

ESTUDO DA CONSTRIÇÃO DO ARCO PELO RESFRIAMENTO DO ELETRODO

Vinicius Lemes Jorge, Laprosolda, viniciuslemesj@hotmail.com
Américo Scotti, Laprosolda, ascotti@ufu.br
Patrick Golçalves Moreira, Laprosolda, patrickgm2209@gmail.com
Lucas Alves do Nascimento, Laprosolda, eng.lucasalves@gmail.com

Resumo: Em processos de soldagem, como por exemplo TIG, procura-se desenvolver métodos que contribuam de alguma forma para difusão do processo em termos de aplicabilidade, redução de custo, produtividade, entre outros. Neste contexto é citado o efeito da refrigeração do eletrodo na constrição do arco, apresentado por alguns fabricantes de tochas, entretanto não disponibilizam muitas informações ou know-how do processo. No sentido de compreender os fenômenos ocorrentes, o presente trabalho apresenta a construção de uma tocha que permite maior troca de calor com o eletrodo, em detrimento do processo convencional, para avaliar a potencialidade no aumento da eficiência da fusão pela constrição do arco causado pela super-refrigeração do eletrodo. Durante os testes foi possível observar o aumento da penetração quando se utilizou a Tocha proposta, devido ao fenômeno da constrição catódica, observado principalmente para o nível de corrente de 250 A.

Palavras chave: TIG, Refrigeração, Emissão Termiônica, Tocha

1. INTRODUÇÃO

Novos estudos voltados para variantes dos processos de soldagem são soluções para manter a competitividade da indústria de fabricação e liderança tecnológica pelo aumento da produtividade ou redução de custos. Desta forma, procurando alternativas que possam reduzir ou aperfeiçoar o uso da matéria prima, o emprego da soldagem TIG autógena mostra-se interessante, por não demandar material de adição. Os desenvolvimentos no processo TIG são crescentes, sendo possível observar que algumas tecnologias em combinação com certas técnicas de soldagem, estão permitindo que este processo seja mais competitivo no mercado. Um exemplo desta evolução é a proposta de aumento da eficiência do processo através do super-resfriamento do eletrodo, como mostrado nos trabalhos de Schnick et al. (2010) e Lohse et al. (2013). No entanto, buscar compreender os fenômenos que estão relacionados aos fatos expostos nos trabalhos e levantar questionamentos a respeito do assunto, são de extrema importância.

O processo TIG é um processo de soldagem a arco elétrico estabelecido entre um eletrodo não consumível de tungstênio e a poça de fusão, e utiliza gás inerte como proteção gasosa. Esses eletrodos são feitos de materiais refratários que são capazes de suportar a alta temperatura de trabalho, mantendo sua integridade. Quando submetidos à polaridade negativa são capazes de emitir elétrons a temperaturas relativamente altas, mecanismo denominado emissão termiônica. Lima (2001) e Andrade (2013) observaram que o efeito termiônico ocorria quando uma energia térmica superior à função trabalho (suficiente para remover um elétron), excitavam elétrons que escapavam do material, formando uma nuvem eletrônica ao redor deste. Quando submetido a uma diferença de potencial, inicia-se a passagem da corrente termiônica, eliminando-se a nuvem e implicando na emissão de novos elétrons. Esta quantidade de elétrons emitidos representa a densidade de corrente, sendo uma grandeza fundamental a ser determinada no efeito termiônico. Richardson-Dushman formulou uma equação Eq.(1) que permite quantificar esta densidade de corrente.

$$jeR = AT^2 e^{\frac{e\phi}{kT}} \quad (1)$$

Por meio da Equação é possível entender, da melhor maneira, a importância do eletrodo no processo de soldagem TIG, pois, mostra que a densidade de corrente depende do material, da temperatura e da contaminação da superfície do eletrodo. Juliane Ribeiro (2013) realiza um estudo importante acerca da emissão termiônica, relacionado aos materiais que compõe o eletrodo, mostrando também a importância da dopagem destes por elementos que reduzem a função trabalho, permitindo que o eletrodo emita termiologicamente a temperaturas menores, conservando sua afiação, garantindo maior durabilidade e até modificando densidade de corrente do eletrodo, como é mostrado também no trabalho de Sadek et al. (1990).

