

EFEITO DA TEMPERATURA DO GÁS DE PROTEÇÃO NAS CARACTERÍSTICAS DO ARCO DE SOLDAGEM GTAW

Nilo Nogueira da Silva, nilons.fisica@gmail.com¹

Gabriel Mendes de Almeida Carvalho, gmendescarvalho@gmail.com¹

Andrés Mauricio Moreno Uribe, andresmauriciomu@ufmg.br¹

Alexandre Queiroz Bracarense, queiroz@demec.ufmg.br¹

¹Universidade Federal de Minas Gerais/ Depto. De Eng. Mecânica – Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

Resumo: Os gases de proteção utilizados no processo de soldagem GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) apresentam propriedades físicas e químicas que determinam as características operacionais do arco elétrico. O gás de proteção é utilizado no processo em temperatura ambiente, sendo aquecido após alcançar a região de soldagem. Um gás pré-aquecido pode revelar uma variável ainda não considerada, o que abre a possibilidade de manipulação do arco elétrico. Uma maneira de estudar o arco é através de sua resposta dinâmica em operação com o levantamento de curvas características, pois indicam, para uma dada condição os valores médios de corrente e tensão necessários ao seu funcionamento. O objetivo deste trabalho é levantar a influência da temperatura do gás inerte nas características do arco, como os valores médios de corrente e tensão, a luminosidade e o perfil do arco elétrico. Para o estudo, parâmetros como vazão do gás, ângulo de afiação do eletrodo e comprimento do arco foram mantidos constantes, variando somente a temperatura com a qual o gás chega à região de soldagem para diferentes correntes. Os resultados obtidos mostram que a temperatura do gás influencia na operação do arco elétrico.

Palavras-chave: Soldagem GTAW, Gás de proteção, Arco elétrico, Características do arco elétrico.

1. INTRODUÇÃO

O arco elétrico é a fonte de calor mais utilizada na soldagem por fusão de materiais metálicos, pois apresenta uma combinação ótima de características, incluindo uma concentração adequada de energia para a fusão localizada do metal base, facilidade de controle e baixo custo relativo do equipamento. Como resultado, os processos de soldagem a arco têm uma grande importância industrial, sendo utilizado na fabricação dos mais variados componentes e estruturas metálicas e na recuperação de um grande número de peças (Marques et al, 2011).

Um processo que faz uso do arco elétrico como fonte de energia para a fusão dos materiais a serem soldados é o GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) também chamado de TIG (Tungsten Inert Gas). Este processo emprega elevadas temperaturas ao metal base durante sua realização, logo a poça de fusão necessita de uma proteção para evitar a oxidação e a contaminação. A proteção da poça de fusão e do arco contra contaminação pela atmosfera é realizada por uma nuvem de gás inerte ou mistura de gases inertes, sendo que, a escolha da proteção ideal depende da espessura e tipo de metal base a ser soldado (Neto, 2011; Velasco, 2010).

Estes gases de proteção podem afetar várias características do arco elétrico, como o comportamento com a tensão, seu perfil, luminosidade, entre outros (Lancaster, 1986). Os gases de proteção são utilizados sem nenhuma mudança em suas propriedades entre o cilindro de armazenamento até a tocha de soldagem, logo um gás aquecido pode apresentar uma nova variável ainda não considerada, o que pode gerar características diferentes para o arco elétrico, influenciando assim, as propriedades das soldas produzidas (Marques et al, 1998; Teske, 2006).

Alguns fatores importantes conforme apresentado pela literatura, são influenciados em relação a um gás mais aquecido. Sendo eles, a condutividade térmica, a resistividade elétrica (conforme observado na Figura (1)), a densidade de corrente, o grau de ionização, entre outros (Lancaster, 1986; Lyttle e Stapon, 1990).

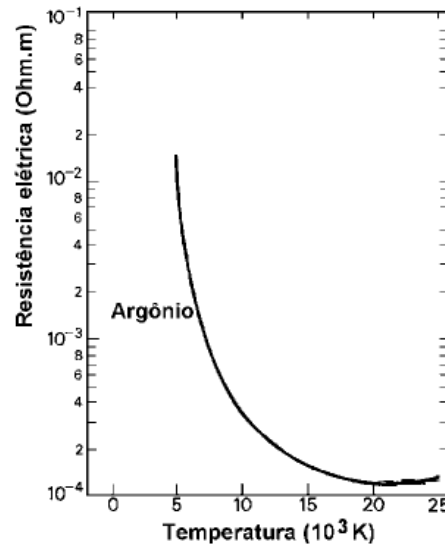


Figura 1. Resistividade elétrica de gases a 1 atm de pressão (Lancaster, 1994).

