



ESTUDO PRELIMINAR PARA A OBTENÇÃO DE PARÂMETROS DE SOLDAGEM USANDO A TRANSFERÊNCIA METÁLICA POR CURTO-CIRCUITO E CURTO-CIRCUITO CONTROLADO POR MEIO DO PROCESSO MIG/MAG NA POSIÇÃO HORIZONTAL, COM APLICAÇÃO EM REVESTIMENTOS COM A LIGA AWS ER NiCrMo-3

Felipe W. da S. Marques^{1*}, Marcelo F. Motta¹

1 – Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Materiais, Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Bloco 729, 60440-554, Fortaleza, Brasil.

felipe.wendrio@alu.ufc.br

RESUMO

Revestimentos aplicados por soldagem são mecanismos utilizados para atribuir a um substrato características que não são intrínsecas a ele. Para este fim, destacam-se os modos de transferência metálica por curto-circuito (CC) e curto-circuito controlado (CCC), considerando a soldagem fora da posição plana. Os objetivos do trabalho são determinar parâmetros de soldagem adequados para aplicações em revestimentos na posição horizontal por meio do processo MIG/MAG usando a liga de níquel AWS ER NiCrMo-3 através das transferências metálicas por CC e CCC. Os parâmetros de soldagem mais adequados, dentre os abordados no estudo, foram utilizados para gerar uma curva do modo CCC. O passe resultante desta curva apresentou maior estabilidade, menos respingos e melhor aspecto superficial.

Palavras-chave: *Revestimentos, MIG/MAG, Posição Horizontal, Curto-Circuito, Curto-Circuito Controlado.*

INTRODUÇÃO

Revestimentos por soldagem são técnicas que consistem em atribuir a um metal base características que não são inerentes a ele. Para isso, usa-se um consumível dissimilar com propriedades mais nobres que o material de base. Dentre os eletrodos ou arames utilizados destacam-se as ligas de níquel. A necessidade de proteger materiais contra a corrosão e de fornecer um desempenho adequado que resista às condições adversas em serviço através do uso de revestimentos por soldagem já foram amplamente exploradas na literatura em trabalhos acadêmicos^(1,6).

Uma série de equipamentos e estruturas que exigem a aplicação de revestimentos internos e/ou externos para suportar um determinado regime de trabalho podem trazer dificuldades para possibilitar a soldagem na posição plana por conta de suas configurações espaciais no ambiente de serviço ou por outros aspectos como peso e tamanho. Para isso são necessários o desenvolvimento e o aprimoramento de técnicas e procedimentos que permitam uma aplicação adequada das camadas protetoras em outras posições de soldagem. Na Figura 1 tem-se um

desenho esquemático de um processo de soldagem a arco elétrico utilizando arame consumível na posição horizontal.

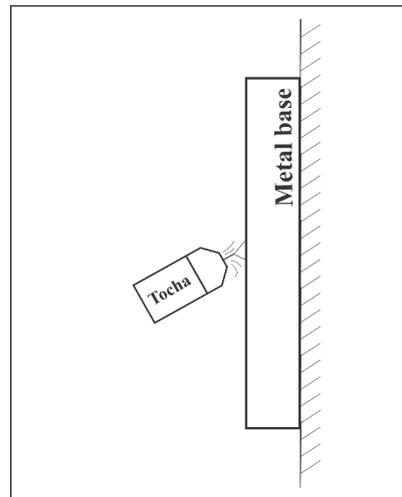


Figura 1: Representação de uma soldagem na posição horizontal.

A soldagem fora da posição plana torna-se mais complexa por conta da ação da gravidade, que age de forma a dificultar a transferência metálica, podendo causar, por exemplo, o escorrimento dos passes. Por isso, em se tratando do processo MIG/MAG, alguns exemplos de tipos de transferência recomendadas para soldagem multiposicional são, de acordo com publicações científicas: curto-circuito^(3,4,5), para o modo convencional da fonte, além do curto-circuito controlado⁽⁵⁾ em se tratando de processos mais modernos com controle de corrente.

