

AVALIAÇÃO DO EFEITO DO GÁS NA VELOCIDADE DE SOLDAGEM DO PROCESSO PLASMA “MELT-IN”

Ruham Pablo Reis

Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Campus Santa Mônica, 38400-902,
Uberlândia, MG - ruhamreis@yahoo.com

Américo Scotti

Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Campus Santa Mônica, 38400-902,
Uberlândia, MG - ascotti@mecanica.ufu.br

Resumo: O objetivo deste trabalho é propor e avaliar um novo gás para soldagem PLASMA “melt-in” que possibilite aumentar significativamente a velocidade de operação de uniões de chapas finas de aço baixo carbono, apresentando ao mercado uma opção de soldagem de alta taxa de produção sem a necessidade do uso de material de adição (solda autógena). A viabilização desta opção de fabricação pode representar um diferencial nas uniões automatizadas de juntas sobrepostas, de topo ou em arestas, com grande impacto na produtividade da manufatura de itens como autopeça, compressores de refrigeração e outros componentes para linha branca. Atualmente, o processo Plasma “melt-in” tem sido empregado com o uso de Argônio como gás de plasma e gás de proteção, porém com grande limitação no valor máximo de velocidade de soldagem que se pode empregar, devido ao aparecimento de instabilidade no cordão. Para superar esta limitação, foi desenvolvida e avaliada uma série de misturas gasosas, binárias e ternárias. O critério de comparação foi a máxima velocidade de soldagem alcançável com soldas de boa qualidade. Após os testes, achou-se uma família de misturas gasosas com alto desempenho. Verificou-se que é possível aumentar a velocidade de soldagem em até 400%, dependendo da mistura, sem comprometer a qualidade dos cordões, desde que, além do uso da mistura gasosa adequada, sejam seguidos procedimentos de limpeza eficiente das juntas a serem soldadas e posicionamento da tocha.

Palavras-chave: soldagem, PLASMA, gás de proteção, produtividade.

1. INTRODUÇÃO

O processo de soldagem Plasma tem tido uma aceitação significativa nos últimos anos para aplicações automatizadas. Atualmente, o processo Plasma aparece como uma alternativa promissora em relação a outros processos convencionais, como o TIG e mesmo o MIG/MAG, e sua tecnologia vem sendo cada vez mais utilizada na indústria em geral. Entretanto, existe uma limitação para o uso do processo Plasma que está exatamente na dificuldade de ajuste de parâmetros e nos custos de equipamentos, sobretudo da tocha e dos respectivos consumíveis. Uma das grandes vantagens do processo Plasma é a possibilidade de eliminação do uso de arame (metal de adição), principalmente em se tratando de logística, pois elimina mais um item com relação às operações de compra, transporte e estoque. Esta opção de fabricação pode ter grande aceitação nas uniões de chapas com juntas sobrepostas, de topo ou em arestas, com espessuras inferiores a 3 mm, e onde se requeira uma alta produtividade (soldagem automatizada). Exemplos seriam compressores de refrigeração, eixos e longarinas para veículos automotores, autopeças, componentes para linha branca, etc. A Figura 1 ilustra os três tipos de juntas típicas utilizadas para a soldagem Plasma pela técnica “melt-in” (convencional) e a Figura 2 mostra uma representação esquemática do processo.



Figura 1: Juntas típicas para soldagem Plasma pela técnica “melt-in”