Uma maneira de estudar o arco é através de sua resposta dinâmica em operação com o levantamento de curvas características. Pois indicam, para uma dada condição de operação, os valores médios de tensão obtido para diferentes valores de corrente (Modenesi, 2015). A literatura apresenta o comportamento da curva tensão-corrente para o arco elétrico utilizando argônio.

Assim, o objetivo deste trabalho é levantar a influência da temperatura do gás proteção (Argônio) nas características do arco, como os valores médios de corrente e tensão, a luminosidade e o perfil do arco elétrico.

2. METODOLOGIA

Para este estudo optou-se por um arco elétrico típico do processo GTAW utilizando uma fonte de soldagem Kemppi Minarc Evo 180 e o Argônio como gás de proteção em temperatura ambiente e aquecido. Perfis do arco elétrico foram obtidos com o uso de uma câmera digital de alta resolução, juntamente a luminosidade do arco foi adquirida utilizando para isso um luxímetro. Curvas características, parametrizadas pela temperatura, também foram determinadas, tendo como objetivo mostrar a relação entre os valores médios de tensão necessários para a operação do processo de soldagem.

Como um estudo inicial optou-se pelo processo de soldagem sem o uso de metal de adição possibilitando o estudo isolado do arco elétrico. Além disso, este arco foi aberto em bloco refrigerado a água, tendo como objetivo eliminar a poça de fusão.

Algumas condições de soldagem foram mantidas constantes durante a realização dos ensaios, sendo eles: a polaridade da corrente (DCEN), o comprimento do arco (2mm); o tipo de eletrodo (tungstênio puro, EWP), o ângulo de afiação (60°) e o diâmetro do eletrodo (2,4mm); o gás de proteção utilizado (Argônio) e a vazão (10L/min).

2.1. Sistema de Aquecimento

Fez-se necessário a construção de um sistema de aquecimento com autonomia suficiente para manter as temperaturas acima da ambiente durante a bateria de ensaios às diversas correntes.

O método de aquecimento levou a construção de um dispositivo tipo radiador aletado em aço inoxidável de 200mm de comprimento, 100mm de largura e 100mm de altura, de espessura de chapas de 2,5mm. A geometria do radiador provoca um maior percurso do gás em seu interior, choques com as paredes internas quentes e curvas acentuadas que permitem fluxo turbulento fatores que atuam diretamente no aumento da temperatura do gás.

A temperatura do gás de proteção foi avaliada antes da realização de cada ensaio com o uso de um termopar do tipo K posicionado na saída do bocal da tocha de soldagem, tendo cuidado extremo para que este termopar não encostasse em nenhuma outra parte da tocha que pudesses estar aquecida.

2.2. Estudo do Arco Elétrico

A estratégia de análise demandou a construção de curvas de tensão e corrente, inspiradas no levantamento de curvas características de arcos elétricos, utilizado um sistema de aquisição de dados da IMC soldagem. Este sistema possibilita a obtenção da tensão e da corrente, sendo adquirido em cada segundo um total de cinco mil pontos. Para cada corrente estipulada os ensaios foram mantidos em um período de 10 segundos, sendo que a aquisição era feita de imediato pelo sistema de aquisição.

A variável de parametrização aqui é a temperatura inicial do gás de proteção (Argônio) o que permitiu a obtenção de curvas Tensão x Corrente. Para isso foram realizados ensaios a temperatura ambiente onde o arco foi aberto no início da aquisição para a maior corrente atribuída (70A) e as subsequentes em intervalos de 5A até o valor final de 10A. Esta faixa de corrente foi escolhida para observar a região de ionização do gás, como o objetivo de avaliar os efeitos do seu aquecimento.

Os valores obtidos nestes ensaios foram comparados com os obtidos para o gás aquecido, com temperaturas variando de 100 e 200°C.