Sadek et al (1990) e Matsuda et al. (1991), mostraram que a superfície do eletrodo no processo de soldagem TIG é dividido em áreas com funções distintas, quando em processo, sendo a Região (A) correspondente à zona de emissão de elétrons, (B) a zona de vaporização de óxidos e (C) a zona deposição de óxidos, como pode ser visto na Fig. (1):

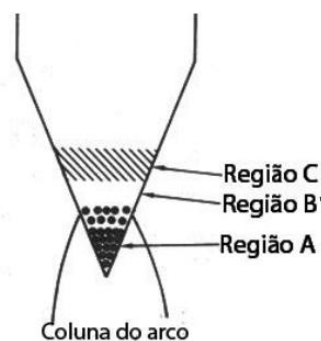


Figura 1. Regiões que compõe um arco de soldagem no processo TIG Sadek et al (1990)

Novos desenvolvimentos em tochas TIG têm como foco principal o eletrodo em especial sua sobre a região (A) da Fig. (1), destacada por ser a zona de emissão dos elétrons, ou seja, responsável pelas propriedades resultantes do arco de soldagem (pressão, temperatura e estabilidade). O trabalho de Schnick et al.(2010) mostra que um sistema de refrigeração mais eficiente focado no cátodo, é capaz de reduzir a área do eletrodo correspondente à Região (A), restringindo a área suficiente para emissão termiônica, aumentando, desta forma, a densidade de corrente.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para execução do trabalho, foi utilizada a fonte de soldagem multiprocessos IMC Digitec300 no modo corrente constante. A mecanização do processo foi realizada por uma mesa de coordenadas XY. O resfriamento da tocha foi realizado com o Chiller Mecalor UMAG MSA-9, regulado para temperatura de 10°C. Como gás de proteção foi utilizado Argônio comercial a uma vazão de 13 l/min. O eletrodo de tungstênio utilizado foi do tipo EWTh-2 (6 mm de diâmetro e ponta vermelha) com ângulo de afiação de 30°, para as duas tochas. A distância eletrodo peça foi de 2 mm e foram utilizadas chapas de aço comum ao carbono com dimensões de 198 mm x 38 mm x 9,5 mm. A filmagem do arco elétrico foi utilizada uma câmera de alta velocidade Memrecam, a 2000 quadros/s, com shutter de 1/24000 e um filtro ND20UV.

A tocha convencional utilizada no experimento foi a Abicor Binzel AUT-WIG 27, visualizada na Fig (2a). O sistema de resfriamento desta tocha se mostra pouco eficiente e simples, já que a refrigeração não chega tão próximo à ponta do eletrodo. A tocha projetada e fabricada pelo GRUPO LAPROSOLDA-UFU pode ser vista na Fig. (2b). É possível observar no esboço construtivo do interior desta tocha, que um canal interno na peça de cobre é responsável por conduzir o fluxo de água refrigerada próximo ao eletrodo, de forma que, a troca de calor entre eles seja mais eficiente devido a alta condutividade térmica do cobre, sendo retornada à unidade refrigeradora pela extremidade da peça. Foram realizados testes para diferentes níveis de corrente (200 A, 250 A e 300 A), sendo que para cada nível foi feito duas soldas, uma para cada Tocha.

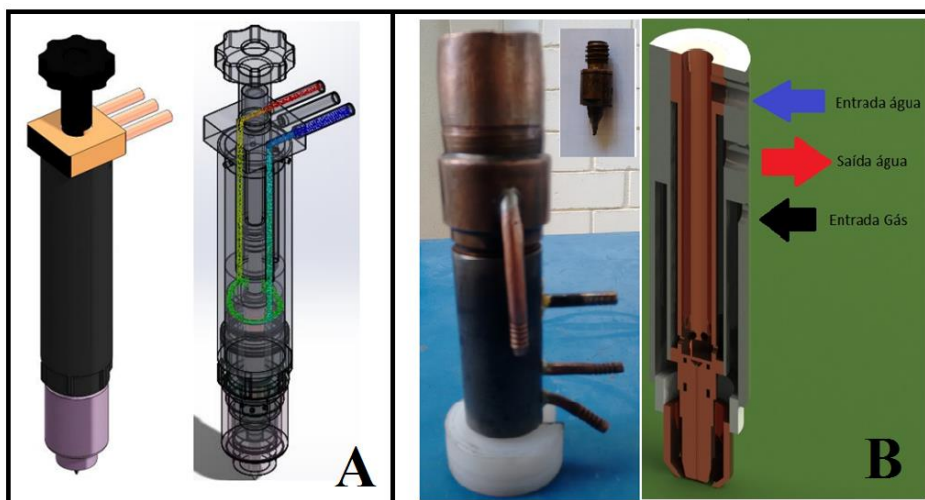


Figura 2. (A) Tocha Convencional Binzel AUT-WIG 27; (B) Tocha ArcFocus desenvolvida no Laprosolda

