

INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE HÉLIO NO GÁS DE PROTEÇÃO SOBRE A GEOMETRIA DO CORDÃO DE SOLDA MIG/MAG DE AÇO AO CARBONO

Rafael Ferezim Morales

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Laboratório para o Desenvolvimento de Processos de Soldagem (LAPROSOLDA), Av. João Naves de Ávila, 2160 - Campus Santa Mônica, CEP: 38400-902, Uberlândia, MG, rfmorales@mecanica.ufu.br.

André Alves de Resende

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Laboratório para o Desenvolvimento de Processos de Soldagem (LAPROSOLDA), Av. João Naves de Ávila, 2160 - Campus Santa Mônica, CEP: 38400-902, Uberlândia, MG, aaresende@gmail.com.

Américo Scotti

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Laboratório para o Desenvolvimento de Processos de Soldagem (LAPROSOLDA), Av. João Naves de Ávila, 2160 - Campus Santa Mônica, CEP: 38400-902, Uberlândia, MG, ascotti@mecanica.ufu.br.

Resumo: *Em aplicações industriais do processo de soldagem MIG/MAG, vários tipos de gases de proteção são utilizados. Um dos critérios para escolha do tipo de gás a ser usado é a obtenção da geometria requerida para o cordão, não deixando de evidenciar o fator econômico. O objetivo deste trabalho foi verificar a influência da adição de Hélio na composição do gás de proteção sobre a geometria do cordão de solda na soldagem MIG/MAG de aço ao carbono. Este estudo foi feito utilizando como base o gás de proteção Ar+5%O₂ com e sem uma adição de 25% He. Utilizou-se apenas um nível de corrente e repetiu-se o experimento para cada combinação de gás em dois comprimentos de arco distintos. Mediu-se a característica geométrica (penetração, largura do cordão, reforço e área fundida) dos cordões de solda realizados. Os resultados mostraram que o Hélio inserido na composição do gás de proteção não tem influência significativa sobre a geometria do cordão. Este fato sugere que não há razão para usar este componente mais caro em misturas gasosas para soldagem MIG/MAG de aço ao carbono.*

Palavras-Chave: *Soldagem, MIG/MAG, Gás de Proteção, Hélio, geometria do cordão.*

1. INTRODUÇÃO

Em aplicações industriais do processo de soldagem MIG/MAG, vários tipos de gases de proteção são utilizados, incluindo desde um único componente ou misturas de até quatro componentes de gases^[1]. A função preliminar da proteção gasosa é excluir a atmosfera do contato com o metal de solda fundido. Isto é necessário porque a maioria de metais, quando aquecidos até seu ponto de fusão no ar, exibe uma forte tendência a formar óxidos, e nitritos em menor proporção^[2].

Argônio (Ar) e Hélio (He) são exemplos de gases de proteção usados sozinhos ou como componentes de misturas no processo MIG/MAG. Ambos são inertes, mas apresentam características bastante distintas para a maioria de suas propriedades, como potencial de ionização

(reflete a facilidade do gás de se ionizar), densidade, condutividade térmica e características proporcionadas ao arco de soldagem.

De acordo com Lancaster^[3], o primeiro potencial de ionização (que representa a perda de um elétron) para o Ar e o He são 15.755 e 24.580 eV, respectivamente. Um menor potencial de ionização do Ar indica que ele é ionizado com o consumo de menos energia (refletido em menor tensão de arco para uma mesma corrente e tempo) quando comparado ao He e, conseqüentemente, o arco pode ser aberto com maior facilidade. Por outro lado, o maior potencial de ionização do He requer uma tensão maior para ionizar o gás e para fornecer o fluxo de corrente para sustentar o arco^[4] e, em conseqüência, ter-se-ia um aumento no calor de soldagem.

A densidade do gás tem uma importante influência na proteção do arco e da poça de fusão contra a atmosfera externa^[1], já que interfere na velocidade e no perfil do escoamento dos gases. O Ar é aproximadamente 1,4 vezes mais denso que o ar atmosférico, enquanto que a densidade do He é aproximadamente 0,14 vezes a do ar^[2]. Ou seja, quando se utiliza He como gás de proteção, é requerido um fluxo de duas a três vezes maior para conferir uma proteção equivalente ao Ar^[5]. Devido a essa propriedade do Ar (puro ou em misturas) tem-se maior facilidade de proteção da solda realizada na posição plana.