2.3. Luminosidade do Arco Elétrico

A luminosidade produzida pelo arco foi determinada com auxílio de um Luxímetro Digital Minipa modelo MLM-1020 que tem como função medir a luminosidade produzida durante a soldagem. Neste experimento foi imposta uma distância fixa e um posicionamento constante do luxímetro em relação ao arco elétrico e uma proteção do visor com um filtro de luz de intensidade 6. Foram realizados três ensaios para cada temperatura do gás de proteção, ou seja, ambiente, 100 e 200°C. Os ensaios foram realizados com corrente iniciando em 70A até o valor final de 10A, sendo estipulado um intervalo entre as aquisições de 10A. Este ensaio foi realizado em paralelo com as outras aquisições, logo o tempo de aquisição foi de 10s para cada corrente imposta.

2.4. Imagens do Arco Elétrico

Morfologia aparente do arco elétrico foram observados com o uso de uma câmera digital de alta resolução, para determinação do efeito do aquecimento do gás de proteção na aparência do arco elétrico.

A frente da câmera digital de alta resolução foi colocada uma lente verde de óculos para solda e corte com grau de proteção 6 para filtrar a luz do arco. O suporte da câmera foi acoplado a um sistema de elevação que permitiu ajuste da posição frontal ao arco elétrico.

3. RESULTADOS

3.1. Estudo do Arco Elétrico

Através da análise da curva característica do arco de soldagem GTAW, Figura (2), relacionada com a temperatura impostas ao gás de proteção, foi possível observar que comportamento da tensão do arco indica uma redução de energia demandada pelo processo em função do aumento da temperatura de realização do ensaio, devido a maior facilidade da circulação de corrente o que também implica em uma tendência à diminuição da tensão. Este fato está evidenciado pelos menores valores de tensões para um mesmo valor de corrente à medida que a temperatura aumenta. De forma simplificada a área abaixo das curvas indica a energia transferida pela fonte ao bloco, sendo que esta sofra uma diminuição com o aumento da temperatura.

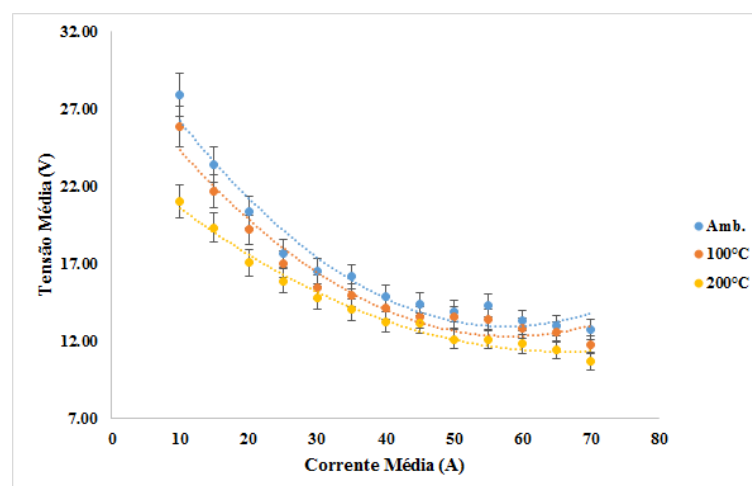


Figura 2. Curvas Características do comportamento do arco em relação à variação de temperatura do gás de proteção.

Além disso foi esperado termos uma maior densidade de corrente, já que o eletrodo estaria em maior temperatura. Ou seja, com a maior temperatura, é esperado que o efeito termiônico atue de maneira mais pronunciada, e como esse

tipo de emissão é mais eficiente (em termos de energia requerida), é possível observar diminuição da tensão do arco para a mesma corrente média.

Além disso, em temperaturas muito maiores, mais elétrons podem ser expulsos, tendo-se a ionização múltipla. Isso pode ser evidenciado quando relacionamos este fato a equação de Saha, Equação (1), onde o grau de ionização (α) está relacionado diretamente à temperatura, indicando uma forte influência, tanto para a dissociação como para a ionização. Assim, ao se aquecer o gás de proteção, este plasma terá um ganho de temperatura além do normal quando utilizamos o gás em temperatura ambiente (Modenesi, 2015).

$$\frac{\alpha^2}{1-\alpha^2} \frac{\rho}{\rho_0} = CT^{5/2} \exp\left(-\frac{eV_1}{kT}\right) \quad (1)$$

Outro ponto importante esperado é a diminuição da resistência elétrica do gás à medida que sua temperatura aumentou, o que explicaria a queda de tensão para uma mesma corrente de soldagem (Lancaster, 1986).

