

APLICAÇÃO DE MIG/MAG COM POLARIDADE VARIÁVEL EM REVESTIMENTOS SOLDADOS

Oksana Kovalenko, oksana_kovalenko@mestrado.ufu.br
Iaroslav Skhabovskiy, skhabovskiy@bigmir.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: Uma dos maiores problemas da aplicação de revestimentos por soldagem é a convexidade excessiva do cordão, que dificulta se obter camadas de revestimento de maiores espessuras livres de defeitos (principalmente entre cordões). A necessidade de multicamadas para atender a espessura mínima aumenta a possibilidade de defeitos. O presente trabalho apresenta uma nova técnica que se utiliza do processo MIG/MAG com Polaridade Variável para conseguir minimizar a convexidade dos cordões. A técnica de revestimento pela soldagem MIG/MAG Polaridade Variável foi aplicada com tecimento transversal da tocha ou com tecimento transversal, aliado com uma distribuição controlada de energia. 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. O critério de avaliação foi baseado em depósitos com maior capacidade de produção e com cordões de baixa convexidade. O MIG/MAG Pulsado sem tecimento foi utilizado como base de comparação. 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. A utilização da técnica permite atuar sobre o perfil da penetração do cordão e até reduzir ainda a mais a convexidade.

Palavras chaves: MIG/MAG Pulsado, MIG/MAG Polaridade Variável, Tecimento, Revestimento

1. INTRODUÇÃO

O processo MIG/MAG Polaridade Variável (também conhecido como MIG/MAG Corrente Alternada ou GMAW VP, onde VP indica ser polaridade variada) apareceu no mercado há alguns anos com a promessa de se conseguir controlar o calor imposto e aumentar a robustez quanto à tolerância da folga das soldagens de chapas de alumínio posicionadas de topo, de acordo com Scotti e Ponomarev (2008). Nessa versão do processo MIG/MAG se tem corrente pulsada no polo positivo (CC+) e corrente constante no polo negativo (CC-). A transferência metálica na soldagem com Polaridade Variável acontece na fase de CC+, mas o tamanho das gotas depende da duração da fase de CC- (com o aumento de tempo em CC-, as gotas crescem, de acordo com Talkington, 1998). O processo foi introduzido no mercado provavelmente pela empresa Japonesa Kobe Steel no final da década de 1980. Mas este processo pouco ou nada evoluiu para área de revestimento, que tem aplicação bem ampla. Corrente pulsada, foi desenvolvida como uma técnica de grande capacidade de controle da transferência metálica. A peculiaridade é a presença simultânea dos picos de corrente muito altos (pulsos) e os períodos entre eles de corrente muito baixa (base), o que permite a transferência metálica controlada, com uma gota por pulso (UGPP) a um baixo valor de corrente média. Desta forma, as características do MIG Pulsado são grande profundidade de penetração (conseguida com a pressão de arco e calor a cada pulso), boa estabilidade do arco e da transferência e quantidade de respingos relativamente baixa (transferência em vôo livre). A utilização do intervalo da polaridade negativa no processo MIG/MAG Polaridade Variável promove a passagem de fluxo de elétrons para peça e quantidade maior de calor se localiza na ponta de eletrodo, que promove a maior taxa de fusão em CC-. Harwing *et al.* (2006) estudaram a influência do tempo de ação de CC- no alongamento do eletrodo sob fusão em função do nível de corrente e perceberam que quando o alongamento máximo do eletrodo é conseguido, a taxa de fusão acalma, diminuindo tamanho do arco e concentrando a energia na gota e não no eletrodo sólido. A localização do arco nas gotas provoca uma continuação do aquecimento da mesma, mas limita a fusão do eletrodo. No fim, menos quantidade de calor é localizada na peça e poça de fusão torna-se menos quente, diminuindo a molhabilidade e não permitindo a alta penetração, mas criando extrema convexidade de cordão.

