



## EFEITOS DA ALIMENTAÇÃO PULSADA DE ARAME SOBRE O PROCESSO MIG/MAG COM TRANSFERÊNCIA METÁLICA GLOBULAR

*Fernando Matos Scotti<sup>1</sup>, Vinicius Lemes Jorge<sup>2</sup>, Ruham Pablo Reis<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Eng, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG

<sup>2</sup>Eng. Msc, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG

<sup>3</sup>Prof. Dr, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG

**RESUMO:** O desenvolvimento de novas técnicas capazes de aprimorar os processos de soldagem visa aumentar a qualidade, produtividade ou possibilitar operações antes inviáveis. Uma das novas abordagens em soldagem é a aplicação de técnicas de alimentação pulsada do arame de adição para TIG e MIG/MAG. Este trabalho de iniciação científica tem como objetivo avaliar de forma exploratória a técnica de um “pulmão ativo” para pulsar a alimentação do arame, de forma independente de alimentadores e/ou tochas especiais, aplicada no processo MIG/MAG com transferência metálica globular. Para a avaliação dos efeitos da pulsação da alimentação sobre a transferência metálica globular foram realizadas filmagens de alta velocidade e aquisição dos sinais elétricos do processo de soldagem. Verificou-se que a pulsação da alimentação pode interferir no processo, sendo capaz de modificar uma transferência metálica globular irregular para regular, facilitando o destacamento e reduzindo o volume das gotas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pulsação da alimentação de arame. MIG/MAG. Transferência metálica

### EFFECTS OF PULSED WIRE FEEDING IN GMAW PROCESS WITH GLOBULAR METALLIC TRANSFER

**ABSTRACT:** The development of new techniques capable of improving welding processes aim to increase quality, productivity or to enable previously unfeasible operations. Pulsed wire feeding is one of the recent approaches in welding processes such as GTAW and GMAW. This work aims to assess, in an exploratory way, the use of the “Active Lung” technique, capable of promoting pulsed wire feeding working independently from specific feeders, torches or power sources. In order to assess the effects of pulsed wire feeding over the metallic transfer high speed filming was carried out along with electric signal acquisition. It was observed that wire feeding pulsation can interfere in the process, being capable of modifying an irregular globular metallic transfer into a regular mode, facilitating the detachment of smaller droplets.

**KEYWORD:** Pulsed Wire feeding. GMAW. Metallic Transfer.

### INTRODUÇÃO

Os processos derivativos surgem como variantes dos processos tradicionais, propondo modificações ou adicionando componentes capazes de melhorar o desempenho, a produtividade e qualidade do processo. A forma com que se faz a adição de material tem sido um dos campos de exploração em processos de soldagem. Tradicionalmente, a alimentação automatizada de material é feita de modo contínuo com velocidade constante. Uma derivação desse processo consiste na implementação de um dispositivo capaz de promover a alimentação pulsada, ou seja, realizar movimentos cíclicos de recuo e avanço do material de adição.

Rudy (1982) foi provavelmente o primeiro a reportar o uso da alimentação pulsada.

Utilizou uma técnica denominada Dabber TIG para reparação de componentes de motores aeronáuticos. Atualmente, são disponíveis comercialmente alimentadores destinados ao processo TIG, que também adicionam material de forma pulsada, em que os mais conhecidos são o TIP TIG® e o TIGSpeed®. Em relatório de avaliação do TIP TIG®, Pike (2013) afirma que o equipamento é capaz de melhorar a dinâmica a poça de fusão, conferindo maior fluidez e reduzindo risco de inclusões e porosidade quando comparado ao processo TIG tradicional, além de aumentar a velocidade de soldagem e taxa de deposição.

O processo Cold Metal Transfer (CMT), do fabricante austríaco Fronius, é uma variante do processo MIG/MAG. Utiliza-se uma tocha especial que permite realizar a reversão periódica do avanço do arame-eletrodo. Esta reversão se dá sempre que o arame toca a poça de fusão, permitindo uma transferência suave da gota para a poça, associada também à redução drástica da corrente, evitando picos de corrente de curto circuito e minimizando a ocorrência de respingos (perda de material).