3.2. Luminosidade do Arco Elétrico

A curva apresentada na Figura (3), mostra que o efeito da luminosidade foi mais acentuado para as correntes maiores, ou seja, de 40 até o valor final de 70A. O gráfico comprova também que ao se elevar a temperatura do gás de proteção a luminosidade também é elevada, porém este efeito do aquecimento só é mais marcante para uma maior temperatura de trabalho, ou seja, em 200°C. Estas observações eram esperadas, tendo em vista que, segundo a literatura (Richardson, 1989), a radiação emitida ($R(T)$) pelo arco elétrico, que é constituída por dois componentes, radiação característica e radiação contínua, apresentam forte dependência da composição do gás e da temperatura.

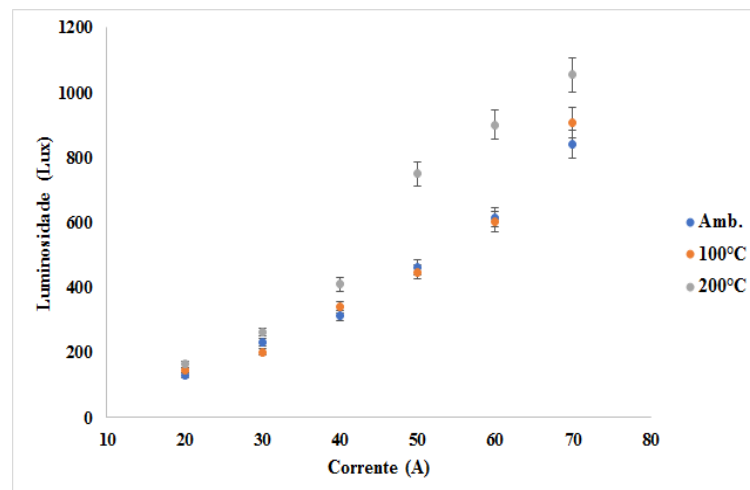


Figura 3. Luminosidade do arco em Lux em relação à variação de temperatura do gás de proteção.

3.3. Imagens do Arco Elétrico

As imagens do arco elétrico foram escolhidas segundo os critérios usados por Vilarinho et al (2009), ou seja, ângulo de posicionamento, distância entre a câmera e a região de abertura do arco elétrico, foco da lente, calibração e cor. Elas foram relacionadas entre a temperatura do gás de proteção e da corrente de operação, sendo apresentadas na Figura (4).

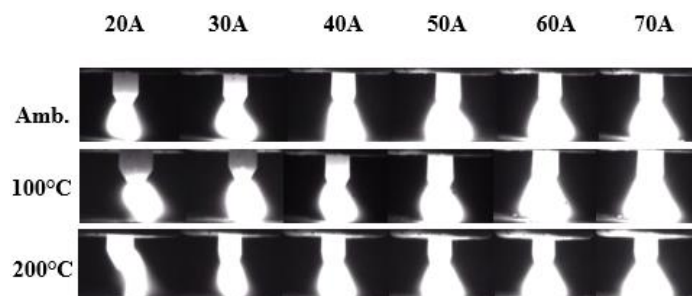


Figura 4. Imagens do arco para as diversas temperaturas do gás de proteção e correntes de operação.

As imagens do arco em função da corrente e da temperatura do gás de proteção indicam arcos difusos de formato mais próximos de um tronco de cone para temperaturas e correntes mais altas, apresentando formato cônico usual.

Através da análise da Figura (4) foi possível observar a presença de anodos pontuais para as correntes de operações mais baixas (20 e 30A), além da presença de arcos mais erráticos. Estes anodos pontuais são favorecidos pela presença de irregularidades na superfície da peça, não ocorrendo, em geral, na mesma linha do eletrodo, fazendo com que o arco sofra uma deflexão.

Em correntes intermediárias foi constatado pequena instabilidade do arco para temperaturas do gás de proteção menores (entre a ambiente e 100°C).

No caso do aumento da temperatura do gás de proteção, ainda foi possível observar o aumento da regularidade do arco elétrico formado mesmo quando a corrente de operação era reduzida, apresentando arcos no formato cônico até correntes baixas.

