

PROPOSTA PARA UTILIZAÇÃO DE SINAL DE LUMINOSIDADE DO ARCO PARA DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CONTROLE DE POSICIONAMENTO DA TOCHA NO PROCESSO MIG/MAG

Peter Jan Groetelaars

Universidade Federal de Uberlândia, Laboratório para o Desenvolvimento de Processos de Soldagem – Laprosolda-UFU, Av . João Naves de Ávila 2160, Campus Santa Mônica, Uberlândia-MG
peterjan@mecanica.ufu.br

Américo Scotti

Universidade Federal de Uberlândia, Laboratório para o Desenvolvimento de Processos de Soldagem – Laprosolda-UFU, Av . João Naves de Ávila 2160, Campus Santa Mônica, Uberlândia-MG
ascotti@mecanica.ufu.br

Resumo: Os dois parâmetros principais de um processo de soldagem a arco são o comprimento do arco e corrente. Por isso, a manutenção destes parâmetros em níveis mais estáveis possíveis é de extrema importância para se obter uma geometria de cordão constante. Entretanto, durante as diversas possibilidades de utilização do processo MIG/MAG, variações na posição da tocha, mensurada pela distância do bico de contato a peça (DBCP), podem ocorrer, causadas por irregularidades na peça a ser soldada, movimentação da poça de fusão, desalinhamento entre a tocha e a peça, etc. Variações da DBCP ocasionam uma mudança no comprimento energizado do eletrodo, que por sua vez modifica a resistência elétrica do arame, causando assim pequenos desvios de corrente. Esses desvios podem dificultar o controle da fusão ou instabilizar o arco. A utilização de um sistema de controle que possa manter constante a distância da tocha à peça poderia minimizar sensivelmente os efeitos dos desvios da corrente e do comprimento do eletrodo energizado. Isto tem sido feito usando-se a tensão do arco como parâmetro de controle, mas algumas limitações são observadas nestes sistemas. Como mudanças da DBCP podem ser sentidas pela variação da luminosidade do arco elétrico, o objetivo deste trabalho foi propor a utilização de um sensor de luminosidade como base de um sistema de automação e auto-correção do posicionamento da tocha do MIG/MAG, atuando como um controle externo.

Palavras-chave: Sistema de Controle de soldagem, Sensor Óptico, Luminosidade do arco, MIG/MAG.

1. INTRODUÇÃO

O processo de soldagem MIG/MAG é um processo semi-automático ou automático, em que a deposição do material de adição é garantida pela contínua alimentação de um arame-eletrodo, feita mecanicamente através de um alimentador motorizado. O arco e a poça de fusão são protegidos por um gás inerte (Ar e/ou Hélio) ou ativo (misturas de argônio e/ou Hélio com CO₂ e/ou O₂), dependendo do material a ser soldado.

Os dois parâmetros principais de um processo de soldagem a arco são o comprimento do arco e corrente. Por isto, a manutenção destes parâmetros em níveis o mais estáveis possível é de extrema importância para se obter geometrias de cordão constante. Entretanto, durante as diversas possibilidades de utilização do processo MIG/MAG, variações na posição da tocha, mensurada pela distância do bico de contato à peça (DBCP), podem ocorrer, causadas por irregularidades na peça a ser soldada, movimentação da poça de fusão, desalinhamento entre a tocha e a peça, etc. A manutenção do comprimento de arco em valores constantes em processos como o MIG/MAG é feito por sistemas de controle, cujos princípios dependem do tipo da fonte (características estáticas da fonte), a saber, fontes do tipo tensão constante ou do tipo corrente constante.

Fontes de tensão constante são aquelas que permitem o ajuste da tensão de trabalho e que têm uma curva estática tensão versus corrente que tende a produzir uma tensão de arco relativamente constante. A corrente é função da carga (comprimento do arco para uma dada combinação de DBCP, diâmetro e tipo do arame-eletrodo, tipo de gás de proteção e ajuste da tensão), ajustada indiretamente pela velocidade de alimentação do arame. Em fontes tensão constante, quanto maior for a velocidade de alimentação do arame, menor o comprimento do arco e maior a corrente, para uma determinada tensão de referência (CEF – curva estática da fonte).

