



XXIX Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica
12 a 16 de junho de 2023, Goiânia, Goiás, Brasil

INFLUÊNCIA DO AJUSTE DA TAXA DE SUBIDA DA CORRENTE NA SOLDAGEM MIG/MAG POR CURTO-CIRCUITO

Weslei Rodrigues Niz, niz_weslei@discente.ufg.br¹
Daniel Souza, daniel.souza@ufg.br¹
Demostenes Ferreira Filho, demostenesferreira@ufg.br¹

¹Universidade Federal de Goiás, Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Prédio da Engenharia Mecânica, Av. Ingá, Prédio B5, Campus Samambaia, CEP: 74.690-900 - Goiânia – Goiás – Brasil.

Resumo: Existem poucos estudos disponíveis que avaliaram o efeito da indutância sobre o processo MIG/MAG operando no modo curto-circuito. A variação da indutância da fonte é medida pelo seu efeito na corrente: a variação na taxa de subida da corrente. A velocidade em que a corrente sobe durante o curto-circuito e a regularidade de curtos afeta de forma significativa a geração de respingos. Porém, a influência dos parâmetros e condições de soldagem e os fenômenos físicos associados ao efeito da taxa de subida da corrente ainda não são bem entendidos. Adicionalmente, a literatura carece de estudos correlacionando a regularidade de transferência com a geração de respingos. Desta forma, este trabalho tem como objetivo correlacionar a taxa de subida da corrente com a regularidade de transferência metálica por curto-circuito e verificar sua correlação com a geração de respingos. Para isto, soldagens foram realizadas com diferentes ajustes da indutância na fonte e a taxa de subida e um índice de regularidade foram calculados para três diferentes gases de proteção. Além disso, o rendimento de deposição foi calculado. Os resultados mostraram que a adição de CO₂ no gás de proteção afeta a correlação entre a taxa de subida da corrente e a regularidade e que maior regularidade promove mais geração de respingos.

Palavras chave: Indutância, curto-circuito, respingos.

Abstract. There are few studies available that evaluated the effect of inductance on the MIG/MAG process operating in short-circuit mode. The change in the source inductance is measured by its effect on the current: the change in current up rate. The speed at which the current up during the short circuit and the regularity of shorts significantly affect the generation of spatter. However, the influence of welding parameters and conditions and the physical phenomena associated with the effect of current up rate are still not well understood. Additionally, the literature lacks studies correlating transfer regularity with spatter generation. Thus, this work aims to correlate the current up rate with the regularity of metallic transfer by short circuit and verify its correlation with the generation of spatter. For this, welds were performed with different settings of inductance at the source and the rise rate and a regularity index were calculated for three different shielding gas. Furthermore, the deposition rate was calculated. The results showed that the addition of CO₂ in the shielding gas affects the correlation between current up rate and regularity and that greater regularity promotes more spatter generation.

Keywords: Inductance, short circuit, spatter.

1. INTRODUÇÃO

Soldagem MIG/MAG com transferência metálica por curto-circuito a gota de metal fundido na ponta do arame eletrodo encosta na poça de soldagem, transferindo metal para poça por tensão superficial e causando um curto-circuito. Durante o curto há uma subida brusca da corrente ocasionando o rompimento da gota na ponta do arame, por efeito *pinch*, e a reabertura do arco. Por operar com baixa energia de soldagem, o modo curto-circuito é muito utilizado para união de chapas finas e soldagem na posição sobre-cabeça.

Os principais parâmetros que influenciam a soldagem no modo curto-circuito são o gás de proteção, a tensão e a corrente de soldagem. A indutância, taxa de crescimento da corrente durante o curto-circuito, é de interesse apenas para soldagens feitas por curto-circuito e apesar de sua influência na qualidade do cordão ser conhecida na literatura, é pouco considerada na indústria. Trabalhos anteriores mostram a importância da indutância na regularidade do processo operando

em curto-circuito (DUTRA, 2008; SOUZA, et al.2011).