As tecnologias de alimentação pulsada comercialmente disponíveis baseiam-se em mecanismos atrelados ao alimentador ou a tochas especiais. Para a implementação destes, torna-se necessária a substituição dos equipamentos convencionais por equipamentos específicos. Este fator representa em muitos casos uma limitação à aceitação desses processos na indústria. Jorge et. Al (2018) apresentaram dispositivos de pulsação da alimentação adaptável a alimentadores convencionais, uma vez que operam de forma externa e independente. O presente trabalho se insere na proposta de explorar os fenômenos e efeitos associados a pulsação da alimentação no processo MIG/MAG sob transferência metálica globular. Através deste embasamento teórico abrem-se possibilidades de proposições de aplicações inovadoras em soldagem.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizadas soldagens de simples deposição sobre placas de teste de aço carbono, confeccionadas a partir de barras chatas com dimensões de 160 x 28 x 6 mm. Foi utilizado um arame maciço da classe AWS ER70S-6, com diâmetro 1,0 mm e o gás de proteção foi Argônio-25%CO<sub>2</sub> com vazão regulada em 14 l/min. A soldagem foi realizada com o uso de uma fonte eletrônica de soldagem comercial, trabalhando no modo tensão constante. Esta configuração permitiu a regulagem da tensão e velocidade de alimentação do arame. Os sinais de tensão e corrente foram adquiridos por um sistema A/D a uma frequência de 5 kHz. O movimento da tocha foi realizado por um robô de 6 eixos. Os parâmetros de soldagem foram configurados para cada teste conforme a Tabela 1. A pulsação da alimentação foi feita através do dispositivo descrito por Jorge et Al. (2018) acoplado ao alimentador convencional.

**Tabela 1** – Parâmetros regulados para as soldagens para avaliação do efeito da pulsação da alimentação do arame sobre o processo MIG/MAG.

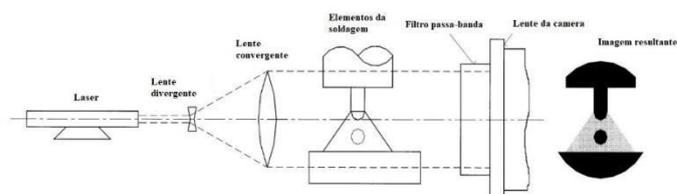
Testes	Amplitude de pulsação (mm)	Frequência de pulsação (Hz)	Velocidade de soldagem (cm/min)	DBPC (mm)	Tensão (V)	Velocidade de alimentação (m/min)
1-A*	0	0	20	19	34	4,8
1-B*	6	16	20	19	34	4,8
2	4	16	20	19	34	4,8
3	2	16	20	19	34	4,8
4	4	26	20	19	34	4,8
5	4	20	20	19	34	4,8

Fonte: Elaborado pelos autores

Diante dos resultados obtidos na primeira bateria de testes, foi proposta uma nova bateria com objetivo de analisar e compreender os mecanismos de transferência metálica,

quando aplicada uma pulsação da alimentação de arame nas condições já citadas. Para tal, utilizou-se uma filmagem em alta velocidade com a técnica de shadowgrafia, que consiste no uso de um laser de He-Ne (632,8 nm) apontado a região da ponta do arame e a peça no lado oposto ao laser. A câmera de alta velocidade (2000 fps) é posicionada no lado oposto ao laser, com um filtro óptico do tipo passa banda acoplado à lente (Figura 1). Este filtro permite apenas a passagem de luz do comprimento de onda do laser, de modo que maior parte da luz do arco é bloqueada, evitando o ofuscamento da imagem. Portanto, a câmera registra a sombra do conjunto peça eletrodo e a luz do laser ao fundo. As soldagens foram realizadas em uma mesa de coordenadas de três eixos com comando numérico. A amplitude de pulsação foi fixada em 4 mm e as foram utilizadas frequências de 8, 16 e 26 Hz. Os demais parâmetros e materiais foram os mesmos utilizados na primeira bateria.

**Figura 1** – Princípio da shadowgrafia aplicado à soldagem

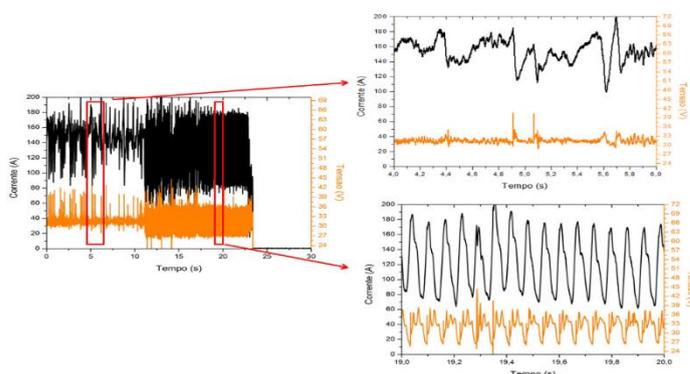


Fonte: Bálamo (2000) - adaptado

## RESULTADOS PARCIAIS/FINAIS

Observa-se através dos testes 1-A e 1-B, onde a soldagem foi feita habilitando a pulsação a partir da metade do comprimento do cordão em mesma placa de teste (Figura 2), que a pulsação torna o comportamento dos sinais elétricos mais regular, de modo que os picos de tensão e corrente acompanham a frequência de pulsação imposta. As variações na corrente e na tensão ocorrem devido fenômeno da autorregulação do comprimento arco, inerente ao processo MIG/MAG com fonte no modo de tensão constante.

