

UTILIZAÇÃO DE MIG/MAG COM POLARIDADE VARIÁVEL COM TÉCNICA SWITCH-BACK PARA REVESTIMENTOS

Iaroslav Skhabovskiy, skhabovskiy@bigmir.net
Oksana Kovalenko, pulssse@ukr.net
Ruham Pablo Reis, ruhamreis@mecanica.ufu.br
Américo Scotti, ascotti@ufu.br

Centro para Pesquisa e Desenvolvimento de Processos de Soldagem (Laprosolda), Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Faculdade de Engenharia Mecânica (FEMEC), Av. João Naves de Ávila, 2121, CEP 38400-902, Uberlândia - MG - Brasil.

Resumo: *Revestimentos por soldagem (“over-lay”) são aplicados tanto para recuperação de partes desgastadas, como para proteção contra desgaste e/ou corrosão. No caso da proteção, normalmente existem três demandas para os revestimentos, a saber, espessura mínima, pouca diluição e ausência de defeitos. Naturalmente, uma alta produção é também desejável para o processo. Porém, estas demandas são intercorrelacionadas de uma forma complexa, pois ao se aumentar a produção da deposição, normalmente se aumenta a diluição (maior energia). A necessidade de multicamadas para atender a espessura mínima aumenta a possibilidade de defeitos. Presente trabalho apresenta uma técnica, especialmente nova, utilizando processo MIG/MAG com Polaridade Variável com Técnica conhecido como Switch-Back (vai e volta) para conseguir satisfazer as necessidades notados. Esta nova técnica de revestimento pela soldagem MIG/MAG consiste de movimento transversal e longitudinal da tocha e com distribuição controlada de energia. Os resultados mostraram que o tecimento por si só já é satisfatório para melhorar a convexidade do cordão, mas não é suficiente para controlar sozinho o perfil de penetração. Utilizando desta técnica permite atuar sobre o perfil da penetração do cordão e reduzir a convexidade. O objetivo deste trabalho foi avaliar a técnica, visando se conseguir a baixa convexidade de camadas depositando com maior capacidade de produção. Para isso, uma série de soldagens automatizadas de simples deposição sobre chapas, na posição plana, foi feita em placas de teste padrão (mantendo-se o mesmo volume de cordão por unidade de comprimento da solda). No caso como comparação foi utilizado o processo MIG/MAG Pulsado sem tecimento.*

Palavras chaves: MIG/MAG Pulsado, MIG/MAG Polaridade Variável, Switch-Back, Revestimento

1. INTRODUÇÃO

No processo de soldagem MIG/MAG os modos mais utilizados são a pulsação da corrente (para controlar a transferência metálica em baixa corrente média), a variação da polaridade (para controle do aporte de calor, mantendo a mesma deposição) e o controle da corrente de curto circuito (para minimizar respingos e garantir mais regularidade da entrega térmica). Mas pouco trabalhos foram feitos para unir alguns destes modos, juntando estes modos possibilitou-se realizar uma ideia de solução dos problemas de revestimentos.

No caso do controle da trajetória da tocha, existem trabalhos na literatura que mostram o potencial da técnica *Switch-Back* na soldagem MIG/MAG. O princípio desta técnica é baseado em movimentar a tocha para frente e para trás ao longo da direção de soldagem, algo como um tecimento longitudinal. Uma das vantagens desta técnica de soldagem, encontrada na literatura e que poderia ser aplicada no caso de revestimentos, é o efeito na estrutura de solidificação do cordão de solda. Segundo Almeida *et al.* (2012), a inclinação da tocha na soldagem MIG/MAG *Switch-back* afeta a estrutura de solidificação do cordão; para uma única reversão da tocha, a inclinação mais adequada seria puxando-empurrando para proporcionar uma estrutura de solidificação com grãos recristalizados do metal de solda tal como ocorre na soldagem multipasses; com movimento da tocha empurrando-puxando por possibilitar a formação de grãos equiaxiais próximos à linha de fusão, sendo possível obter o refino dos grãos. A maioria dos trabalhos sobre *Switch-Back* que foram encontrados na literatura é relacionada a passes de raiz sem a utilização de cobrejunta. Por exemplo, Kaneko *et al.* (2012), para união de chapas de aço de 3,2 mm de espessura posicionadas em topo, verificaram que o uso da técnica permite o controle da raiz da solda em relação à soldagem MIG/MAG convencional.

2. METODOLOGIA

Metalurgicamente, para realizar o objetivo principal deste trabalho, necessitou-se uma sincronização entre os parâmetros de corrente e posição da tocha em movimento conhecido como *Switch-Back* (vai e volta). A Figura 1 ilustra a forma de se distribuir o calor e pressão de maneira mais adequada com MIG/MAG Polaridade Variável com *Switch-Back*, o primeiro movimento de avanço, passe L1, se dá no lateral, depois acontece o passe L2, que é um passe de transição, seguido por um movimento de recuo no outro lateral, passe L3, e complementado por outro movimento de avanço no centro, o passe L5. Os passes L4 e L6 são movimentos transversais para completar o ciclo da trajetória. No caso, nas laterais se usa a polaridade inversa (CC+), enquanto no centro se usa a polaridade direta (CC-). Os parâmetros de movimento da tocha são mostrados na Tab. (1).