O gás de proteção, segundo Dutra (2008), influencia no efeito da taxa de subida e descida da corrente e na qualidade do cordão de solda. Stenbacka e Persson (1989) citam que teores elevados de CO₂ no gás de proteção desestabilizam a transferência de metal e aumentam a quantidade de respingos, tornando o processo menos regular. Estas características também foram observadas por Aquasa e Yamauchi (1981).

Para poder avaliar o desempenho do processo, muitos autores propuseram índices que mensuram a estabilidade do processo quando operando em curto-circuito. Norrish (1992) cita vários índices de estabilidade propostos por outros autores, todos baseados na análise estatística dos sinais dos parâmetros de soldagem, Baixo e Dutra (1995) utilizaram como indicativos de estabilidade o desvio padrão dos picos de corrente, do período de transferência e de tempo de curto-circuito. Segundo estes autores, o desvio padrão dos picos de corrente foi, entre os índices analisados, o que apresentou maior sensibilidade à ocorrência de irregularidades na transferência. Porém, essa grande sensibilidade pode resultar em problemas de repetibilidade do indicativo, uma vez que em situações de transferência realizada sob o mesmo procedimento de soldagem, e resultando em depósitos aparentemente de mesmas características, o desvio padrão dos picos de corrente pode apresentar variações da ordem de 50%. Já Fonseca; Avelar; Modenesi (2001) utilizaram como indicativos de estabilidade a variação do período de transferência, o tempo médio de duração de um curto-circuito, o fator de curto-circuito e um fator de respingos, que foi definido pelos autores como a razão entre o peso dos respingos e o peso do metal de adição (metal depositado + respingos).

Apesar de haver trabalhos que avaliaram a estabilidade/regularidade do processo comparativamente à geração de respingos (rendimento de deposição) estes são poucos e não abordam o tema de forma abrangente. Um exemplo é o trabalho de Liskevich (2010) que correlacionou a regularidade do processo à geração de respingos em função do teor de CO₂ no gás de proteção.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência da taxa de subida da corrente na regularidade do processo e sua correlação com a geração de respingos.

2. METODOLOGIA

Os experimentos foram feitos utilizando um braço industrial com 6 graus de liberdade e uma fonte de soldagem multiprocesso. As soldagens foram realizadas na posição plana com cordão sobre chapa em chapas de aço comum ao carbono de 9,8 mm de espessura.

O arame-eletrodo utilizado foi o AWS ER70S-6 (aço carbono) com 1,2 mm de diâmetro, os gases de proteção utilizados foram 100% Ar, Ar + 25% CO₂ e 100% CO₂ com vazão ajustada em 16 l/min. A distância bico de contato-peça (DBCP) foi de 12 mm. Durante os experimentos foram coletados os dados da tensão e corrente de soldagem, bem como a velocidade de alimentação do arame eletrodo.

Os dados coletados foram analisados utilizando um programa implementado em Python. Para se determinar a regularidade do processo foi utilizado o Critério Laprosolda para Estabilidade de Transferência em MIG/MAG com curto-circuito, descrito nos trabalhos de Souza et al. (2009) e Rezende et al. (2011). Este critério se baseia na premissa de que a estabilidade da transferência por curto-circuito está ligada com a regularidade dos tempos em curto-circuito e em arco aberto, bem como no volume adequado que cada gota deve alcançar para haver a transferência por tensão superficial. Duarte (2017) e Souza et al (2009) propõem rotinas computacionais para fazer análises nos sinais de soldagem MIG/MAG por curto-circuito utilizando este critério.

O primeiro passo foi a determinação de parâmetros de soldagem que promovessem transferência por curto-circuito. Para isto, a velocidade de alimentação de arame foi ajustada até a corrente de soldagem atingir valores próximos à 150 A. Simultaneamente, a tensão de regulagem foi alterada para que o comprimento de arco fosse adequado para a transferência por curto-circuito. O procedimento foi repetido para os três gases utilizados e a tensão foi ajustada com a mudança do gás para, visualmente, manter os comprimentos de arco similares.