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para todos os testes foram monitorados os valores de corrente e tensão. Os dados de corrente média e tensão média são apresentados na Tab. (1):

Tabela 1. Valores de Corrente e Tensão Adquiridos

Nível de Corrente (A)	Iméd (Tocha Convencional) (A)	Iméd (Tocha ArcFocus) (A)	Vméd (Tocha Convencional) (V)	Vméd (Tocha ArcFocus) (V)
200	204,5	198,2	11,3	11,8
250	253,9	250,6	12,0	12,8
300	303,1	302,2	13,4	13,7

Na tentativa de identificar as áreas que determinam as funções distintas no eletrodo, como falado na seção anterior, foram coletadas fotos dos eletrodos logo após a soldagem como mostra a Fig. (3), e por meio do software ImageJ, foi mensurado a área de emissão de elétrons, no intuito de obter valores para densidade de corrente, como mostrado na Tab. (2).

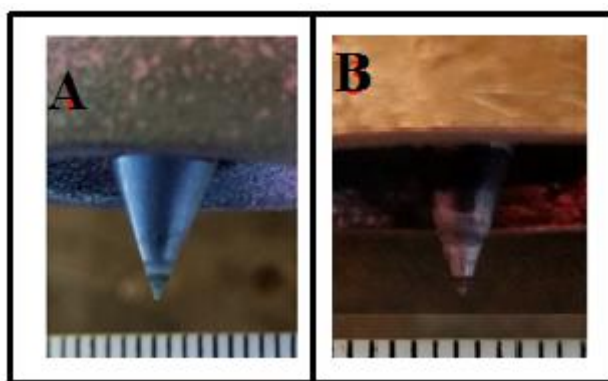


Figura 3. Fotos obtidas dos eletrodos após a soldagem, comparativamente entre as Tochas Convencional (A) e ArcFocus (B)

Tabela 2. Valores de Densidade de Corrente Obtidos

Nível de Corrente (A)	Densidade I (Tocha Convencional) (A/mm ²)	Densidade I (Tocha ArcFocus) (A/mm ²)
200	66,03	235,29
250	58,13	378,78
300	102,04	Difícil Identificação

Fazendo um comparativo da filmagem do arco elétrico entre as duas Tochas, foi possível perceber a constrição do arco apenas para o nível de corrente de 250 A. As imagens que melhor representam a filmagem para esse nível de corrente são mostradas na Fig. (4).

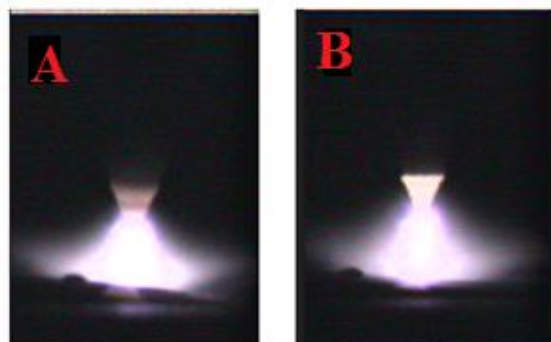


Figura 4. Imagens do Arco Elétrico em Soldagem pelas Tochas Convencional (A); ArcFocus (B), para nível de corrente 250 A

Os aspectos geométricos dos cordões são mostrados na Fig. (5).