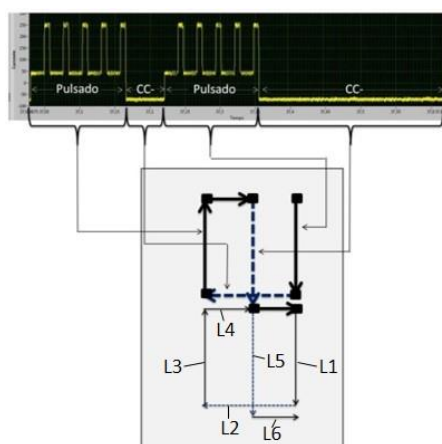


Figura 1. Ilustração da forma de se distribuir o calor e pressão com MIG/MAG com Polaridade Variável com *Switch-Back*. O *Switch-Back* é definido pelos passes de L1 a L6, sendo L2 a amplitude (A) e o tempo para percorrer todos os passes em um ciclo o período (T)

Para a realização das soldagens do processo MIG/MAG aqui explorado, utilizou-se uma fonte de soldagem DIGI Plus A7, do fabricante nacional IMC Soldagem. Esta fonte contém um modo de controle externo (via I/O) que permite que o usuário pré-programe até seis diferentes configurações de soldagem (parâmetros) MIG/MAG. Como material de base foram utilizadas barras-chatas de aço ABNT 1020 de 6,3×30×300 mm. As soldagens foram realizadas na posição plana com a tocha na posição reta. Em todos os casos foi mantida a mesma relação entre a velocidade de soldagem e a velocidade de alimentação. Os parâmetros de soldagem que foram realizados com a técnica *Switch-back* são mostrados na Tab. (1).

Tabela 1. Parâmetros de soldagem para MIG/MAG Pulsado e Polaridade Variável

Exp. Nº	Pulsado (polaridade inversa)						Polaridade direta		Vs [mm/s]	K
	Ip [A]	tp [ms]	Ib [A]	tb [ms]	Va [m/min]	Im [A]	In [A]	Va [m/min]		
1	250	7,7	40	19,3	2,8	100	-	-	1,4	2
2							-	-		
3							72	2,8		

Obs: Ip – corrente de pulso; tp – tempo de pulso; Ib – corrente de base; tb – tempo de base; Im – corrente média; Va – velocidade de alimentação; In – corrente na polaridade negativa Vs; K – relação entre velocidade de soldagem e velocidade de alimentação (V_a/V_s)

Os oscilograma da corrente e tensão foram obtidos através da placa de aquisição de dados da *National Instruments*®, e um programa desenvolvido em linguagem *LabVIEW*®. Os mesmos estão mostrados na Fig. (2).

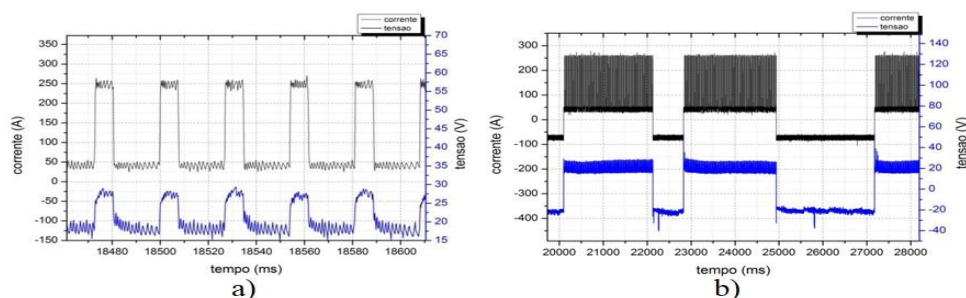


Figura 2. Oscilogramas de corrente e tensão, onde a) MIG/MAG Pulsado; b) MIG/MAG Polaridade Variável com *Switch-Back*

Os cordões foram cortados, lixados e atacados com Nital 10 % (90 % de álcool etílico e 10 % de ácido nítrico) para analisar e medir as características geométricas de cada cordão, no mínimo duas vezes (seções) de cada cordão do mesmo experimento. As fotos das seções transversais apresentam as Figuras 3 e 4, através do programa de análise de imagens (ImageJ), foram feitas as medições dos parâmetros geométricos de cada revestimento e estão apresentados na Tabela 2.

3. RESULTADOS

Os resultados em termos de aspecto superficial e da seção transversal dos cordões obtidos com MIG/MAG Pulsado com movimento reto da tocha, com tecimento transversal e com a técnica *Switch-Back* são apresentados na Fig. (3). Os resultados das medições dos parâmetros geométricos das soldas são apresentados na Tab. (2) como Exp. 1, 2 e 3.