A condutividade térmica é outra característica significativa. A Figura 1 mostra a condutividade térmica dos gases mais freqüentemente utilizados em função da temperatura, na qual se pode notar que o He tem uma condutividade térmica maior que o Ar em elevadas temperaturas. Acredita-se que em função desta propriedade, o He produz um arco de plasma no qual a energia é mais uniformemente distribuída. O arco de plasma do Ar, por outro lado, é caracterizado por uma região de alta energia interna e uma região externa de baixa energia. Baseado nessa característica de maior condutividade térmica, assim como na de maior potencial de ionização, é que o He é de uma forma geral indicado nas aplicações de soldagem onde é necessário um maior aporte térmico para melhorar a molhabilidade do cordão de solda (perfis menos convexos) e obter uma maior penetração e maior velocidade de soldagem. Norrish^[6] cita o uso do He na indústria para materiais de alta condutividade, devido à sua capacidade de produzir soldas a altas velocidades. Porém, o custo do gás He é maior que o do Ar, o que é uma desvantagem comercial. Além disto, o Ar tende a produzir um arco mais estável do que o He puro. Assim, devido a essa instabilidade, o uso de He puro é limitado a aplicações especializadas^[5].

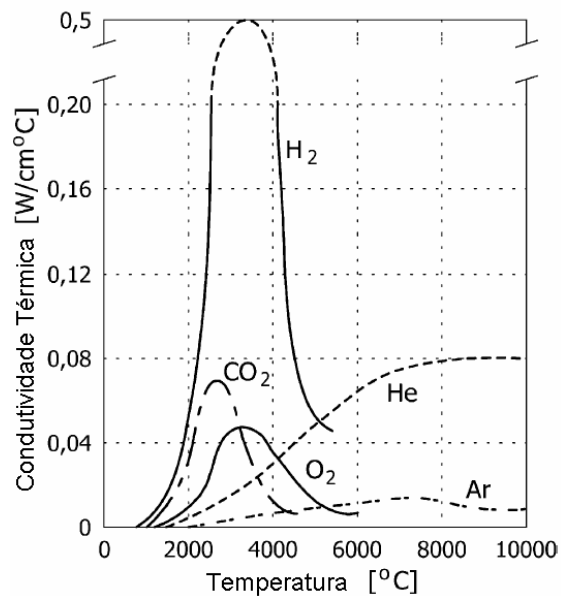


Figura 1 – Condutividade Térmica de Gases de Proteção à pressão de 1 atm^[1].

De acordo com a AWS^[2], a soldagem a arco protegida por He produz um perfil de solda profundo, largo e parabólico. Já um arco protegido por Ar produz um perfil de solda do tipo taça (“finger like”). A AWS esquematiza os perfis de cordão típicos para Ar e He como na Figura 2, destacando uma menor penetração para o He puro, mas um pequeno efeito positivo sobre a penetração e significativo sobre a área fundida quando em mistura com argônio.

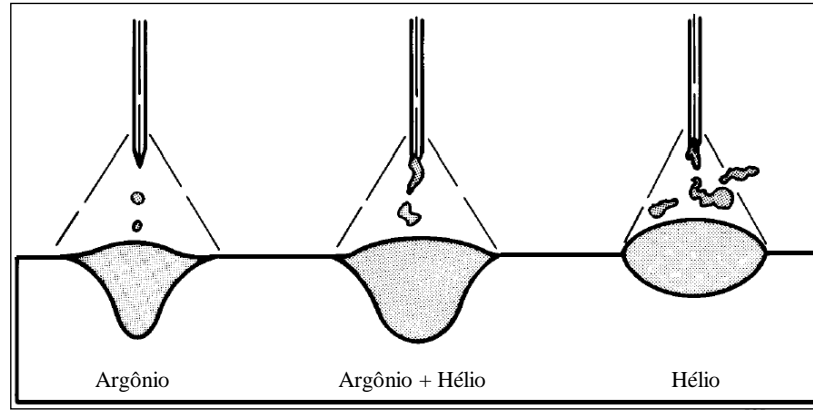


Figura 2 – Perfis de cordão típicos para Argônio e Hélio^[2].