**Figura 2** - Oscilogramas de corrente e tensão monitorados para o Teste 1-A (0 a 11 s) e Teste 1-B (11 a 23 s)

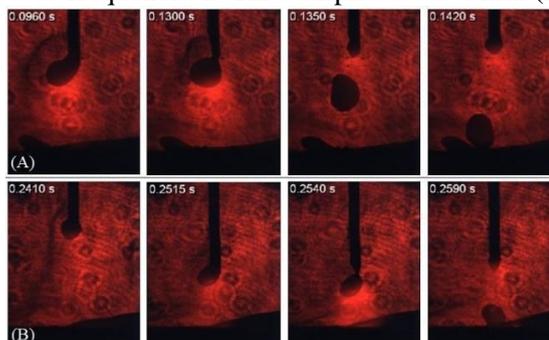


Fonte: Jorge et. Al (2018)

No modo de transferência metálica globular, as principais forças envolvidas são a de tensão superficial (contrária ao destacamento da gota) e a força da gravidade (favorável ao destacamento da gota). À medida que o arame é fundido, a gota cresce e a força de tensão superficial torna-se maior em proporção direta com o diâmetro da gota, enquanto a força peso cresce proporcional ao diâmetro ao cubo. Quando o peso supera a força de tensão superficial, a gota atinge um diâmetro crítico, ocorrendo o destacamento da gota. Quando a pulsação do arame é aplicada, o arame é acelerado de forma abrupta, dando origem a uma força de impulso favorável ao destacamento da gota. As duas sequências de imagens mostradas na Figura 3 mostram o destacamento de uma gota por transferência metálica globular convencional (A) e o destacamento de uma gota com impulso devido a pulsação

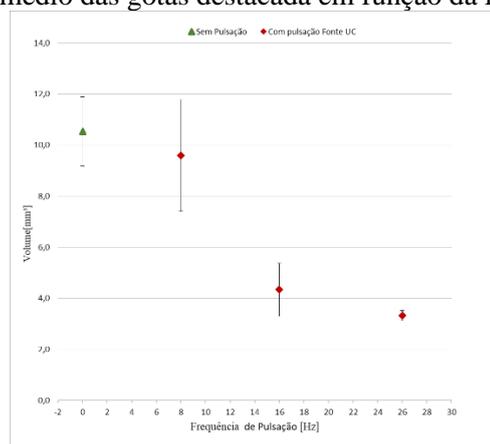
(B). Devido a ação conjunta da força peso e a força de impulso, torna-se possível destacar gotas menores e mais regulares, além de direcionar as gotas de forma mais precisa. A Figura 4 mostra o volume médio das gotas é menor quanto maior a frequência de pulsação, para uma amplitude de 4 mm. O menor volume das gotas implica também menor força peso. No entanto, a gota se destaca antes de atingir o diâmetro crítico, indicando que de fato a pulsação impõe uma força adicional, que facilita o destacamento.

**Figura 3** – Sequencias de quadros do destacamento de gotas sem pulsação (A) e com pulsação de frequência 16 Hz e amplitude de 4 mm (B)



Fonte: elaborado pelos autores

**Figura 4** – Volume médio das gotas destacada em função da frequência de pulsação



Fonte: Elaborado pelos autores

## CONCLUSÃO OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pulsação da alimentação demonstrou ser capaz de melhorar a regularidade do processo sob transferência metálica globular, além de favorecer o destacamento de gotas menores quanto maior a frequência utilizada. Os resultados contribuem na avaliação de possíveis aplicações da técnica.

## REFERÊNCIAS

RUDY, JF. **Development and Application of Dabber Gas Tungsten Arc Welding for Repair of Aircraft Engine, Seal Teeth**. ASME. Turbo Expo: Power for Land, Sea, and Air, Volume 2: April 18–22, 1982, Paper No. 82-GT-55, pp. V002T02A005; 4 p., doi:10.1115/82-GT-55

PIKE, G. **Evaluation of the Tip Tig Welding System, a Semi-automatic Hot Wire GTAW Process**, Newport News: Newport News Shipbuilding, 2013.

Jorge, V.L., Santos, C.H., Scotti, F.M., Larquer, T.R., Mota, C.P., Reis, R.P., Scotti, A., 2018. **Desenvolvimento e avaliação de técnicas para pulsação da alimentação de arame em soldagem a arco**. Revista soldagem e inspeção, v. 23, p. 326-339. <http://dx.doi.org/10.1590/0104-9224/si2303.03>

BÁLSAMO, P.S.S., VILARINHO, L. O., VILELA, M. & SCOTTI, A.; **Development of an Experimental Technique for Studying Metal Transfer in Welding: Synchronized Shadowgraphy**, In: Int. J. for the Joining of Materials, vol 12, no. 1, 2000, The European Institute for Joining of Materials (JOM), Denmark, pp. 1-12 (ISSN 0905-6866)