

ESTUDO DE SOLDAGEM MIG/MAG CURTO-CIRCUITO CONTROLADO E CONVENCIONAL ATRAVÉS DE MONITORAMENTO POR SISTEMA DE VISÃO NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO

Carolina Pimenta Mota, Laprosolda – UFU, cpimentamota@gmail.com
Marcus Vinícius Ribeiro Machado, Laprosolda – UFU, mvrmachado@pontal.ufu.br
Thonson Ferreira Costa, Laprosolda – UFU, thonsoncosta@yahoo.com.br
Louriel Oliveira Vilarinho, Laprosolda – UFU, vilarinho@mecanica.ufu.br
Roberto Mendes Finzi Neto, LMEst – UFU, finzi@mecanica.ufu.br

Resumo. A visão, o sentido predileto do ser humano, e sua grande capacidade de captar, processar e interpretar grandes quantidades de dados de natureza visual tem sido, ao longo dos anos, um grande estímulo para o desenvolvimento de técnicas e de dispositivos tecnológicos que a reproduzam um sistema computacional. Nos processos de soldagem, a visão pode fornecer dados desde na inspeção e qualidade da junta soldada, no monitoramento de parâmetros, na correção de trajetórias até, por fim, no estudo dos fenômenos envolvidos no processo. Porém, a radiação luminosa emitida pelo arco representa uma barreira para tais estudos baseados na visualização do processo. Em trabalhos anteriores, criou-se um sistema de visão para monitoramento, “ViaSolda”, de baixo custo e alta flexibilidade, com o uso de iluminação através do acionamento pulsado de diodos laser de alta potência no infravermelho próximo em conjunto com uma câmera com baixo tempo de exposição, 1,25 μ s, em soldagens TIG e MIG/MAG. Os resultados promissores do “ViaSolda” com a atual topologia de acionamento e, a demanda por estudos visuais do comportamento da poça fundida (e seus arredores), gerou o objetivo deste trabalho: : o estudo da viabilidade a aplicabilidade do monitoramento visual no infravermelho próximo de soldagens MIG/MAG com transferência por curto-circuito derivativos em comparação ao processo com transferência por curto-circuito convencional.

Palavras chave: Soldagem; Monitoramento; Visão; STT; RMD; CMT.

1. INTRODUÇÃO

Com base no estudo anteriores na área de sistemas de visão aplicados aos processos de soldagem (MOTA, C.P., 2011; MOTA, C.P., *et al*, 2010, 2011, 2013) desenvolveu-se um protótipo de um sistema de visão com uso de iluminação no infravermelho próximo (chamado de ViaSolda), de baixo custo e flexível. Isso foi possível através do uso de diodos laser de alta potência como fonte de iluminação (OSRAM, 2006) e o uso de uma câmera analógica monocromática, SI-M330, com tempo de exposição de 1,25 μ s (Costar Video Systems). De uma forma simplificada, os diodos laser são utilizados como uma luz de “flash”, tendo seu acionamento sincronizado com o momento de exposição e fabricação da imagem no CCD da câmera.

Utilizados em um conjunto de 19 em série e, sendo pulsados com uma corrente de pico de aproximadamente 30 A, os diodos laser de alta potência são capazes de sobrepor boa parte da luminosidade do arco voltaico, mesmo na transferência globular (maior corrente) ou quando a abertura mecânica do obturador está próxima de sua abertura total. Os quadros apresentam excelente contraste e nitidez, sendo possível discernir detalhes da superfície da poça, da gota em transferência e mesmo da chapa (ou junta, caso houvesse) (MOTA, C.P., *et al*, 2013).

Os processos derivativos MIG/MAG com transferência por curto-circuito são também uma resposta à demanda de ganho de produtividade e qualidade no setor de soldagem (COSTA, T.F., *et al*, 2012). Definidos pelo controle eletrônico e/ou mecânico da intensidade da corrente durante a transferência metálica, é possível o ajuste da forma de onda da corrente de soldagem em resposta às oscilações do processo (Silva, 2005), possibilitando a integração das vantagens da transferência metálica por curto-circuito convencional (como o pequeno aporte térmico) com a atenuação de alguns de suas desvantagens (como a alta geração de respingos ou sua irregularidade de transferência metálica) [18, 19]. Dentre os processos derivativos comerciais, tem-se o CMT® (*Cold Metal Transfer*) fabricado pela Fronius, o RMD® (*Regulated Metal Deposition*) pela Miller e o STT® (*Surface Tension Transfer*) pela Lincoln.

Desta forma, os resultados promissores do “ViaSolda” com a atual topologia de acionamento e, a demanda por estudos visuais do comportamento da poça fundida (e seus arredores), gerou o objetivo deste trabalho: o estudo da viabilidade a aplicabilidade do monitoramento visual no infravermelho próximo de soldagens MIG/MAG com transferência por curto-circuito controlado em comparação ao processo com transferência por curto-circuito convencional. Acredita-se que a obtenção de imagens do comportamento da poça e seus arredores pode auxiliar ao melhor entendimento destes processos e levando a um melhor aproveitamento de suas vantagens e limitações.