Considerando as recomendações para o uso de He onde se requer maior aporte de calor, comparativamente ao uso de misturas a base de Ar, e o comportamento não linear mostrado na Figura 2 para a influência da adição de He, não está ainda claro se a adição de He na mistura do gás de proteção realmente altera a penetração/área fundida de um cordão de solda. Além disto, apesar do caráter ilustrativo, esta figura não pode ser considerada conclusiva, pois Ar e He puros ou em misturas não são usados na prática em soldagens de aço. Assim este trabalho se propôs a verificar influência da adição de 25% de Hélio sobre as características geométricas e sobre os perfis do cordão de solda na soldagem MIG/MAG de aço ao carbono.

2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Para estudar a influência da adição de He na mistura de gases de proteção sobre o perfil do cordão de solda, tomou-se como base uma mistura de Ar+5%O₂. Esta mistura é típica para soldagem MIG/MAG de aço ao carbono trabalhando no modo de transferência goticular. Foram realizadas soldagens comparativas desta mistura com uma de Ar+5%O₂+25%He, mantendo-se os mesmos níveis de corrente e as mesmas velocidades de alimentação e de soldagem. Essas condições foram repetidas para dois comprimentos distintos de arco. O arame-eletrodo utilizado no ensaio foi da classe AWS ER70S-6, de diâmetro 1,2 mm. A mistura dos gases de proteção foi feita em um misturador de gás laboratorial. A vazão do gás utilizada em todos os testes foi de 14 l/mim.

Para as soldagens, foram utilizadas uma tocha comercial refrigerada a água e uma fonte eletrônica multiprocessado do tipo chaveada no secundário. A fonte foi programada para trabalhar no modo MIG/MAG corrente constante, para se garantir o mesmo valor de corrente em todos os experimentos comparativos. Neste modo, regulava-se o valor da corrente e da velocidade de alimentação, sendo a tensão a resultante da carga (caracterizada por cada arco). Este modo operacional permite também ao variar a Distância do Bico de Contato-Peça (DBCP) obter diferentes comprimentos de arco; na mesma corrente e velocidade de alimentação, quanto maior a DBCP, maior o comprimento de arco.

Para efeito de comparação, todos os ensaios foram realizados como simples deposição sobre chapa. As chapas de teste foram confeccionadas a partir de chapas de aço carbono ABNT 1020 de dimensões 200 x 25,4 x 9,5mm. A Tabela 1 mostra os parâmetros regulados para cada teste.

Tabela 1 – Parâmetros de regulagem para os testes

Teste	Gás de Proteção	Velocidade de Alimentação (m/min)	Velocidade de Soldagem (cm/min)	DBCP (mm)	Corrente de Referência (A)
01	Ar + 5% O ₂	6,9	40,8	24	250
02	Ar + 5% O ₂ + 25% He	6,9	40,8	24	250
03	Ar + 5% O ₂	6,9	40,8	18	250
04	Ar + 5% O ₂ + 25% He	6,9	40,8	18	250

Para visualização da transferência metálica, do comprimento do arco e dos fenômenos correlatos, foi utilizada a técnica da Shadowgrafia com filmagem digital a alta velocidade (2000 quadros por segundo) (detalhada por Lin et al^[7] e vários outros autores) e luz de fundo de laser 632,2 μm, Figura 3. Na soldagem, o termo Shadowgrafia vem sendo utilizado para se referenciar à formação da sombra projetada de vários elementos (tocha, eletrodo, gotas, cordão e chapa) em um filme fotográfico ou diretamente sobre a lente de uma filmadora (Figura 4), técnica também conhecida como “Back-lighting”. Em português, a terminologia “Perfilografia”, mais recentemente usada, parece ser a mais adequada para esta técnica.