Então, os modos operacionais CC+ e CC- do processo MIG/MAG Polaridade Variável apresentam características bem diferentes, até contrárias. A combinação destes modos operacionais por tempos maiores do que usado normalmente no MIG/MAG Polaridade Variável, conseqüentemente com menor frequência de mudança de polaridade, poderia conectar as vantagens e evitar ou minimizar as desvantagens deles. Além disso, a distribuição das fases de corrente (CC- e CC+)

na largura do cordão (utilizando tecimento transversal) faz com que mais calor seja aportado nas laterais (aumento de largura) e que menos calor seja aportado quando a tocha estiver transitando no espaço entre as laterais da poça (diminuição da diluição). Assim, o objetivo principal deste trabalho foi aproveitar todas as características acima apontadas e tentar controlar a distribuição de calor ao longo do cordão durante a soldagem.

2. METODOLOGIA

Do ponto de vista metodológico, para se alcançar o objetivo principal deste trabalho, uma sincronização entre duas condições paramétricas de corrente e posição da tocha em movimento foi proposta. A Figura 1 ilustra a forma de se distribuir o calor e pressão de maneira mais adequada com MIG/MAG Polaridade Variável nos movimentos da tocha (tecimento trapezoidal). Os parâmetros de tecimento transversal estão na Tab. (1).

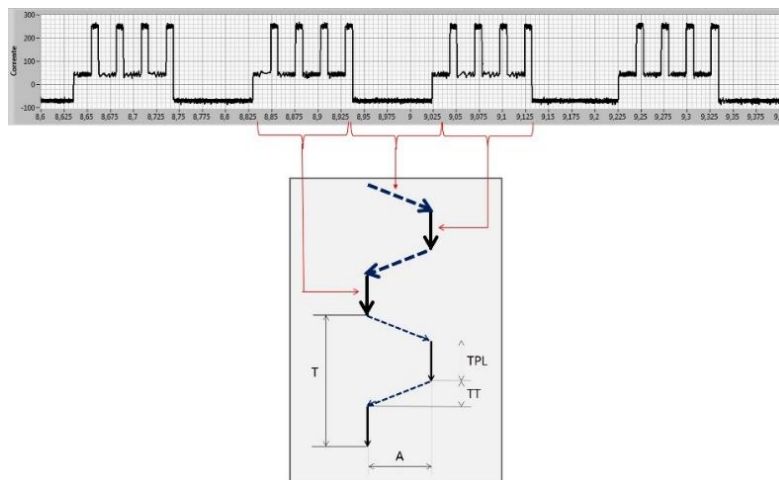


Figura 1. Ilustração da forma de se distribuir o calor e pressão com MIG/MAG Polaridade Variável nos movimentos da tocha. O tecimento trapezoidal é definido pelo tempo de parada lateral (TPL), tempo de transição (TT), amplitude (A), período (T) e frequência (fA)

A distribuição proposta dos semi-períodos de corrente, conforme ilustrado pela Fig. (2), promove a repartição do calor e pressão do arco, maior calor e pressão nas laterais e menor na transição entre laterais. O MIG/MAG Pulsado, como modo operacional mais potente entre os dois, é localizado nas laterais do chanfro, oferecendo maior energia térmica e aplicando maior forças de arco (garantindo a fundição do metal de lateral para aumentar a molhabilidade, que vai ajudar aumentar a largura do cordão). O CC- foi localizado no centro do chanfro, oferecendo uma redução do aporte de calor nessa região em relação ao calor imposto nas laterais (e não um resfriamento propriamente dito) e uma menor pressão devido ao arco, que deve diminuir a penetração no centro do cordão.

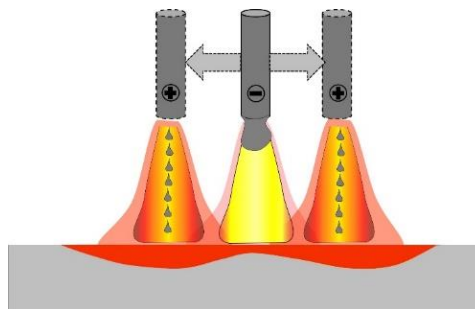


Figura 2. Ilustração da repartição de calor e pressão do arco sobre a poça de fusão usando a tecnologia de soldagem MIG/MAG Polaridade Variável, onde na condição pulsada (CC+) existe maior calor aportado (maior corrente média) e maior força do jato de plasma, ao contrário de CC- que está no centro

Tabela 1. Parâmetros de tecimento transversal (tempo de parada lateral (TPL), tempo de transição (TT), amplitude (A), período (T) e frequência (fA))

A [mm]	TPL [s]	TT [s]	T [s]	fA [Hz]
10	0,3	0,3	1,2	0,83

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 x 30 x 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.