Quando, por exemplo, há um aumento da DBCP (instantaneamente aumentando o comprimento do arco), a corrente forçosamente se reduz e, conseqüentemente, menor se torna a velocidade de fusão do arame. Como a velocidade de alimentação não se altera (ajustada inicialmente), ela se torna maior do que a velocidade de fusão, fazendo com que a ponta do arame se aproxime progressivamente da poça (reduzindo o comprimento do arco). Mas a medida que o arco reduz seu comprimento, a corrente de soldagem se regenera quase que integralmente, até que haja novamente o equilíbrio da velocidade de alimentação com a velocidade de fusão. Em outras palavras, acontece um auto-ajuste do tamanho do arco elétrico e da corrente de soldagem, fazendo com que a soldagem se aproxime do seu ponto inicial de trabalho estabelecido (ponto de trabalho é o cruzamento da CEF com a CEA - curva estática do arco). Essa regulação é chamada de controle interno ou controle pela velocidade de fusão.

Já fontes de corrente constante são aquelas que permitem o ajuste da corrente de trabalho e que têm uma curva estática tensão versus corrente que tende a produzir uma corrente de soldagem relativamente constante. A tensão é função da carga, ajustada indiretamente pela velocidade de alimentação do arame. Devido às diferenças entre este tipo de fonte e as fontes do tipo tensão constante, com o uso de fontes do tipo corrente constante há a necessidade de um ajuste externo de parâmetros de soldagem para a manutenção do comprimento do arco relativamente constante. Para tal, usa-se o sinal de tensão do arco como parâmetro de controle, já que arcos mais longos significam maiores tensões, enquanto arcos menores significam menores tensões. A ação externa pode ser dar, por exemplo, sobre o motor de alimentação do arame. No caso do crescimento do arco, a tensão do arco supera o valor da tensão de referência, fazendo o motor aumentar a velocidade de alimentação, e vice versa. Esse sistema é conhecido como Controle Externo, ou controle pela velocidade de alimentação. Existem outros sistemas de controle em que, atuando ainda com o sinal de tensão, agem sobre a fonte no sentido de aumentar ou reduzir temporariamente a corrente.

Os controles interno e externo são relativamente efetivos quando se quer que a soldagem permaneça sempre operando próximo ao ponto inicial de trabalho. Porém, em muitos casos especiais, sobretudo em automação, pequenos desvios no valor da corrente e do comprimento energizado de arame (“l”) podem ocorrer, comprometendo o desempenho do processo. Desvios, mesmos que pequenos, da corrente em relação ao ponto inicial de trabalho podem dificultar o controle da fusão de chapas finas ou instabilizar um ajuste otimizado da transferência metálica, provocando heterogeneidade no cordão de solda, respingos, penetração irregular, etc

Existem estudos que relatam a relação da estabilidade do arco em transferência por curto circuito com a oscilação da poça de fusão. A máxima estabilidade do arco é obtida quando a frequência de oscilação da poça é próxima a frequência do curto-circuito (Hermans & Ouden, 1999). Desvios do valor de “I” e da corrente contribuem para uma variação da frequência de oscilação da poça, promovendo instabilidade. A pequena variação do comprimento energizado de arame também pode comprometer a estabilidade da transferência metálica devido a influência que a resistência ôhmica têm sobre o modo de transferência.

Assim, a utilização de um sistema de controle que pudesse manter constante a distância da tocha à peça, ao invés de atuar sobre o comprimento do arco, poderia minimizar sensivelmente os efeitos dos desvios da corrente e do “I”. Isto poderia ser feito utilizando-se o mesmo princípio do controle externo, mas agora agindo sobre o posicionamento da tocha em coordenadas constantes, técnica conhecida como AVC (Automatic Voltage Control).

Em Fontes Tensão Constante, a variação da tensão é muito pequena, portanto não serviria como base para um sistema de movimentação independente da tocha. Já o parâmetro corrente possui uma larga variação, porém a velocidade dessa variação é intensa num curto espaço de tempo, o que dificultaria a resposta desse sistema de controle dinâmico.

Utilizando-se Fontes Corrente Constante, seria difícil utilizar a corrente como referência, pois ela varia muito pouco. Já a variação da tensão poderia dar uma boa resposta; ao invés de utilizar o controle externo na mudança da velocidade de alimentação do arame, poder-se-ia usar o sinal da variação da tensão (AVC) diretamente para posicionar a tocha em coordenadas constantes. Porém, dependendo do tipo de transferência, esse controle poderia não funcionar perfeitamente. No curto circuito, por exemplo, não há homogeneidade no sinal de tensão, o que inviabilizaria esse tipo de controle.