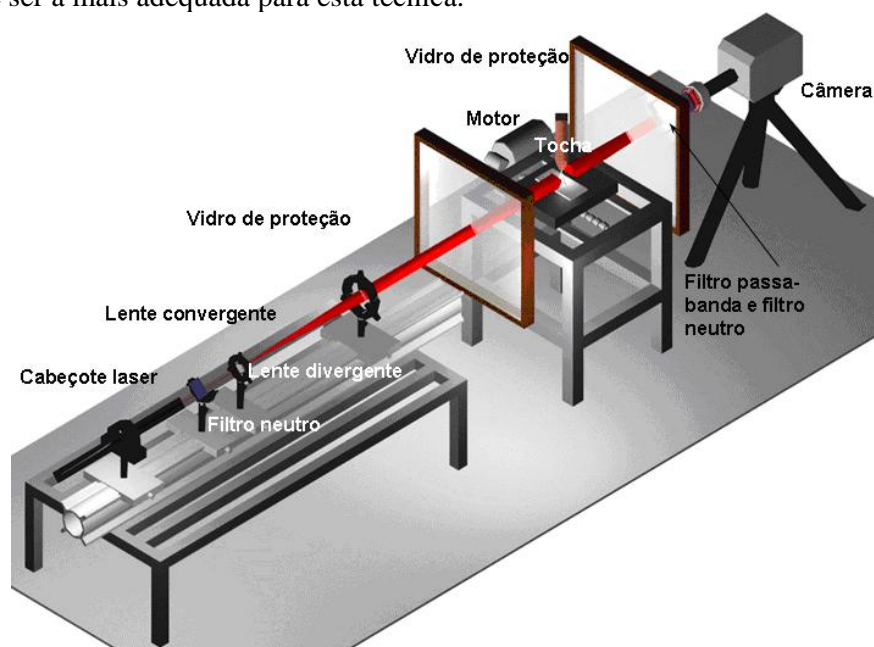


Figura 3 - Detalhe do sistema laser-óptico utilizado nos experimentos.

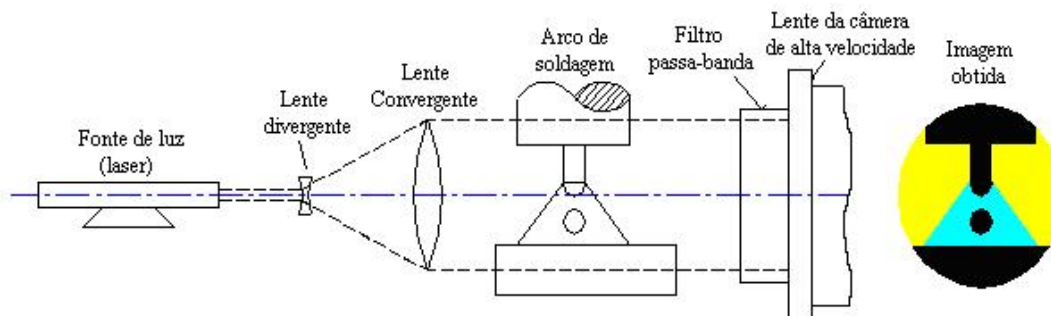


Figura 4 – Princípio da Perfilografia aplicada à soldagem^[8].

Para medição do comprimento do arco foi utilizado o programa Vídeo Analisador de Imagens de Transferência Metálica em Soldagem^[9], que é um programa computacional interativo que analisa quantitativamente, e de forma independente, as características geométricas dos objetos em imagens de transferência metálica em soldagens MIG/MAG. As imagens analisadas utilizando o Vídeo Analisador são adquiridas através da técnica “Perfilografia” descrita anteriormente.

Após a realização das soldagens, cada placa de teste foi seccionada em três locais distintos. Estas três seções foram devidamente preparadas por ataque metalográfico para macrografia, resultando num total de três seções transversais. Em cada seção mediu-se (através de uma câmera CCD e um programa de tratamento de imagens) os valores das principais características geométricas dos cordões de solda, a saber, reforço, penetração, largura e área fundida, para se obter o valor médio dessas grandezas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os valores médios de tensão, corrente e comprimento do arco referente a cada um dos 4 testes. Pode-se observar que para comprimentos de arcos maiores foram obtidos maiores valores de tensão de arco, assim como que as misturas com adição do He também tiveram maior queda de tensão no arco. Estes dados, esperados, sugerem que os experimentos foram bem sucedidos. Observa-se também que para a mesma regulagem de parâmetros se obteve dois níveis de comprimento de arco bem semelhantes para as duas misturas gasosas (não havendo influência do gás de forma marcante sobre a taxa de fusão do arame-eletrodo), fato não necessariamente esperado.