Mantendo-se os valores de tensão de regulagem e de velocidade de alimentação de arame constantes, variou-se o efeito indutivo da fonte (no equipamento usado denominado de ks) do valor de 30 (abaixo deste, o processo ficava demasiadamente irregular) até que se percebia que o processo estava operando de forma muito irregular. Para cada experimento foi realizado um cordão de solda com comprimento aproximado de 150 mm. O valor de velocidade de alimentação de arame (Valim) usado foi de 3 m/min em todos os experimentos. Os valores de ajuste do efeito indutivo da fonte que promoviam transferência fora da frequência de corte para curtos-circuitos foram descartados, conforme preconiza o Critério Laprosolda para Estabilidade de Transferência em MIG/MAG com curto-circuito.

Para medição do rendimento de deposição a massa da placa de teste foi medida antes e depois da soldagem utilizando-se uma balança semi-analítica (resolução de 0,01 g). A diferença de massa foi dividida pela massa fundida de arame calculada usando-se a velocidade de alimentação de arame e o tempo total de soldagem, conforme descrito por Santos (2010).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra o resultado da regularidade em função da taxa de subida da corrente para os três gases utilizados. Independente do gás de proteção utilizado há uma tendência de melhora na regularidade do processo (menores valores) para maiores valores da taxa de subida da corrente. Porém, observa-se que a regularidade, quando se utiliza gases contendo CO_2 , foi melhor para valores mais altos da taxa de subida da corrente, ou seja, a adição de CO_2 no gás requer maiores taxas de subida da corrente para que o processo opere mais regular. Por hipótese, essa diferença deve estar ligada à tensão superficial na gota. Estes resultados concordam com os resultados obtidos por Souza et al (2011) onde os autores, por meio de filmagens em alta velocidade, concluíram que operando em altas de subida da corrente maiores resultam em transferências mais regulares, mas mais abruptas ocasionando maiores oscilações na poça. Apesar de não relatado pelos autores, é razoável dizer que as oscilações da poça podem provocar geração de respingos.

A Figura 2 apresenta a correlação entre o índice de regularidade do processo e o rendimento de deposição para os três gases utilizados nos experimentos. Pode-se observar que a regularidade é melhor quando se usa $\text{Ar}+25\%\text{CO}_2$ como gás de proteção e que $100\%\text{CO}_2$ apresentou o pior resultado. Em relação à correlação entre o índice de regularidade e rendimento de deposição, observa-se que quanto maior o índice de regularidade (processo menos regular) maior o rendimento de deposição (menor quantidade de respingos). Este resultado indica que se o processo opera de forma regular, isso não se reflete na quantidade de respingos gerados.