A transferência por curto-circuito convencional se caracteriza por proporcionar um pequeno aporte de calor ao metal base por conta dos baixos valores de tensão e corrente de soldagem^(3,4,5) quando o arco elétrico está aberto⁽⁵⁾. Pode produzir uma grande quantidade de respingos^(3,4), principalmente se não for parametrizada adequadamente. A transferência por curto-circuito controlado, por possuir um melhor controle da corrente de soldagem advindo do uso de fontes mais modernas (um exemplo é a patente usada pela empresa IMC, denominada CCC), permite a soldagem de cordões com maior estabilidade térmica e com menor número de respingos⁽⁵⁾.

Desta forma, este trabalho possui como proposta a exploração de parâmetros de soldagem na posição horizontal visando a aplicação em revestimentos usando os tipos de transferência metálica por curto-circuito e curto-circuito controlado.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos deste trabalho foram realizados por meio do processo de soldagem MIG/MAG na posição horizontal (Figura 2) e foram utilizados como consumíveis o arame AWS ER NiCrMo-3 (diâmetro do eletrodo = 1,0 mm e distância bico de contato-peça = 18 mm), argônio puro como gás de proteção (vazão = 16 L/min) e o material de base foi o aço ASTM A36 (dimensões = 185 mm x 36 mm x 12,7 mm). Os tipos de transferência metálica empregados foram o curto-circuito convencional (CC) e o curto-circuito controlado (CCCI – 2º geração), disponíveis na fonte IMC *Digiplus*. O trabalho foi dividido em duas etapas, que serão descritas a seguir. Em resumo, será utilizada inicialmente uma exploração de parâmetros com a transferência CC para posterior aplicação no modo CCCI.



Figura 2: Bancada utilizada para a soldagem dos passes (trocar figura)

Etapa 1

O estudo iniciou com a soldagem de cordões em simples deposição utilizando a transferência metálica do tipo curto-circuito convencional. A realização dos ensaios se deu a partir de um fatorial completo que teve como base três fatores de controle: tensão de referência (U_r), velocidade de alimentação do arame (V_{alim}), K_s (dinâmica de subida) e K_d (dinâmica de descida). Cada fator variou em três níveis, como pode ser visto na Tabela 1. A velocidade de soldagem empregada foi de 21 cm/min e a tocha se deslocou sem a aplicação de tecimento com um ângulo de inclinação de 10° .

Tabela 1: Fatores de controle do experimento e seus respectivos níveis.

U_r (V)	V_{alim} (m/min)	K_s	K_d
19	5	60	60
20	6	100	100
21	7	130	130

Após a realização dos ensaios, os cordões foram fotografados e passaram por uma avaliação qualitativa, ou seja, foram observados os aspectos superficiais dos passes como irregularidades, respingos, mordeduras e escorrimento. O objetivo foi selecionar um nível de cada um dos fatores de controle da Tabela 1 para a realização da Etapa 2.

Etapa 2

Esta etapa foi voltada para a determinação de parâmetros de soldagem do modo curto-circuito controlado. Devido à grande quantidade de parâmetros a serem determinados para o CCCI, utilizou-se como referência o oscilograma tensão *versus* corrente de soldagem da condição mais estável selecionada na Etapa 1. Através do auxílio do manual da fonte IMC⁽²⁾, onde estava disponível a curva do modo CCCI, foi realizada uma sobreposição da curva do modo CC selecionada na Etapa 1 com a curva disponível no manual, como pode ser visto no esquema da Figura 3. Através desta sobreposição, foram determinados por aproximação todos os parâmetros do modo CCCI a serem ajustados. Na sequência, foram realizados testes para a verificação da estabilidade dos passes.

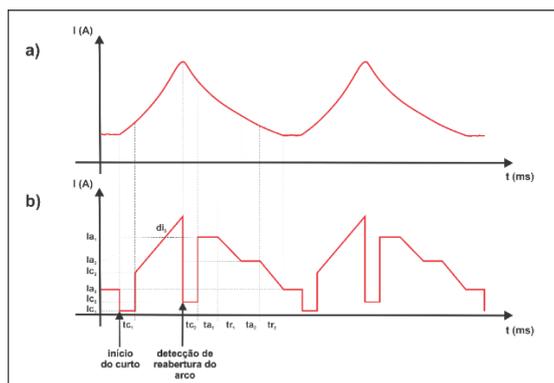


Figura 3: Sobreposição de gráficos de tensão versus corrente para os modos CC e CCC

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Etapa 1

Na Figura 4 estão representados alguns dos cordões soldados durante a realização do fatorial completo.

