlado (CCC) disponível na fonte de soldagem multiprocesso IMC *Digiplus*. Os consumíveis utilizados foram o arame AWS ER NiCrMo-3 (diâmetro do eletrodo = 1,0 mm e distância bico de contato-peça = 18 mm), gás de proteção argônio puro (vazão = 18

L/min) e o metal base ASTM A36 (dimensões = 185 mm x 36 mm x 12,7 mm). Além disso, foi utilizado um computador portátil para captação dos dados de corrente e tensão de soldagem.

Figura 2: Bancada de soldagem empregada nos experimentos.

Foram realizados cordões de solda em simples deposição através da técnica de oscilação da tocha *switchback* e a metodologia experimental para a soldagem dos passes baseou-se no planejamento e implementação de um fatorial completo com os seguintes fatores de controle: amplitude de oscilação, frequência e velocidade de soldagem. Cada fator variou em três níveis, como pode ser visto na Tabela 1. Ao todo foram realizados 27 ensaios. O ângulo de inclinação da tocha foi de 35°.

Tabela 1: Fatores de controle do experimento e seus respectivos níveis.

Amplitude de oscilação (mm)	Frequência (Hz)	Velocidade de soldagem (cm/min)
2	0,5	20
6	1,0	25
10	1,5	30

Após a soldagem dos cordões e a realização da limpeza dos passes com escova de aço rotativa, estes foram observados e fotografados para posterior análise qualitativa dos aspectos superficiais dos passes (regularidade, presença de defeitos ou descontinuidades). Foram atribuídas notas para cada um dos ensaios de modo a permitir uma análise estatística dos dados (ANOVA). Esta primeira etapa foi considerada como primeiro ponto prioritário no processo de decisão. Em seguida, foram retiradas duas amostras de cada ensaio através de corte com serra fita para preparação metalográfica (Figura 3) e posterior análise das seções transversais dos cordões para medição de características geométricas (largura, reforço, penetração e diluição).

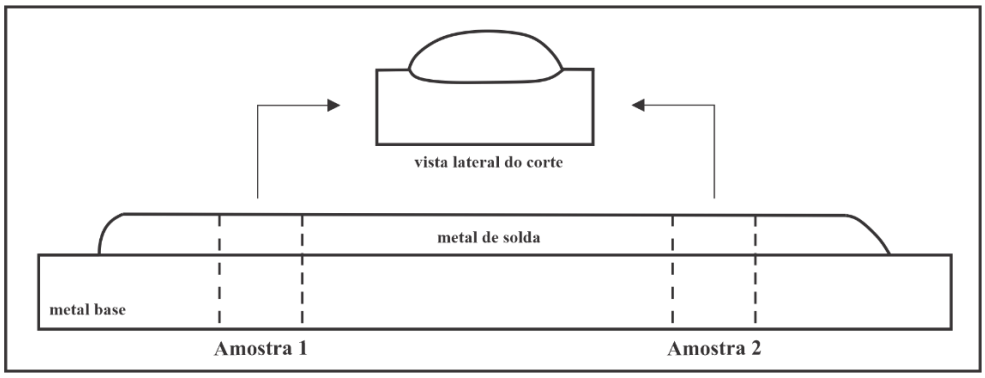

Figura 3: Representação do corte das amostras.

As amostras cortadas foram lixadas em uma politriz usando as seguintes granulometrias: 80, 120, 220, 320, 400, 600 e 1200 *mesh*. Após este procedimento, as peças foram polidas usando uma pasta de diamante de 3 μm. Na sequência, elas foram atacadas usando o reagente Nital 2% por 20 segundos. Por fim, as imagens de cada amostra do fatorial completo foram tiradas através de um estereomicroscópio para a medição da geometria.
Os dados geométricos de cada um dos cordões foram tratados através de um *software* estatístico para realização de uma análise de variância (ANOVA) de modo a se obter o grau de relevância que cada um dos níveis dos fatores de controle presentes na Tabela 1 possuem sobre a técnica *switchback* visando a soldagem de revestimentos. É sabido que os revestimentos devem possuir baixos níveis de diluição para que não haja uma mistura significativa entre o metal base e o metal adicionado e que não ocorram prejuízos nos seus desempenhos por conta da contaminação com ferro. A diluição foi considerada como segundo ponto prioritário no processo de tomada de decisão e com maior grau de relevância. Utilizou-se a seguinte nomenclatura: diluição baixa, para valores maiores ou iguais a 1% (condição aprovada) e diluição muito baixa, para valores menores que 1% (condição reprovada). Os demais fatores geométricos (largura, reforço e penetração), embora sejam mostrados graficamente no próximo item, não serão foco de discussão neste trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desempenho da soldagem de alguns dos parâmetros de deslocamento da técnica *switchback,* de acordo com o fatorial completo executado, está mostrado na Figura 4. É possível detectar de antemão pelos passes apresentados abaixo que menores níveis de amplitude de oscilação e de velocidade de soldagem e maiores níveis de frequência apresentaram os melhores resultados.