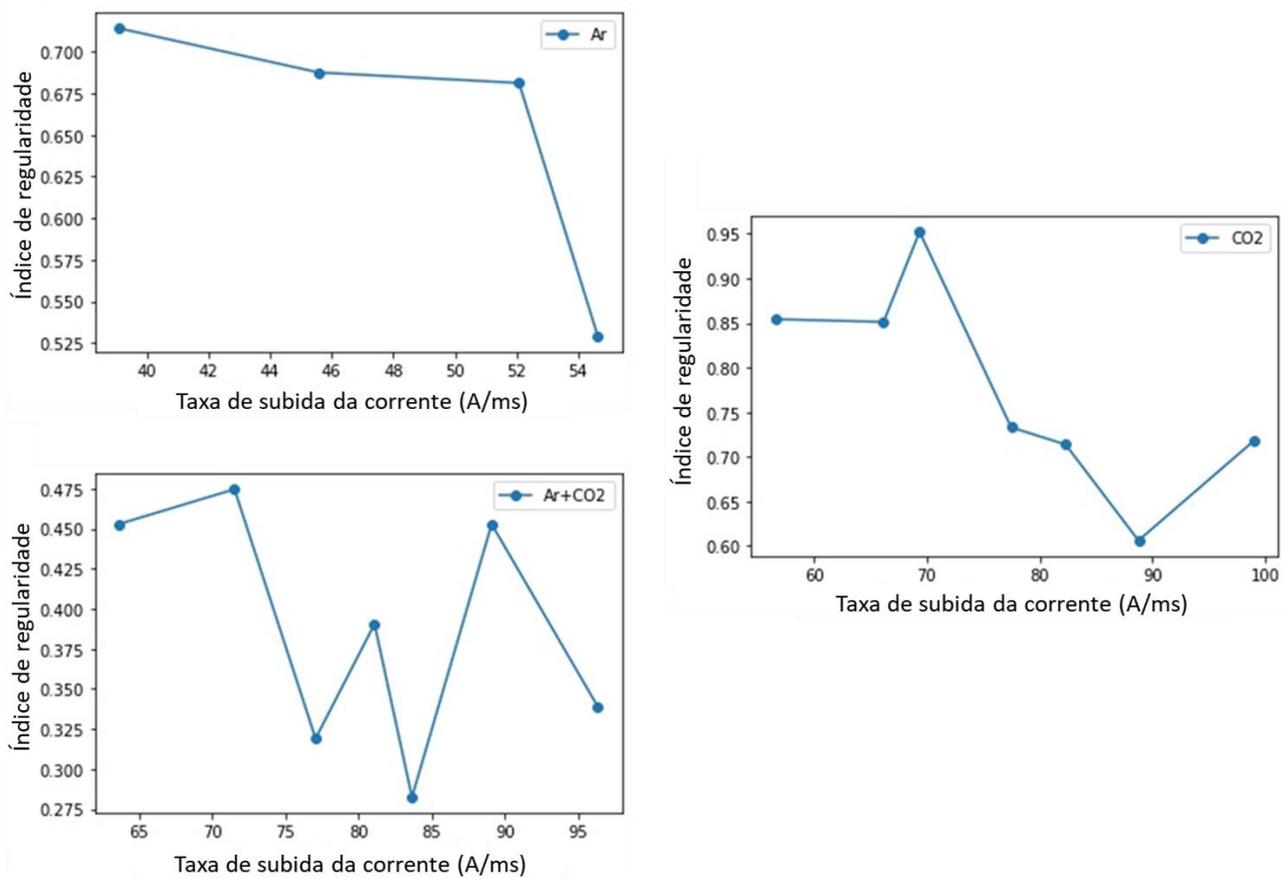


Figura 1 - Índice de regularidade em função da taxa de subida da corrente para três gases de proteção

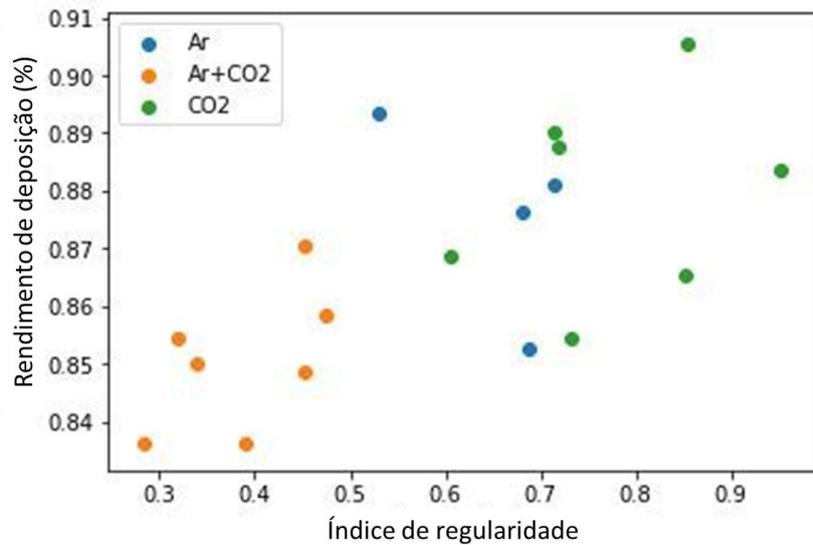


Figura 2 - Rendimento de deposição em função do índice de regularidade

4. CONCLUSÕES

Para os parâmetros e materiais utilizados neste trabalho, pode-se concluir que:

- Maiores valores de taxa de subida da corrente resultaram em melhores regularidades de transferência para todos os gases;
- A utilização de Ar+CO₂ no gás de proteção promoveu melhor regularidade;
- Nas condições de melhor regularidade de transferência ocorreram menor rendimento de deposição, ou seja, regularidade de transferência não leva a menor geração de respingos;
- A utilização de CO₂ no gás de proteção promoveu melhor rendimento de deposição;

5. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Prof. Marcelo Lemos Rossi da Universidade Federal de Pelotas (UFPeL) pela implementação do programa para o cálculo do índice de regularidade e da taxa de subida da corrente e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela bolsa de estudo concedida.

6. REFERÊNCIAS

- AQUSA, K.; YAMAUSHI, N. A state-of-the-art review of minor element effects on the gas-shielded arc phenomena in Japan. IIW Doc. XII-B-8-81.
- DUARTE, Vinicius Da Silva. Desenvolvimento de ferramenta computacional para análise do sinal de solda em soldagens mig/mag por curto-circuito. p. 43, 2017.
- DUTRA, J. C.; BAIXO, C. E. I.; OLLÉ, L. F.; GOHR JÚNIOR, R. Instrumentação para Estudo da Transferência Metálica em Soldagem MIG/MAG por Curto-Circuito. XXI Encontro Nacional de Tecnologia da Soldagem, p. 867-888, 1995;
- DUTRA, Jair Carlos. MIG/MAG–Transferência Metálica por Curto-Circuito–Fontes de Soldagem versus Gases do Arco. Soldagem e Inspeção, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 019-024, 2008.
- FONSECA, A. F.; AVELAR, R. C.; MODENESI, P. J. Efeito de Variações nas Características de Arames na Soldagem GMAW por Curto-Circuito. In: XXII Encontro Nacional de Tecnologia da Soldagem, 1996, Blumenau/SC. Anais do XXII Encontro Nacional de Tecnologia da Soldagem. São Paulo: Associação Brasileira de Soldagem, 1996. p. 187-196.
- LISKEVICH, O. ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO TEOR DE CO₂ NA REGULARIDADE DA TRANSFERÊNCIA DE METAL E ESTABILIDADE DO PROCESSO MIG/MAG. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Uberlândia. 2010.
- NORRISH, J. Advanced welding processes. Institute of physics, 1992.
- REZENDE, Gabriel Maradei Carneiro de; LISKEVYCH, Olga; VILARINHO, Louriel Oliveira; et al. Um critério para determinar a regulagem da tensão em soldagem MIG/MAG por curto-circuito. Soldagem & Inspeção, v. 16, n. 2, p. 98-103, 2011.
- SANTOS, R. P. G. UMA AVALIAÇÃO COMPARATIVA DOS PROCESSOS MIG/MAG E ELETRODO TUBULAR

EM TERMOS DE CAPACIDADE PRODUTIVA GERAÇÃO DE FUMOS E DE RESPINGOS. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Uberlândia. 2010.

SOUZA, D. et al., Relatório Interno Laprosolda/UFU 13/2009 - Manual de Utilização do Programa de Análise de Curto-Circuito para Determinação da Estabilidade de Transferência no Processo de Soldagem MIG/MAG, 9p

SOUZA, D.; ROSSI, M. L.; KEOCHEGUERIAN, F. Influência da regulagem de parâmetros de soldagem sobre a estabilidade do processo MIG/MAG operando em curto-circuito. Soldagem & Inspeção, v. 16, n. 1, p. 22–32, 2011.

STENBACKA, N.; PERSSON, K. A. Shielding Gases for Gas Metal Arc Welding. Welding Journal. Volume 68, nº 11, p. 41-47, Nov. 1989.

5. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

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