2. METODOLOGIA

Para o alcance do objetivo proposto neste trabalho optou-se pelo monitoramento visual de soldagens MIG/MAG com transferência por curto-circuito controlado comerciais - STT, CMT e RMD - em comparação ao processo convencional. Procurou-se, como base de comparação, manter a mesma quantidade de material depositado por comprimento de solda em todos os experimentos (Costa, 2012). Os parâmetros regulados em cada processo e comum a todos os processos estão listados nas Tabela 1 e Tabela 2.

Tabela 1. Parâmetros ajustados comum a todos os processos (Costa, 2012).

Parâmetro	Valor Médio	Unidade
Gás de Proteção	Ar + 25% CO ₂	---
Vazão do Gás de Proteção	15	l/min
Velocidade de Soldagem	18	cm/min
DBCP	14	mm

Nota: DBCP é a medida da distância entre o bico de contato e a peça.

Tabela 2. Parâmetros regulados específicos dos processos (Costa, 2012).

Processo	Parâmetro	Valor
Convencional	Velocidade de alimentação	2,3 m/min
	Tensão	18 V
RMD	Velocidade de alimentação	2,3 m/min
	TRIM	80
	Arc Cont	50
STT	Velocidade de alimentação	2,3 m/min
	Corrente de base	100 A
	Corrente de pico	320 A
	TAILOUT	10
CMT	Velocidade de Alimentação	4,2 m/min
	COMP ARCO	10

3. RESULTADOS

A aquisição de imagens foi realizada para cada um dos processos – MIG/MAG com transferência por curto-circuito, RMD, CMT e STT – de acordo com a metodologia apresentada. Os sinais elétricos de tensão e corrente médios foram observados para cada experimento e são resumidos na Tabela 3.

Tabela 3. Valores médios dos sinais elétricos observado para cada processo.

Processo	Corrente (A)	Tensão (V)
Convencional	113	17,7
RMD	123	16,8
STT	121	19,4
CMT	124	16,7

Exemplos de imagens obtidas pelo sistema de visão para o processos MIG/MAG com transferência por curto-circuito convencional e derivativos são mostrados na Figura 1. A título de obtenção de escala, deve-se considerar que o diâmetro do arame de 1,2 mm.

De uma forma geral, o sistema de visão provou-se também uma ferramenta promissora nos estudos dos processos tecnológicos de controle eletrônico para MIG/MAG com transferência por curto-circuito. As imagens apresentam boa sincronia, luminosidade e nitidez. Há uma boa visualização da região de interesse sem pouco ou nenhuma influência da luminosidade do arco de solda, sendo possível discernir detalhes como a frente de solidificação, o preenchimento da junta, o formato da poça fundida, entre outros. As fontes de soldagem têm pouca interferência na transmissão analógica da imagem, exceto para o processo STT, com presença de ruídos do tipo salt and pepper. A ferramenta, portanto, fornece uma boa base de estudo para o comportamento da poça fundida e da formação do cordão.

A baixa velocidade de aquisição das imagens (30 quadros por segundo) não resulta em uma amostragem suficiente para o estudo da transferência metálica em nenhum dos processos, porém fornece indicações de seu comportamento em momentos distintos da aquisição. É evidente a suavização do destacamento da gota nos processos controlados, com maior influência da tensão superficial e menor estrangulamento da gota devido as forças magnéticas.