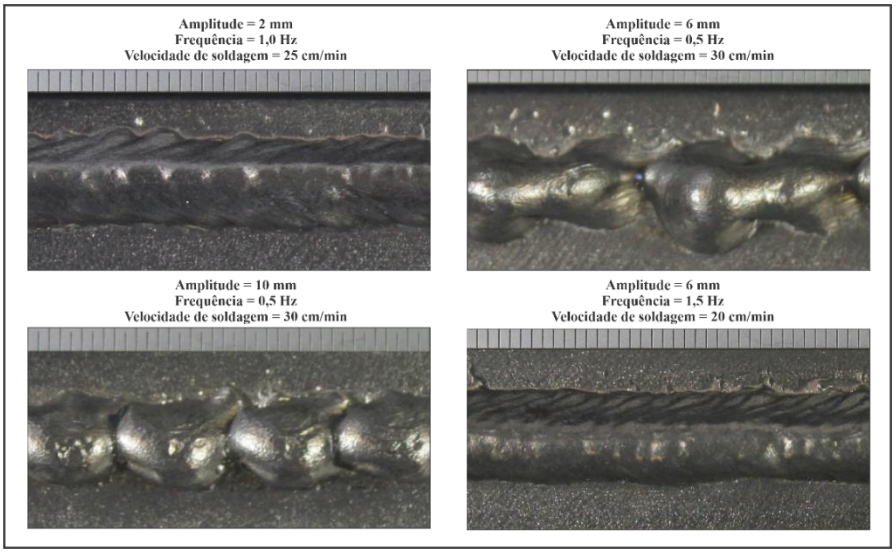

Figura 4: Exemplos de cordões de solda efetuados durante a realização do fatorial completo.

Uma análise mais aprofundada a respeito do impacto da variação da amplitude, frequência e velocidade de soldagem no aspecto superficial dos passes de acordo com os 27 ensaios realizados pode ser visto na Figura 5. A partir da imagem abaixo é possível determinar que o menor valor de amplitude de oscilação (2 mm) avaliado no estudo apresentou a melhor qualidade superficial dos passes. Para a frequência, a tendência foi a de que o valor de 1,5 Hz apresentasse os melhores resultados neste mesmo quesito. No entanto, uma boa avaliação foi observada também para oscilações de 1,0 Hz. Já quando se observa o impacto da velocidade de

soldagem no resultado qualitativo dos cordões, o valor de 20 cm/min mostrou uma tendência de melhor performance.

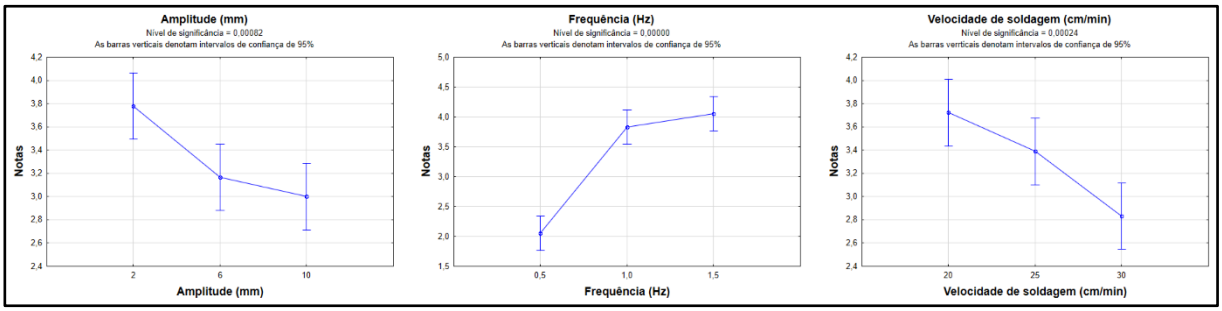

Figura 5: Resultado estatístico do efeito dos fatores de controle no aspecto superficial dos cordões

No quesito geometria, os resultados das medições realizadas nas seções transversais dos cordões podem ser vistos na Figura 6. Embora largura, reforço e penetração tenham sido mostrados graficamente neste trabalho, a diluição foi considerada como ponto prioritário.