Tabela 2 – Valores medidos de tensão, corrente e comprimento de arco médios

Teste	Gás de Proteção	DBCP (mm)	I (A)	U (V)	Comprimento do Arco (mm)
01	Ar + 5% O ₂	24	250	33,3	9,5 ± 0,56
02	Ar + 5% O ₂ + 25% He	24	250	34,6	9,7 ± 0,74
03	Ar + 5% O ₂	18	250	27,7	3,2 ± 0,22
04	Ar + 5% O ₂ + 25% He	18	250	28,9	3,2 ± 0,34

Onde DBCP = distância bico de contato-peça; I = corrente eficaz; U = tensão eficaz.

Valores muito próximos para as características geométricas do cordão de solda foram obtidos se comparado para cada comprimento de arco individualmente, como mostra a Tabela 3. Para facilitar a visualização deste achado, gráficos comparativos relacionando cada uma das características citadas em função do gás de proteção utilizado foram traçados. De uma forma geral, as dimensões do reforço, Figura 5, e da largura, Figura 6, não sofreram efeitos significativos da adição de He na mistura do gás de proteção, tampouco dos dois valores do comprimento do arco de soldagem. Na penetração, assim como na área fundida, Figuras 7 e 8, respectivamente, a presença do gás He na mistura também não apresentou influência no cordão. Porém, esses dois parâmetros foram afetados pelo comprimento do arco de soldagem; quanto maior o comprimento de arco (maior DBCP), menor a penetração e a área fundida.

Tabela 3 – Valores médios das características geométricas dos cordões de solda

Teste	Reforço (mm)	Largura (mm)	Penetração (mm)	Área Fundida (mm ²)
01	2,659	10,086	2,289	11,500
02	2,590	11,191	2,062	11,636
03	2,708	10,992	3,171	15,430

04 2,815 10,591 3,237 15,538

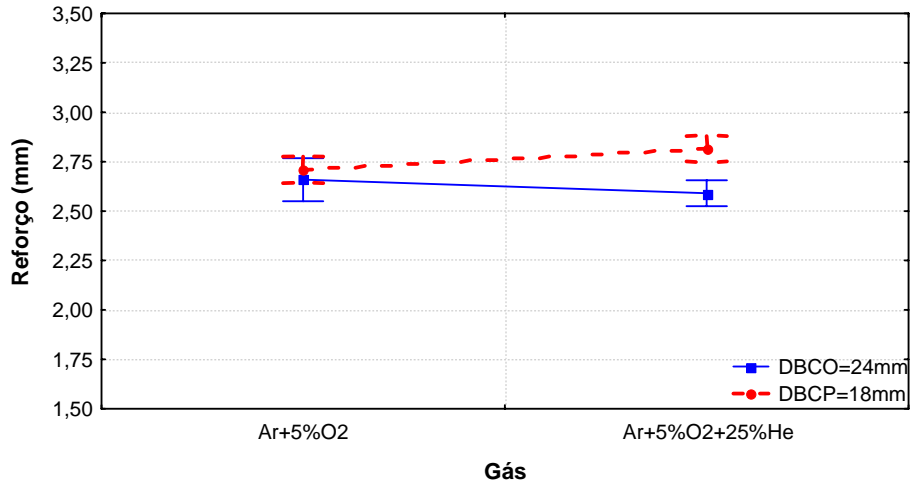


Figura 5 - Reforço x composição do gás de proteção.

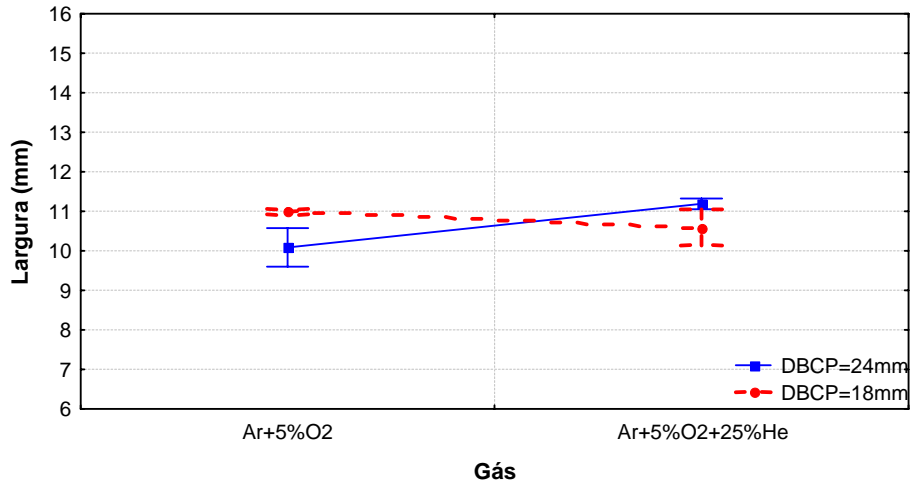


Figura 6 - Largura x composição do gás de proteção.