Uma solução para o posicionamento da tocha seria a utilização de sistemas de programação de trajetórias como em robôs, que inclusive já são utilizados. Porém há necessidade de se fazer o “setup” para cada peça nova a ser soldada, o que diminui a produtividade. A existência de irregularidades na peça, movimentação das mesmas por efeito térmico, etc., também dificultaria a utilização de robôs programáveis, pois o mesmo não teria sensibilidade a essas anomalias (ele simplesmente segue as coordenadas pré-estabelecidas). A existência de um sensor que pudesse guiar a tocha automaticamente, sem a necessidade de programação prévia, aumentaria sensivelmente a qualidade e produtividade do processo de soldagem automático.

Existem estudos que relatam a relação da luminosidade do arco elétrico com suas características e modos de transferência metálica. Caso essas relações sejam comprovadas e compreendidas, a utilização de um sensor de luminosidade poderia servir como base para um sistema de automação para a correção do posicionamento da tocha do MIG/MAG, atuando como um controle externo. Desta forma, o objetivo deste trabalho é levantar condições experimentais que venham permitir avaliar se um sensor de luminosidade já desenvolvido no Laprosolda/UFU pode ser utilizado com este propósito.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para determinar a relação do arco elétrico com a luminosidade, inicialmente procurou-se encontrar parâmetros de soldagem para uma transferência metálica estável por curto-circuito em diferentes níveis de corrente e de comprimento de arco. Foi utilizada a fonte “Inversal 300” ajustada para corrente constante (Curva Estática da Fonte - CEF), em três níveis de corrente de referência, 100, 150 e 200 A, e com uma corrente de curto-circuito fixa ajustada em 350 A.

Como parâmetros iniciais foram utilizados:

- Arame: AWS ER70S6, 1,2mm (Aço Carbono)
- Gás de proteção: Ar + CO₂ 12%
- Vazão do gás – 12 l/m

Primeiramente utilizou-se a fonte no modo Normal, ou seja, com o controle externo ativado. Os parâmetros de soldagem ajustados para o modo Normal foram a corrente de referência, corrente de curto-circuito, tensão de referência, DBCP, composição e vazão do gás e velocidade de soldagem. Durante a soldagem foram adquiridas a corrente e a tensão (valores médio e eficaz) e monitorada a velocidade de alimentação (Valim). No modo Normal, o valor da Valim não é indicado pela fonte, portanto teve-se que utilizar um dispositivo para tal. Foi utilizado um encorder (dispositivo baseado na conversão de pulsos, correspondentes à rotação, em tensão, pulsos estes gerados pela passagem de um disco ranhurado por um feixe de luz de um diodo) em conjunto com um multímetro, onde se obteve valores de tensão para cada velocidade de alimentação ajustada. Após adquirir algumas medidas de equivalência de tensão e Valim (escala da máquina), constatou-se uma relação linear. A relação entre a velocidade real de alimentação e a existente na escala da fonte também foi estudada. A calibração da escala da velocidade de alimentação da fonte foi efetuada por um dispositivo composto de um conduíte, tubo eletricamente isolado, e um cronômetro digital (DMATD-Laprosolda). O acionamento e a desativação do cronômetro foram efetuados por contatos “start”, acoplado no início do conduíte, e “end” acoplado no final do conduíte. Como o conduíte foi ajustado na saída do bico de contato, logo que o arame adentrou o tubo, iniciou-se a contagem do tempo, até o fechamento do contato no “end”. Possuindo o valor do tamanho do conduíte e os tempos para cada velocidade de alimentação ajustados na escala, observou-se também uma função linear entre a velocidade real de alimentação e a escala da fonte. Pode-se observar na Figura 1 o gráfico da relação entre a velocidade real de alimentação e a tensão lida no multímetro.