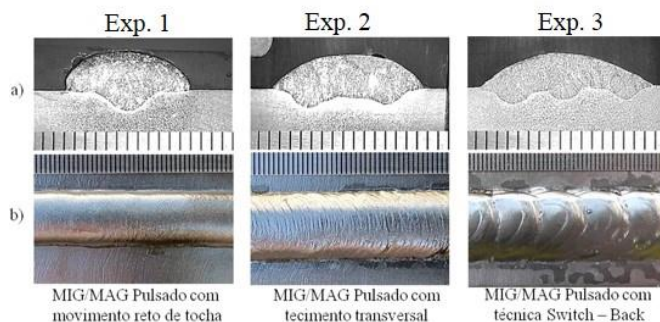


Figura 3. Aspecto dos cordões obtidos com MIG/MAG Pulsado; (a) Seções transversais; (b) superfície dos cordões

Os resultados de aspecto superficial e da seção transversal dos cordões obtidos com MIG/MAG Polaridade Variável com tecimento transversal e *Switch-Back* são apresentados na Fig. (4). Os resultados das medições dos parâmetros geométricos das soldas relacionadas são apresentados na Tab. (2) como Exp. 5 e 6.

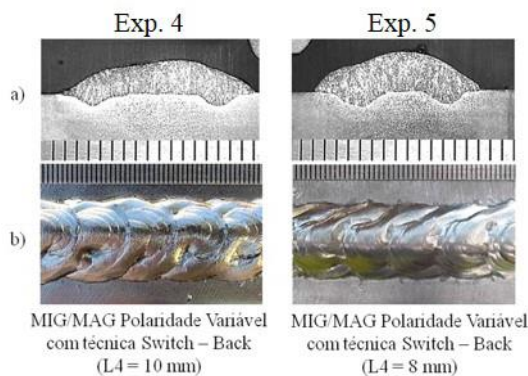


Figura 4. Aspecto dos cordões obtidos com MIG/MAG Polaridade Variável com amplitude de 10 mm (esquerda) e 8 mm (direita); (a) Seções transversais; (b) superfície dos cordões

Tabela 2. Resultados das medições dos parâmetros geométricos dos cordões obtidos com MIG/MAG Pulsado e MIG/MAG Polaridade Variável

Exp Nº	L [mm]	R [mm]	Af [mm ²]	Ad [mm ²]	D [%]
1	11,80	3,7	7,9	33,9	18
2	14,50	3,3	13,4	33,6	28
3	16,40	3,3	14,3	34,6	29
4	17,15	3,0	6,2	33,1	15
5	15,60	3,7	7,1	35,3	16

Obs: L – largura média, R – reforço médio, Af – área fundida média, Ad – área depositada média; D – diluição.

Como pode se notar, o MIG/MAG Polaridade Variável reduziu bastante os valores de diluição (menores níveis obtidos). Isso pode ser explicado pela sabida elevada capacidade deposição de metal com sacrifício de penetração da polaridade inversa (CC+). Inclusive é possível ver que a penetração é em geral maior nas bordas dos cordões, onde a polaridade estava em CC+. Por outro lado, no meio dos cordões a penetração e diluição foram quase imperceptíveis, já que foi usada a polaridade direta (CC-). Os valores de largura e reforço dos cordões foram similares aos obtidos com o MIG/MAG Pulsado. Mais uma vez, o uso do *Switch-Back*, pela presença de ondulações, pode dificultar a deposição de camadas adicionais de qualidade. No caso do *Switch-Back*, o uso de uma amplitude de 10 mm gerou falta de material em alguns pontos, fato resolvido pela diminuição deste parâmetro, como mostra a Fig. (4) (Exp. Nº 4).

4. CONCLUSÕES

O processo MIG/MAG com Polaridade Variável com Técnica *Switch-Back* mostrou seu potencial de produzir os revestimentos na forma combinada de técnicas de soldagem MIG/MAG junto com movimentos do tipo *Switch-Back* da tocha, assim, dessa forma, controlando a distribuição do calor do arco-voltaico. Mas em relação à aparência do cordão a superfície do revestimento feito pelo processo MIG/MAG com Polaridade Variável com Técnica *Switch-Back* fica mais rugosa que necessita fazer retificação mais profunda.

5. AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o grupo Laprosolda pela oportunidade de realização deste trabalho, assim como à CAPES, CNPq e FAPEMIG, pelas bolsas de pós-graduação e pesquisa dos autores, e à FAPEMIG através do projeto TEC - RDP-00140-10, pelo suporte financeiro para realização dos ensaios experimentais.

6. REFERÊNCIAS

Almeida, H. A., Carlos A. M. e Scotti, A., 2012, “Efeitos do comprimento de reversão e do ângulo de ataque sobre a estrutura de solidificação do cordão em soldagem MIG/MAG com “*Switch Back*””, Soldagem & Inspeção, São Paulo, Vol. 17, No. 2, p.123-137.

Kaneko, Y., Maekawa, Y., Yamane, S. e Oshima, K., 2007, “Numerical Simulation of MIG Weld Pool in *Switch-Back* Welding”, IIW Doc 212-1106-07.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.