As soldagens foram feitas com a seguinte ordem de coerência (parâmetros de soldagem estão na Tab. (2)):

- MIG/MAG Pulsado com movimento reto da tocha (sem tecimento);
- MIG/MAG Pulsado com tecimento transversal;
- MIG/MAG Polaridade Variável com tecimento transversal aliado com distribuição controlada de energia (utilizando dois níveis de corrente média na CC+).

Tabela 2. 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	250	7,7	40	19,3	2,8	100	72	2,8	1,4	2
4	250	9,0	40	54,0	1,9	70	72	2,8	2,4	2

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_s/V_a)

O monitoramento da tensão e corrente foi realizado utilizando uma placa de aquisição da National Instruments®, e um programa desenvolvido em linguagem LabVIEW®. Os oscilogramas de corrente e tensão para essas técnicas de soldagem MIG/MAG estão mostrados na Fig. (3).

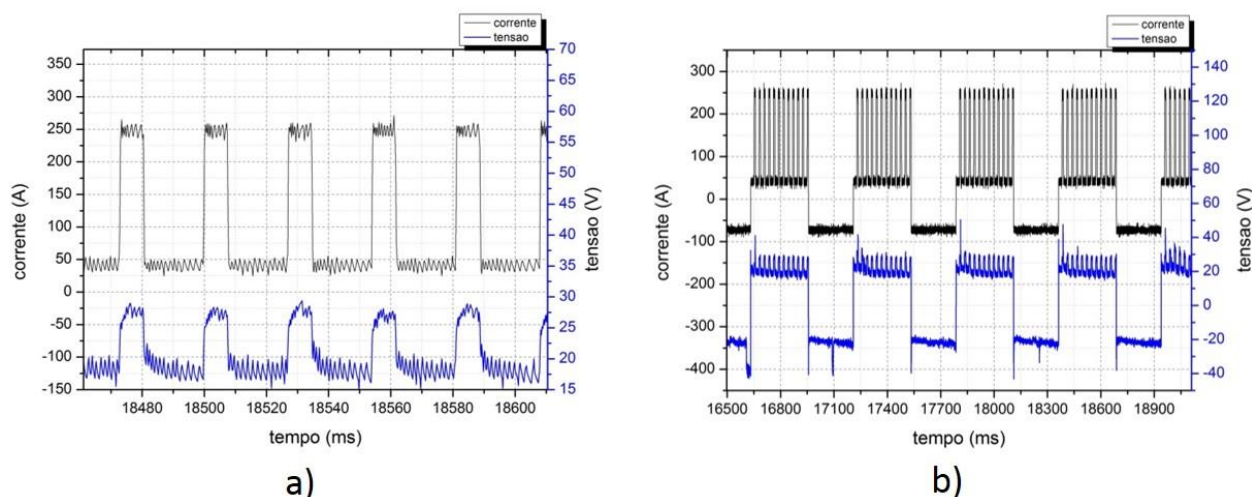


Figura 3. Oscilogramas de corrente e tensão: a) MIG/MAG Pulsado; b) MIG/MAG Polaridade Variável

Para a medição das características geométricas dos cordões, cada placa de teste soldada foi cortada transversalmente em duas seções. Cada uma das seções retiradas foi embutida em resina e preparada metalograficamente, utilizando lixas de granulometria 120, 180, 220, 320, 400 e finalizando com 600. Depois as amostras foram imersas por cerca de 15 segundos em uma solução de Nital 10% (90% de álcool etílico e 10% de ácido nítrico). Após o ataque, as amostras foram fotografadas e analisadas por um programa de tratamento e análise de imagem (ImageJ), para medição dos parâmetros geométricos da solda.

3. RESULTADOS

Os resultados em termos de aspecto superficial e da secção transversal dos cordões obtidos estão na Fig. (4).