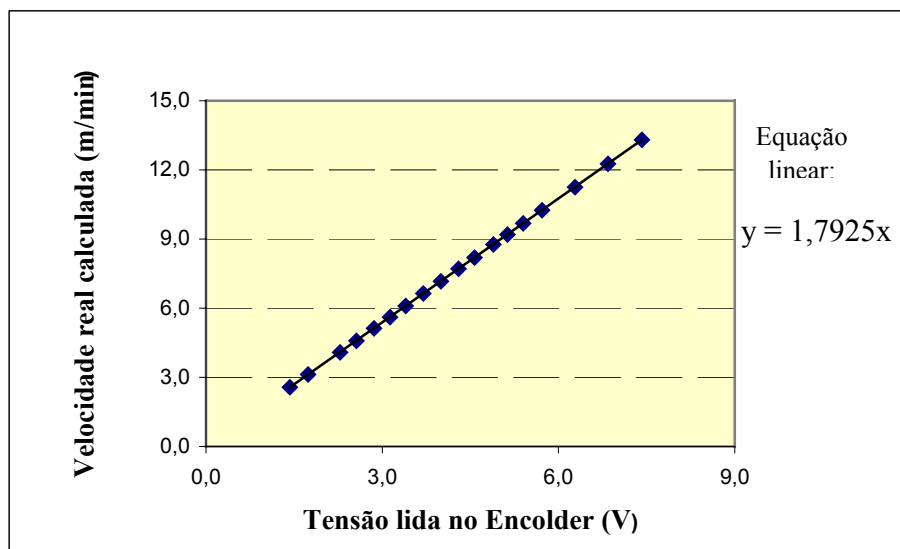


Figura 1: Curva de calibração do alimentador de arame

Constatada estabilidade no arco e modo de transferência por curto-circuito no modo Normal, pôde-se, então, seguir para o próximo passo, ou seja, a soldagem no modo Especial, com o controle externo desligado. Nesse modo, os parâmetros de soldagem são os mesmos do modo Normal, com exceção da tensão de referência, que não é ajustada. No lugar da tensão de referência, a velocidade de alimentação (Valim) passa a ser o parâmetro de ajuste, explicando assim o cuidado tomado na calibração e aquisição da velocidade de alimentação. A Valim adotada para ajuste na fonte foi a velocidade monitorada no modo Normal, proporcionando assim, características semelhantes do arco “estável” nesse modo de soldagem.

Observada a “repetibilidade” do arco obtido no modo Normal para uma faixa de corrente ajustada, continuou-se a utilizar o modo Especial, mantendo-se constante todos os parâmetros com exceção da distância bico de contato-peça (DBCP). Esse procedimento foi seguido como uma maneira de se obter três tamanhos diferentes de arco para uma mesma corrente de referência, já que não é possível no modo Normal, onde o controle externo atua, mantendo praticamente constante o comprimento do arco.

Durante a soldagem foi monitorado o valor da velocidade de alimentação, através de um multímetro, e adquiridos os sinais de corrente de soldagem e tensão do arco em uma placa de aquisição de resolução de 12 bits a 10 kHz.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Obteve-se para os três níveis de corrente impostos (100, 150, 200 A), com variação de três valores de DBCP (12, 15 e 18 mm) para cada corrente, transferência por curto-circuito nos parâmetros ajustados. A transferência por curto-circuito pôde ser constatada em primeira vista pela emissão sonora, pois a mesma emite um som característico. Porém, para garantir que o modo transferência metálica era o desejado, fez-se à aquisição da tensão e corrente. Obteve-se na aquisição o oscilograma de tensão e corrente, onde se pôde observar uma elevação brusca da corrente no momento da queda da tensão, caracterizando a transferência por curto-circuito.

O objetivo de variar somente a DBCP para cada corrente para encontrar três tamanhos diferentes de arcos foi alcançado visualmente. Pôde-se também observar que nas faixas de corrente de referência trabalhadas, mostrou-se uma tendência da elevação da tensão em decorrência do aumento da DBCP, assim dando uma indicação de aumento do comprimento do arco. Entretanto verificou-se também uma queda na corrente com o aumento do comprimento do arco, o que não era de se esperar para uma fonte corrente constante. A razão para tal é que curtos-circuitos a diferentes comprimentos de arcos provocam transferências desiguais, afetando a dinâmica da variação da corrente, fato que a fonte não consegue ajustar na velocidade necessária. Pode-se comprovar essas informações consultando os dados obtidos na Tabela 1. Obteve-se valores inesperados no experimento de número 28, onde a tensão medida foi muito baixa.

Tabela 1: Valores experimentais obtidos.