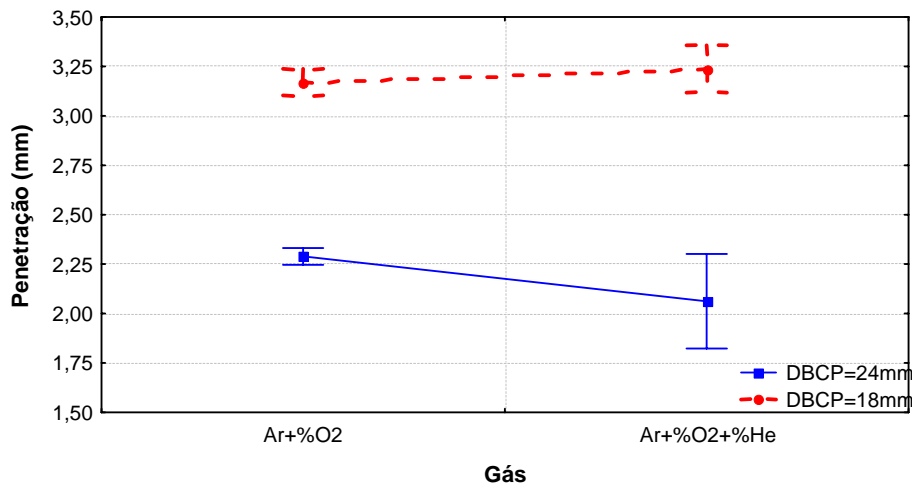


Figura 7 – Penetração x composição do gás de proteção.

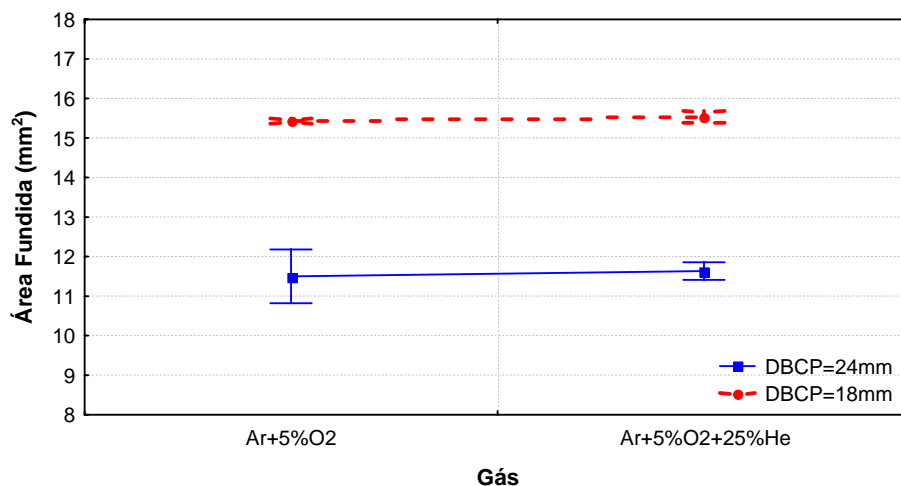


Figura 8 – Área fundida x composição do gás de proteção.

Além disto, a presença de He no gás de proteção também não teve influência sobre o perfil do cordão de solda. A Tabela 4 mostra que tanto para arco longo quanto para arco curto, pode ser observado o fenômeno “finger-like”^[2] (perfil de solda do tipo taça) nas seções. Pode-se notar também que o aspecto do cordão, salvo algumas poucas porosidades quando utilizado juntamente com arco longo, não foi afetado pela adição de He ao gás de proteção.