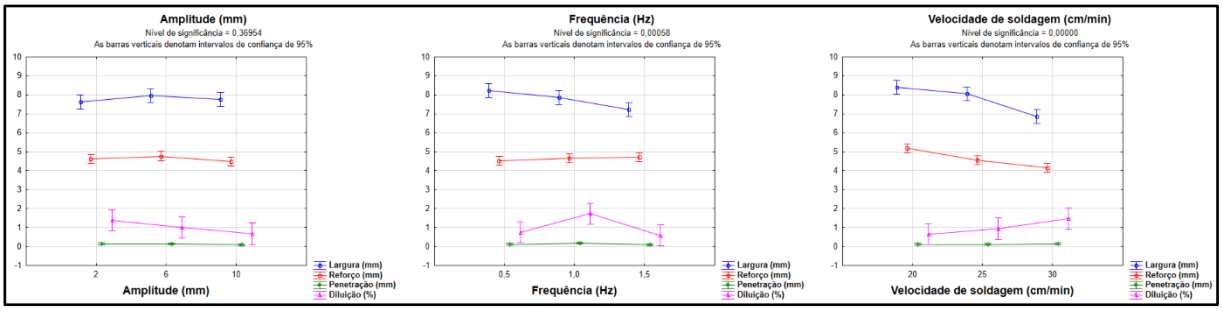

Figura 6: Resultado estatístico do efeito dos fatores de controle na geometria dos passes

De acordo com os gráficos obtidos por meio de ANOVA, foi possível observar que em termos de amplitude de oscilação, àquela de 2 mm apresentou uma tendência de contemplar a condição de diluição aprovada (diluição baixa). No quesito frequência, o nível que se encaixou na condição de diluição baixa foi a de 1,0 Hz. Quanto à velocidade de soldagem, o valor de 30 cm/min apresentou a melhor tendência de se encaixar na condição de diluição baixa.
Para a definição dos níveis dos três fatores de controle selecionados como àqueles a serem aplicados na soldagem de revestimentos com *switchback*, definiu-se a amplitude de 2 mm como a que apresentou resultados promissores tanto no quesito aspecto superficial como em termos de diluição. Para a frequência, optou-se pela escolha da frequência de 1 Hz por mostrar o melhor resultado no aspecto diluição e estatisticamente estar dentro da margem de uma boa condição no aspecto superficial dos passes. Para o caso da velocidade de soldagem, embora o valor de 30 cm/min tenha mostrado maior diluição, este apresentou o pior aspecto superficial. Nesse sentido, escolheu-se um valor intermediário, no caso 25 cm/min, como um valor adequado de velocidade de soldagem para a aplicação proposta, contemplando os dois pontos prioritários de tomada de decisão.

CONCLUSÕES

Para se obter cordões de solda na posição horizontal utilizando o modo de transferência metálica do tipo curto-circuito controlado por meio do processo MIG/MAG com qualidade superficial e geométrica, além de níveis adequados de diluição, recomenda-se, dentre os parâmetros da técnica *switchback* estudados neste trabalho, uma amplitude de oscilação de 2 mm, frequência de 1,0 Hz e velocidade de soldagem de 25 cm/min.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Além disso, os autores deste trabalho agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Materiais da UFC e ao Laboratório de Pesquisa e Tecnologia em Soldagem (LPTS) da UFC.

REFERÊNCIAS

1. ALMEIDA, H. A. L. Avaliação de potencialidades da soldagem MIG/MAG automatizada utilizando a técnica *switchback*. 2018, 196p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia.
2. GIL, M. R. Soldas dissimilares de uma superliga de níquel depositadas pelo processo GMAW com switchback. 2019, 182p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará (UFPA), Pará.
3. KANEKO, Y.; YAMANE, S.; OSHIMA, K. Numerical simulation of MIG weld pool in switchback welding. Welding in the world, v. 53, n. 11/12, 2009.
4. TEIXEIRA, F. R. Explorando a potencialidade do processo GMAW switch back para revestimento de um aço BLAR com liga de níquel. 2018, 145p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará (UFPA), Pará.
5. YAMANE S., YAMAMOTO, H., ISHIHARA, T., KUBOTA, T., EGUCHI, K., OSHIMA, K. Adaptative control of back bead in V groove welding without backing plate. Science and Technology of Welding and Joining, v. 9, n. 2, 2004.

SYSTEMATIC STUDY FOR THE DETERMINATION OF SWITCHBACK TECHNIQUE PARAMETERS FOR WELDING COATINGS IN THE HORIZONTAL POSITION THROUGH THE MIG/MAG PROCESS, USING THE NICKEL ALLOY AWS ER NiCrMo-3

ABSTRACT

The use of weld coatings finds wide applicability due to the characteristics that are attributed to a particular material. One of the techniques that can be applied for this purpose is the use of longitudinal oscillation of the welding torch, called switchback, due to the geometric and microstructural characteristics that can be obtained, even beyond the flat position. In this sense, the objectives of the work are to carry out weld beads in simple deposition through the switchback technique through the MIG/MAG welding process with the nickel alloy AWS ER NiCrMo-3, in the horizontal position, in order to obtain a suitable parameter for the production of coatings and to evaluate the surface and geometric aspects of the passes for decision making. According to the results, to produce a coating with the best characteristics among the parameters explored in the study, it is recommended to use an amplitude of 2 mm, frequency of 1.0 Hz and speed of 25 cm/min.

Keywords: *Coatings, MIG/MAG, Horizontal Position, Switchback.*