Exp N°	Modo Sold	Iref/Ipico (A)	U ref (V)	Valim (m/min)	Vm alim (m/min)	DBCP (mm)	Vsol (cm/min)	I med (A)	Ief (A)	Umed (V)	Uef(V)
20	N	100/350	22	-	2,58	18	18	-	-	-	-
21	E	100/350	-	2.6	2,66	18	18	120	134	19.5	20
24	E	100/350	-	2.6	2,65	15	18	124	140	19.3	20
27	E	100/350	-	2.6	2,66	12	18	126	144	18.7	19.9
16	N	150/350	22	-	3,89	18	27	-	-	-	-
17	E	150/350	-	3.9	4,03	18	24	169	176	21.7	22.5
23	E	150/350	-	3.9	3,96	15	24	175	184	19.5	20.7
26	E	150/350	-	3.9	3,96	12	24	175	185	18.8	20.1
14	N	200/350	22	-	5,69	18	30	-	-	-	-
15	E	200/350	-	5.7	5,83	18	34	215	217	21.8	23.2
28	E	200/350	-	5.7	5,78	15	34	219	222	18.1	19.9
25	E	200/350	-	5.7	5,82	12	34	228	233	18.5	20.3

Onde,

N = Modo de soldagem Normal (Ajustado);

E = Modo de soldagem Especial (Ajustado);

I_{ref} = Corrente de referência (Ajustado);

I_{pico} = Corrente pico de curto-circuito (Ajustado);

U_{ref} = Tensão de referência ajustada no modo de soldagem Normal;

V_{alim} = Velocidade de alimentação ajustada no modo de soldagem Especial;

V_{m alim} = Tensão monitorada no multímetro para cálculo posterior de Velocidade de alimentação do arame;

DBCP = Distancia bico de contato a peça, ajustada por meio de gabaritos nas medidas predeterminadas;

V_{sol} = Velocidade de soldagem, ajustada na mesa de soldagem;

I_{med}, I_{ef}, U_{med} e U_{ef} = Corrente média e eficaz (RMS), Tensão média e eficaz (RMS), aquisitadas em um período de cinco segundos com resolução de placa de 12 bits.

A determinação de três comprimentos de arco para cada faixa de corrente é de extrema importância, pois nos ensaios futuros será adquirido, para cada comprimento de arco, o sinal de luminosidade sincronizado com a filmagem do arco, sinal de corrente e tensão. Com os dados obtidos poderão ser traçados linhas de “iso-lumissosidade” em um gráfico comprimento do arco versus corrente, ou seja, obter-se-á pontos onde, para mesma corrente e comprimento de arco, têm-se a mesma luminosidade. Conhecendo-se essas linhas, pode-se prever o comportamento do arco a partir do sinal de luz adquirido por um sensor de luminosidade. A utilização do sinal de luminosidade teria aplicação em um sistema de controle da tocha no processo MIG para manter-se constante a DBCP, evitando-se desvios de corrente.

4. CONCLUSÕES

O procedimento para se obter diferentes tamanhos de arco utilizando fontes do tipo corrente constante e transferência metálica por curto-circuito demonstrou-se eficiente. Portanto, a aplicação dessa técnica para o início do desenvolvimento de um sistema de controle de posicionamento da tocha é viável.

5. REFERÊNCIAS

Hermans, M. J. M and OUDEN G. Den, 1999, “Process Behavior and Stability in Short Circuit Gas Metal Arc Welding”, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands.

PROPOSAL FOR USING ARC LUMINOSITY SIGNALS IN THE DEVELOPMENT OF A TORCH POSITION CONTROL SYSTEM DURING GMAW

Peter Jan Groetelaars

Federal University of Uberlândia, Welding Process Development Laboratory – Laprosolda-UFU, Av . João Naves de Ávila 2160 Campus Santa Mônica, Uberlândia-MG
peterjan@mecanica.ufu.br

Américo Scotti

Federal University of Uberlândia, Welding Process Development Laboratory – Laprosolda-UFU, Av . João Naves de Ávila 2160 Campus Santa Mônica, Uberlândia-MG
ascotti@mecanica.ufu.br

Abstract: *The main parameters of a welding process are current and the arc length. Therefore, the maintenance of these parameters in levels as stable as possible is very important to maintain the weld bead profile geometry constant. However, torch position variations, measured by the contact tip-workpiece distance (CTWD), can happen, caused by workpiece irregularities, weld pool oscillations, lack of alignment between torch and workpiece, etc. CTWD variations lead to changes in the energized electrode length, which in turn modify the electrode electric resistance, causing current deviations. These deviations may make both the fusion control more difficult and the arc more instable. The use of a control system that could keep constant the torch and workpiece distance would significantly minimize the deviation effect. Arc voltage has been employed as a parameter control for this purpose, but some limitations are noted in these systems. As CTWD changes can be “felt” by arc luminosity, the objective of this work foi to propose the application of a luminescence sensor as a base for an automate system to self-adjust torch position, working as an external control.*

Keywords: *Welding control system, Optical sensor, Arc luminosity, GMAW.*