Tabela 4 - Aspecto e seção transversal dos cordões de solda

Teste	Gás de Proteção	Aspecto do Cordão de Solda	Seção Transversal
01	Ar + 5%O ₂ (arco longo)		
02	Ar + 5%O ₂ + 25%He (arco longo)		
03	Ar + 5%O ₂ (arco curto)		
04	Ar + 5%O ₂ + 25%He (arco curto)		

4. CONCLUSÃO

Nas condições deste trabalho (corrente de soldagem de 250 A e em dois níveis de comprimento de arco, aproximadamente 9,6 e 3,2 mm), pode-se concluir que, pelo menos para mistura de Ar+5%O₂, a adição de He não influencia as dimensões geométricas (característica do cordão) e perfil dos cordões de solda de aço ao carbono. Desta forma, seu maior custo não justifica seu uso em soldagens MIG/MAG desse material.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer às agências CNPq, pelo apoio financeiro na concessão de bolsas, e à FAPEMIG, pelo suporte financeiro para infra-estrutura através do Projeto TEC 604/2005.

6. REFERÊNCIAS

1. M. Suban, J. Tusek. (2001). Dependence of Melting Rate in MIG/MAG Welding on the Type of Shielding Gas Used, **Journal of Materials Processing Technology**, pp 185 - 192.
2. AWS, **Welding Handbook: Welding Process (Vol II)**, AWS, USA, 8th Edition, 1991, cap. 4, 955 p. (ISBN 0-87171-354-3).
3. J.F. Lancaster, **The Physics of Welding**, Pergamom Press, Oxford, United Kingdon, 1986, p. 15.
4. P.G. JÖNSSON, T.W. EAGAR, and J. SZEKELY, **Heat and Metal Transfer in Gás Metal Arc Welding Using Argon and Helium**. Metallurgical and Materials Transactions, Volume 26B, April 1995, pp. 383-395.
5. AWS, Supplement: The American Welder Vol. 79, no. 1-2, **Welding Journal**, pp. 18. Jan.-Feb. 2000
6. J. NORRISH (1992), **Advanced Welding Processes**, Institute of Physics Publishing, Bristol, United Kingdon, p. 83.
7. Q LIN, X LI & S W SIMPSON **Metal transfer measurements in gas metal arc welding**. Journal of Physics D: Applied Physics. 2000. pp 347-353.
8. VILARINHO, L.O., **Desenvolvimento e Avaliação de um Algoritmo Alternativo para Soldagem MIG Sinérgica de Alumínio**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - Minas Gerais, 2000. 111p.
9. MAIA, T. C. G.. & RODRIGUES, C. E. A. L. (2002) **Manual de Operação do Vídeo Analisador de Imagens de Transferência Metálica em Soldagem**, Relatório interno LAPROSOLDA/UFU 16/2002.

INFLUENCE OF HELIUM ADDITION IN THE SHIELDING GAS ON THE CARBON STEEL MIG/MAG WELD BEAD GEOMETRY

Rafael Ferezim Morales

Federal University of Uberlândia, School of Mechanical Engineering, Laboratory for Welding Process Development (LAPROSOLDA), João Naves de Ávila Av., 2160 - Campus Santa Mônica, ZIP: 38400-902, Uberlândia, MG, Brazil, rfmorales@mecanica.ufu.br.

André Alves de Resende

Federal University of Uberlândia, School of Mechanical Engineering, Laboratory for Welding Process Development (LAPROSOLDA), João Naves de Ávila Av., 2160 - Campus Santa Mônica, ZIP: 38400-902, Uberlândia, MG, Brazil, aarende@gmail.com.

Américo Scotti

Federal University of Uberlândia, School of Mechanical Engineering, Laboratory for Welding Process Development (LAPROSOLDA), João Naves de Ávila Av., 2160 - Campus Santa Mônica, ZIP: 38400-902, Uberlândia, MG, Brazil, ascotti@mecanica.ufu.br

Abstract: Several shielding gas blends are used in industrial applications of the MIG/MAG welding process. The bead geometry is one of the criteria for the shielding gas type choice, always taking into account the economical factor. The objective of this work was to verify the influence of He addition in the composition of the shielding gas over the weld bead geometry in MIG/MAG carbon steel welding. This study was carried out using an Ar+5%O₂ blend as base, with and without 25% He addition. The experiments were made for each gas combination at two distinct arc lengths and at one current level. Geometric characteristics (penetration, bead width, reinforcement and fusion area) were determined. The results showed that He inserted in the shielding gas composition does not influence significantly the of weld bead geometry. This fact suggests that there is no reason for using this most expensive component in gas blends for carbon steel MIG/MAG welding.

Keywords: GMAW, Gas Composition, Geometry, Helium, Argon.