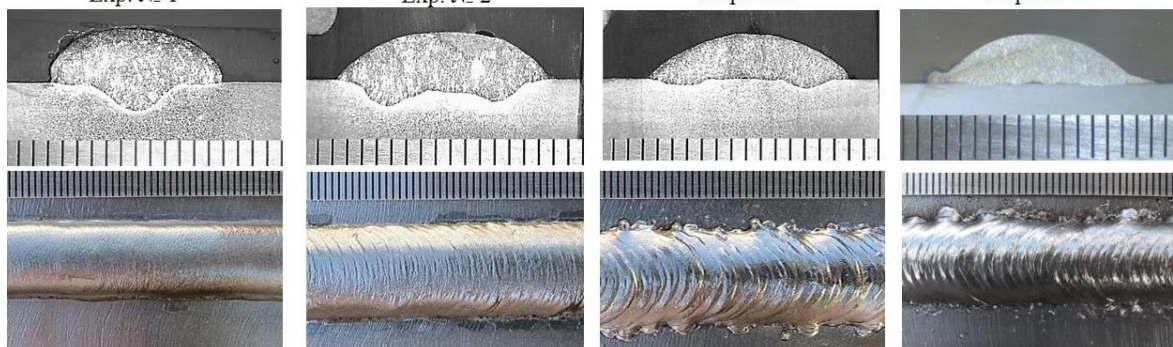


Figura 4. Aspecto superficial e da secção transversal dos cordões obtidos

Os resultados das medições dos parâmetros geométricos das soldas são apresentados na Tab. (3).

Tabela 3. Resultados das medições de geometria das soldas

Exp. №	L [mm]	R [mm]	Af [mm ²]	Ad [mm ²]	D [%]
1	11,8	3,7	7,9	33,9	18
2	14,5	3,3	13,4	33,6	28
3	14,2	3,4	3,0	32,3	8
4	15,8	3,5	0,7	33,5	2

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

O MIG/MAG Pulsado com movimento reto da tocha no geral apresentou dimensões geométricas do cordão não adequados para revestimento, a saber a penetração alta. Mas os outros resultados mostraram que o tecimento transversal com paradas laterais por si só já é satisfatório para diminuir a penetração de cordão, mas ainda não é suficiente para controlar sozinho o perfil de penetração. Os valores de largura e reforço dos cordões № 2, № 3 e №4 foram similares, mas como pode se notar, o MIG/MAG Polaridade Variável reduziu bastante o valor de penetração (menor nível obtido). Inclusive é possível se ver que a penetração é maior nas bordas dos cordões, onde a polaridade estava em CC+, a qual se propõe fundir as laterais do cordão. Então, pode se concluir que a utilização da alternância de polaridade distribui de forma controlada a energia ao longo do cordão e permite atuar sobre o perfil da penetração do cordão. Fica evidente que a otimização dos parâmetros de MIG/MAG Polaridade Variável (principalmente na corrente pulsada) leva, potencialmente, à formação de cordões mais adequados para revestimento por soldagem. A técnica MIG/MAG Polaridade Variável pode então ser utilizada com sucesso na área de revestimento por soldagem (por exemplo, para proteção contra desgaste ou corrosão), visto que mostra atuação sobre o perfil da penetração do cordão com relação à capacidade de produzir revestimentos com baixa diluição

4. CONCLUSÕES

Fica demonstrado que é possível obter revestimentos com boas características gerais pela combinação de técnicas de soldagem MIG/MAG e movimentos da tocha, controlando melhor, dessa forma, a distribuição do calor aportado. Com relação à capacidade de produzir revestimentos com baixa diluição, o processo MIG/MAG Polaridade Variável com tecimento transversal conferiu os melhores resultados.

5. AGRADECIMENTO

Os autores gostariam de agradecer ao Grupo Laprosolda, à CAPES e CNPq pelas bolsas de pós-graduação e pesquisa dos autores, e à Fapemig através do projeto TEC - RDP-00140-10 pelo suporte financeiro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Scotti, A.; Ponomarev, V., 2008, “Soldagem MIG/MAG”, Artliber Ed., 284p.
Talkington, B. S., 1988, “Variable Polarity Gas Metal Arc Welding”, Dissertação de Mestrado, The Ohio State University, 113p.
Harwing, D. D.; Dierksheide, J. E.; Yapp, D.; Blackman, S., 2006, “Arc Behavior and Melting Rate in the VP-GMAW Process”, Welding Jornal, p. 52-62.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

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