4. CONCLUSÃO

O aumento da temperatura do gás de proteção influenciou as propriedades do arco elétrico GTAW, sendo elas, a tensão de operação, a luminosidade e o perfil do arco.

O arco se apresentou perfil próximo a tronco de cone para maiores correntes de operação, além de maior estabilidade a medida que o gás foi mais aquecido.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Robótica, Soldagem e Simulação (LRSS) da Universidade Federal de Minas Gerais. Adicionalmente agradece-se pelo apoio financeiro a CAPES.

6. REFERÊNCIAS

- Bracarense, Alexandre Queiroz. 2000. Processo de Soldagem TIG – GTAW. Belo Horizonte, Minas Gerais.
- Lancaster, J.F. 1986. The Physics of Welding, Pergamon Press & International Institute of Welding.
- Lyttle, K. A.; Stapon, W. F. G. 1990. Select the Best Shielding Gas Blend for the Application. Welding Journal. v. 69, n. 11, p. 21 – 27.
- Marques, P. V.; Modenesi, P. J. e Valente, O. B. 1998. Características do Arco de Soldagem TIG em Diferentes Atmosferas. IN: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DE SOLDAGEM, 24, Fortaleza. Anais de Fortaleza: Associação Brasileira de Soldagem.
- Marques, Paulo Villani; Modenesi, Paulo, José e Bracarense, Alexandre Queiroz, 2011. Soldagem - Fundamentos e Tecnologia. 3ª Ed, pp. 51-58. Belo Horizonte, Brasil.
- Modenesi, P. J. 2015. Introdução à Física do Arco Elétrico. UFMG, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, pp. 18-23. Belo Horizonte, Brasil.
- Neto, Samuel Amora Alves. 2011. Caracterização Metalúrgica de Juntas de Aço Inoxidável Superduplex Soldadas por Processo TIG Autógeno. 2010. Dissertação Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brasil.
- Richardson, I.M. 1989. Introduction to Arc Physics. School of Industrial Science, Cranfield Institute of Technology, pp. 42.
- Richardson, O. W. 1929. Thermionic Phenomena and the Laws Which Govern Them. Nobel Lecture.
- Teske, M. 2006. Influência da Composição do Gás de Proteção na Soldagem do Aço ASTM A516 pelo Processo GMAW. Dissertação Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, Brasil.
- Velasco, Ronald Hernan Hurtado. Detecção On-line de Descontinuidade no Processo de Soldagem GTAW Usando Sensoriamento Infravermelho e FPGAS. Dissertação Faculdade de Tecnológica da Universidade de Brasília. Brasília, Brasil.
- Vilarinho, L. O., Lucas, B. e Raghunathan, S. 2009. Cuidados ao se Extrair Dimensões de Fotografia/Filmagem em Soldagem. Soldagem & Inspeção, São Paulo, Vol 14, N° 4.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

TEMPERATURE EFFECT OF PROTECTION GAS IN ARC WELDING CHARACTERISTIC

Nilo Nogueira da Silva, nilons.fisica@gmail.com¹

Gabriel Mendes de Almeida Carvalho, gmenDESCARVALHO@gmail.com¹

Andrés Mauricio Moreno Uribe, andresmauriciomu@ufmg.br¹

Alexandre Queiroz Bracarense, queiroz@demec.ufmg.br¹

¹Universidade Federal de Minas Gerais/ Depto. De Eng. Mecânica – Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

Abstract: *The protective gas used in the GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) welding process has physical and chemical properties that determine the operating characteristics of the electric arc. The shielding gas is used in the process at room temperature, being heated after reaching the welding region. A preheated gas may reveal a variable not yet considered, which opens the possibility of electric arc manipulation. One way to study the arc is through its dynamic response in operation with the survey of characteristic curves, because they indicate, for a given condition, the average values of current and voltage required for its operation. The objective of this work is to raise the influence of the inert gas temperature on the characteristics of the arc, such as the average values of current and voltage, the luminosity and the profile of the electric arc. For the study, parameters such as gas flow, sharpening angle of the electrode and arc length were kept constant only varying the gas temperature for different currents. The results show that the temperature of the gas influences the operation of the electric arc.*

Keyword: GTAW welding, Protection gas, Electric arc, Characteristics of the electric arc.