TENSÃO = 19 V	TENSÃO = 20 V	TENSÃO = 21 V
Valim = 5 m/min Ks = 60; Kd = 100	Valim = 5 m/min Ks = 60; Kd = 60	Valim = 5 m/min Ks = 100; Kd = 60
Valim = 5 m/min Ks = 100; Kd = 100	Valim = 5 m/min Ks = 130; Kd = 100	Valim = 5 m/min Ks = 100; Kd = 130
Valim = 5 m/min Ks = 130; Kd = 100	Valim = 6 m/min Ks = 60; Kd = 100	Valim = 5 m/min Ks = 130; Kd = 100
Valim = 6 m/min Ks = 60; Kd = 60	Valim = 7 m/min Ks = 60; Kd = 130	Valim = 6 m/min Ks = 60; Kd = 60

Figura 4: Aspecto dos cordões produzidos por meio do fatorial completo

De acordo com os resultados obtidos, tem-se que, para a tensão de 19 V, não foi possível a realização de cordões uniformes e nem a presença de um arco estável para Valim acima de 5 m/min. Isso é resultado da alta taxa de alimentação do arame para este nível de tensão, sendo superior à taxa de fusão do eletrodo. Cordões com baixa qualidade superficial e geométrica também foram encontrados para parâmetros com maiores níveis de Ur acompanhados de Valim acima de 5 m/min e valores baixos de Ks e Kd, principalmente nos níveis correspondentes a Ks e/ou Kd iguais a 60. Isso porque para valores mais baixos das dinâmicas de subida e de descida, o arame pode tender a adentrar na poça de fusão devido à baixa taxa de elevação da corrente, provocando um mergulho do metal de adição antes da ocorrência do destacamento da gota⁽⁵⁾. Considerando a Valim, observou-se que os passes produzidos com o valor de 5 m/min, em geral, resultaram em passes com características mais uniformes e com menor quantidade de respingos. À medida em que se aumentou a quantidade de arame fornecida durante a soldagem, houve uma tendência de maior instabilidade no arco e maior geração de respingos. Isso pode ser atribuído novamente ao equilíbrio entre taxa de fusão do eletrodo e a Valim utilizada. Na

Figura 4 é possível verificar que os cordões com melhores resultados, considerando os ajustes adequados de K_s e K_d , foram soldados com Valim de 5 m/min.

Ao se analisar a dinâmica de subida e de descida, viu-se que, dentre os valores estudados, àqueles mais altos (K_s e K_d iguais a 100 e 130) proporcionaram cordões com maior regularidade e com menor quantidade de respingos. Para maiores valores de K_s e K_d , a tendência é que haja um maior favorecimento do destacamento da gota por conta da facilidade de aumento da corrente de soldagem⁽⁵⁾. Em termos de K_d , o valor de 100 contribuiu para um menor escorrimento dos passes. Já para a dinâmica de subida, este fenômeno, em geral, ocorreu para o valor mais alto de K_s dentre àqueles estudados ($K_s = 130$).

Etapa 2

Na Figura 5 é possível observar o oscilograma da condição com curto-circuito controlado a partir da metodologia de sobreposição de curvas do CC com o CCCI. Na Tabela 2 estão expostos os valores para cada um dos parâmetros do CCC.