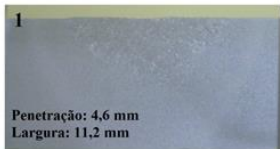
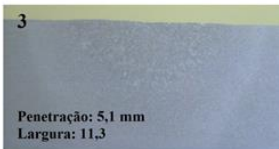
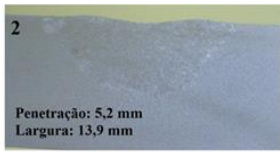
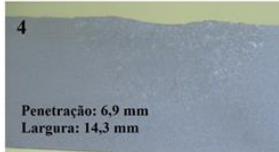
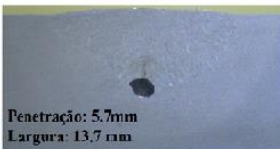
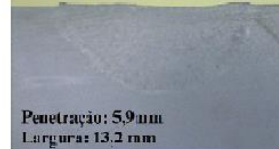
	Tocha	
	Convencional	ArcFocus
200 A	1  Penetração: 4,6 mm Largura: 11,2 mm	3  Penetração: 5,1 mm Largura: 11,3
250 A	2  Penetração: 5,2 mm Largura: 13,9 mm	4  Penetração: 6,9 mm Largura: 14,3 mm
300 A	 Penetração: 5,7mm Largura: 13,7 mm	 Penetração: 5,9mm Largura: 13,2 mm

Figura 5. Aspectos Geométricos dos Cordões de Solda

4. CONSIDERAÇÕES GERAIS

- Foi observado um aumento de tensão para a Tocha ArcFocus quando comparada à convencional para um mesmo nível de corrente, fato que vai de encontro aos resultados mostrados na literatura.
- Em todos os testes houve um acréscimo na penetração observada nos aspectos geométricos do cordão para a Tocha projetada, sendo mais satisfatório para a corrente de 250 A. Seria esperado que para o nível de corrente de 300 A a diferença fosse ainda maior, no entanto os resultados mostraram o contrário. Uma hipótese seria que a corrente maior causa maior aquecimento do eletrodo, no qual o sistema de refrigeração da tocha não foi capaz de limitar a região de emissão termiônica na ponta do eletrodo.
- É questionada pelos autores da utilização desta técnica na tentativa de aumentar a eficiência do processo, já que existem outras técnicas que proporcionam também aumento na eficiência de fusão, como, por exemplo, o A-TIG, T-TIG, entre outros. Seria importante um levantamento comparativo entre estas variantes do processo TIG, avaliando aplicabilidade, custo dos equipamentos, vantagens e desvantagens da técnica.

5. REFERÊNCIAS

- ANDRADE, N. S. et al., 2013, “Investigação teórica e experimental do efeito termiônico”, Revista Brasileira de Ensino de Física, Brasil, v. 35, n. 1, p.
- LIMA, E. F.; FOSCHINI, M.; MAGINI, M., 2001, “O efeito termiônico: uma nova proposta experimental”, Revista Brasileira de Ensino de Física, Brasil, v. 23, n. 4, p.391-394.
- LOHSE, M. et al., 2013, “Keyhole welding with CF-TIG”, International Institute of Welding, Document XII-2141-13.
- MATSUDA, F.; USHIO, M.; SADEK, A., 1991, “Temperature and work function measurements with different GTA electrodes”, Transactions of the Japan Welding Society, v. 22, n. 1, p. 3-9.
- SADEK, A. A.; USHIO, M.; MATSUDA, F., 1990, “Effect of rare earth metal oxide additions to tungsten electrodes”, Metallurgical transactions A, v. 21A, p. 3221-3236.
- SCHNICK, M. et al., 2010, “Cathode focussed TIG - Fundamentals and Applications”, International Institute of Welding, Document XII-1985-10.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, ao CNPq, aos membros e colaboradores Laprosolda/UFU (Grupo Centro para Pesquisa e Desenvolvimento de Processos de Soldagem), à FEMEC/UFU e ao COPEM.

7. ABSTRACT

In welding processes, such as TIG, the goal is to develop methods that contribute in some way to improve and optimize aspects regarding applicability, cost reduction, productivity, among others. In this context, it is cited by some arch manufacturers, the effect of electrode refrigeration on arch constriction; however, they do not provide detailed information (know-how) of the process. In order to understand the occurring phenomena, this paper presents the construction of a torch that allows greater heat exchange with the electrode, instead of the conventional process, to assess the potential for increasing the fusion efficiency by arc constriction caused by high electrode cooling. After the tests, it was observed an increase on penetration when using the torch proposed, due to the phenomenon of cathodic constriction, observed mainly at the current level of 250 A.

8. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

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