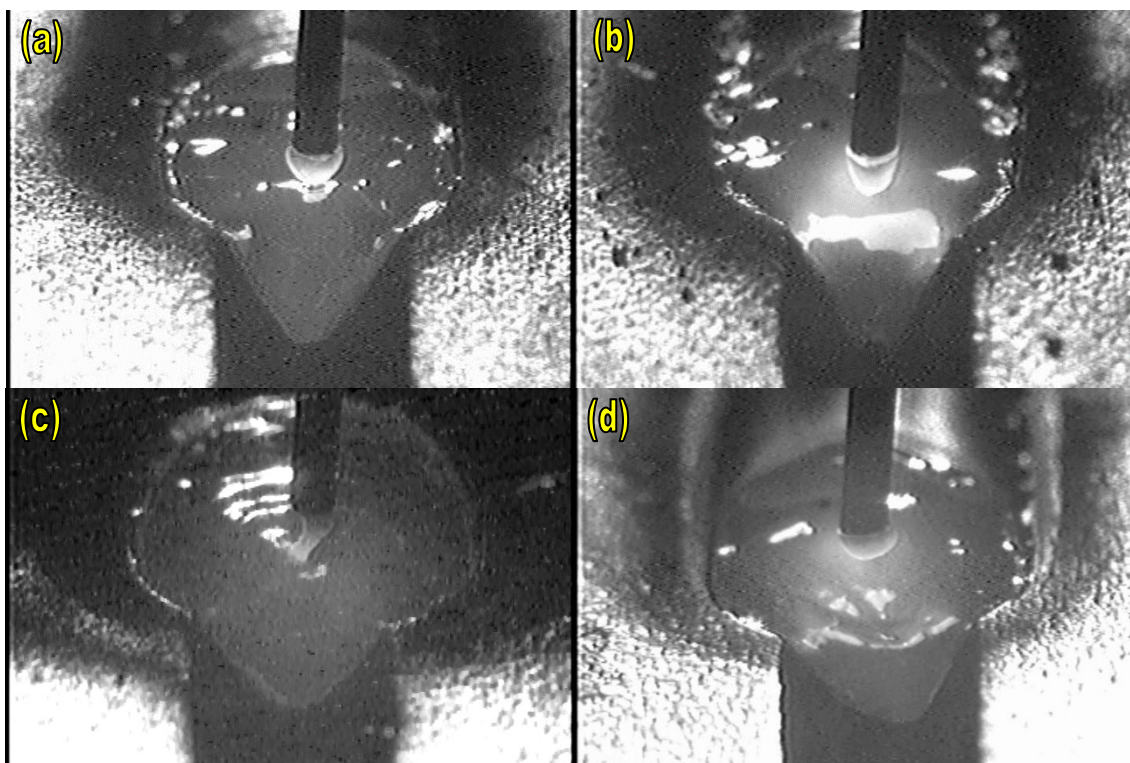


Figura 1. Imagens obtidas pelo sistema de visão para o processos MIG/MAG com transferência por curto-circuito convencional (a) e derivativos – RMD (b), STT (c) e CMT (d).

Os processos STT e RMD mostraram menor formação de respingos quando comparados ao processo convencional, enquanto o processo CMT não houve qualquer evidência desses. A sequência de imagens evidencia o movimento de avanço e recuo do arame nos momentos de curto-circuito e rompimento da gota para o processo CMT, assim como sua maior regularidade do processo como um todo (comprimento do arco, geometria do cordão). Os resultados foram compatíveis com o que espera-se de cada processo derivativo na literatura.

4. CONCLUSÃO

Acredita-se que o sistema está apto para a realização de monitoramento visual nos processos mencionados. Conclui-se que esse é apto para a utilização como seguidor de juntas, por exemplo, ou como ferramenta de estudo do comportamento da poça fundida e da formação do cordão. Acredita-se que a aquisição dos sinais elétricos em sincronia com a aquisição de imagens, ainda que em baixa velocidade, pode ainda trazer um maior benefício no entendimento desses processos. Para o estudo da transferência metálica, acredita-se que a adaptação do sistema de visão para altas velocidades seria suficiente.

5. REFERÊNCIAS

- COSTA, T.F., et al. Avaliação do Processo MIG/MAG Curto-Circuito Convencional e Controlado para a Soldagem de Dutos de Aço Carbono em Passe Único. *Soldagem & Inspeção*, v.17, n. 4, p. 13, 2012.
- KVASOV, F.V. Special Features of Mechanized Welding with Controlled Electrode Metal Transfer. *Welding International*, v.14, n. 2, p. 4, 2000.
- MOTA, C.P., et al. Sistema de Visão por Infravermelho Próximo para Monitoramento de Processos de Soldagem a Arco. *Soldagem e Inspeção*, v.18, n. 1, p. 019-030, 2013.
- MOTA, C.P., et al., Sistema de Visão para Monitoramento dos Processos de Soldagem através do uso de câmera com baixo tempo de exposição, in 7º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação (COBEF2013). 2013: Itatiaia - RJ. p. 1-9.
- MOTA, C.P., et al., Study Of The Efficiency Of A Vision System For Monitoring And Development Of Arc-Welding Process, in 21st Brazilian Congress of Mechanical Engineering (COBEM). 2011: Natal, RN. p. 10.
- MOTA, C.P., et al., Topologia De Acionamento De Diodos Laser De Alta Potência Visando Sua Utilização Em Auxílio Visual A Processos De Soldagem, in VI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica (CONEM). 2010: Campina Grande, Paraíba. p. 10.
- MOTA, C.P., Sistema de Visão por Infravermelho Próximo para Monitoramento de Processos de Soldagem a Arco, in Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia. 2011: Uberlândia. p. 137.

Nanostack Pulsed Laser Diode in Plastic Package 75 W Peak Power. 2006, OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS: Regensburg.

Remote Head Monochrome CCD Camera SI-M330 Operation Manual, Costar Video Systems: Temecula, CA.

SILVA, R.H., Soldagem MIG/MAG em Transferência Metálica por Curto-Circuito Controlado Aplicada ao Passe de Raiz, in UFSC. 2005: Santa Catarina. p. 128.

Technology gest to the root of pipe welding. 2010 [cited 20 de abril de 2010]; Available from: www.lincolnelectric.com.

VILARINHO, L.O., et al., Embedded Monitoring And Control Systems For Pipe Welding, in Rio Pipeline Conference & Exposition 2013 2013: Rio de Janeiro. p. 1-10.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

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