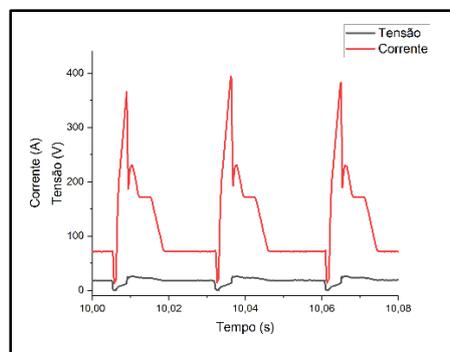


Figura 5: Oscilograma tensão versus corrente de soldagem encontrada para a condição com CCC

Tabela 2: Parâmetros setados na fonte de soldagem após a sobreposição das curvas do CC com o CCCI

I_{a1} (A)	I_{a2} (A)	t_{a1} (ms)	t_{a2} (ms)	V_{alim} (m/min)	I_{c1} (A)	I_{c2} (A)	t_{c1} (ms)
233	174	1	3	5	20	40	0,6
t_{d2} (ms)	d_{i3} (A/ms)	t_{r2} (ms)	U_{cc} (V)	KR	t_{r1} (ms)	I_{c3} (A)	I_{a3} (A)
1	130	3	8	0,8	1,4	146	72

A partir destes resultados, foram realizados ensaios para verificação do nível de estabilidade do modo CCCI a partir da metodologia abordada no trabalho. De acordo com a Figura 6 pode-se verificar que a método usado apresentou resultados satisfatórios, com a produção de um passe com boa regularidade superficial, com melhoria considerável na quantidade de respingos e sem nenhum defeito aparente.



Figura 6: Cordão produzido com os parâmetros da Tabela 2

CONCLUSÕES

Através da exploração de parâmetros de soldagem na posição horizontal utilizando o processo MIG/MAG para a produção de revestimentos, foi possível a obtenção de um parâmetro adequado em termos do aspecto qualitativo dos passes por meio do modo de transferência metálica por curto-circuito, assim como conseguiu-se uma condição mais estável e com menos respingos através do modo por curto-circuito controlado por meio da metodologia adotada.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Além disso, os autores deste trabalho agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Materiais da UFC e ao Laboratório de Pesquisa e Tecnologia em Soldagem (LPTS) da UFC.

REFERÊNCIAS

1. AGUIAR, W. M. Revestimento por Soldagem MIG/MAG Empregando Ligas de Níquel para Aplicações em Componentes do Setor de Petróleo e Gás Natural. 2010, 277p. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Materiais) – Universidade Federal do Ceará, UFC/CE, Fortaleza.
2. IMC-SOLDAGEM. Digiplus A7, Modelos: ACPO, DCPO e ACPO3C, Manual de Instruções. 2015.
3. MACHADO, I. G. Soldagem & Técnicas Conexas: Processos. Porto Alegre, 1996.
4. MARQUES, P. V.; MODENESI, P. J.; BRACARENSE, A.Q. Soldagem: Fundamentos e Tecnologia. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2011.
5. SCOTTI, A.; PONOMAREV, V. Soldagem MIG/MAG: Melhor Entendimento, Melhor Desempenho. São Paulo: Artliber Editora Ltda, 2014.
6. SILVA, C. C. Revestimentos de Ligas de Níquel Depositados pelo Processo TIG com Alimentação de Arame Frio – Aspectos Operacionais e Metalúrgicos. 2010, 355p. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Materiais) – Universidade Federal do Ceará, UFC/CE, Fortaleza.

PRELIMINARY STUDY TO OBTAIN WELDING PARAMETERS USING SHORT-CIRCUIT AND CONTROLLED SHORT-CIRCUIT METAL TRANSFER THROUGH THE MIG/MAG PROCESS IN THE HORIZONTAL POSITION, WITH APPLICATION IN COATINGS WITH THE AWS ER NiCrMo-3 ALLOY

ABSTRACT

Coatings applied by welding are mechanisms used to assign characteristics to a substrate that are not intrinsic to it. For this purpose, the short-circuit (SC) and controlled short-circuit (CSC) metallic transfer modes are highlighted, considering welding out of the flat position. The objectives of the work are to determine suitable welding parameters for applications in coatings in the horizontal position through the MIG/MAG process using the nickel alloy AWS ER NiCrMo-3 through SC and CSC metallic transfers. The most suitable welding parameters, among those addressed in the study, were used to generate a CSC mode curve. The resulting pass of this curve presented greater stability, less spatter and better surface appearance.

Keywords: *Coatings, MIG/MAG, Horizontal Position, Short-Circuit, Controlled Short-Circuit.*