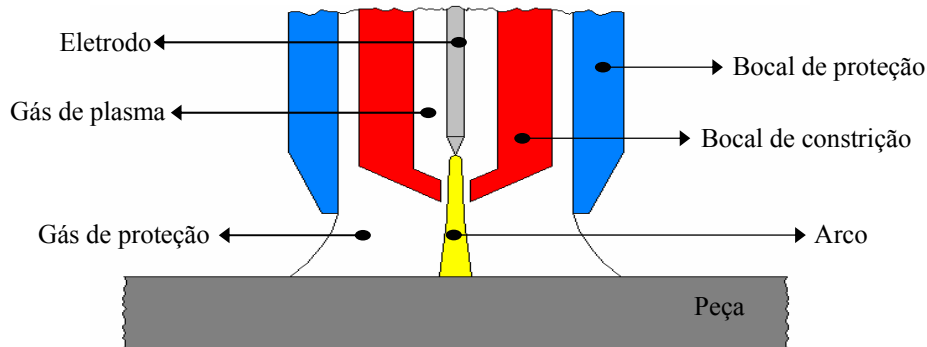


Figura 2: Representação esquemática do processo de soldagem Plasma “melt-in”

Além das limitações já citadas, existe ainda um limite na velocidade de soldagem que acaba tendo influência direta na produtividade do processo. Um aumento significativo na velocidade de soldagem seria uma grande justificativa para usar o processo Plasma, superando as limitações operacionais e de custo acima mencionadas. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi procurar o aumento da velocidade de soldagem deste processo através do estudo de um novo gás de proteção e plasma.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

2.1. Definição de uma Condição Padrão de Soldagem

Atualmente este processo tem sido empregado com o uso de Argônio como gás de plasma e gás de proteção. Ao se tentar trabalhar com este processo com altas velocidades, o cordão de solda passa de uma condição de perfil adequado a uma condição de instabilidade, como ilustrado na Figura 3. A velocidade máxima de soldagem com que ainda se consegue soldas com perfis estáveis é denominada “velocidade limite de soldagem”. Por isto, do ponto de vista metodológico, adotou-se neste trabalho o critério da velocidade limite de soldagem para comparar o efeito do gás para soldagem plasma “melt-in” de aço carbono.



Solda em conformidade, junta de aresta



Solda em não conformidade, junta de aresta



Solda em conformidade, junta sobreposta



Solda em não conformidade, junta sobreposta

Figura 3: Aparência de cordões em conformidade, ao se trabalhar em baixas velocidades, e não conformidade (instabilidade do cordão), ao se trabalhar em altas velocidades

Antes de propor e avaliar novas misturas gasosas, foram testadas várias técnicas para superar o problema de instabilidade do cordão de solda e, com isto, alcançar maiores velocidades de soldagem e definir uma condição padrão de comparação mais robusta. O sistema de soldagem para execução dos testes foi montado como ilustra a Figura 4.



Figura 4 : Equipamentos utilizados no sistema de soldagem

Neste trabalho foram feitos testes em juntas de aresta (mais propensa à formação de instabilidades) com chapas de 1,5 mm de espessura para determinar uma condição padrão de soldagem, que foi a seguinte:

- Corrente de soldagem: 140 A;
- Vazão de gás de plasma: 0,7 l/min;
- Vazão de gás de proteção: 10,6 l/min;
- Distância tocha-peça: 3,5 mm;
- Tipo e diâmetro do eletrodo: WTh 2% e 5 mm;
- Ângulo da ponta do eletrodo: $\approx 33^\circ$;
- Afastamento do eletrodo: 0,8 mm.

Definida a condição de padrão de soldagem, procurou-se uma condição de limpeza da junta e posição da tocha de soldagem (ângulo de ataque) que pudesse permitir a máxima velocidade de soldagem para o gás tradicionalmente utilizado, ou seja, o argônio. Foram feitos testes em juntas cujas chapas foram limpas com escova de aço rotativa, solução ácida e jateamento com areia. Os métodos de limpeza mais indicados, ou seja, que tendem a diminuir as instabilidades, foram por meio de solução ácida e jateamento. Diante da infra-estrutura disponível, optou-se por adotar o método de limpeza por jateamento para o restante dos testes. A Figura 5 ilustra os diferentes ângulos de ataque testados. Assim, após vários testes, concluiu-se que a condição mais indicada é com a tocha empurrando a poça em um ângulo de ataque de 105° .

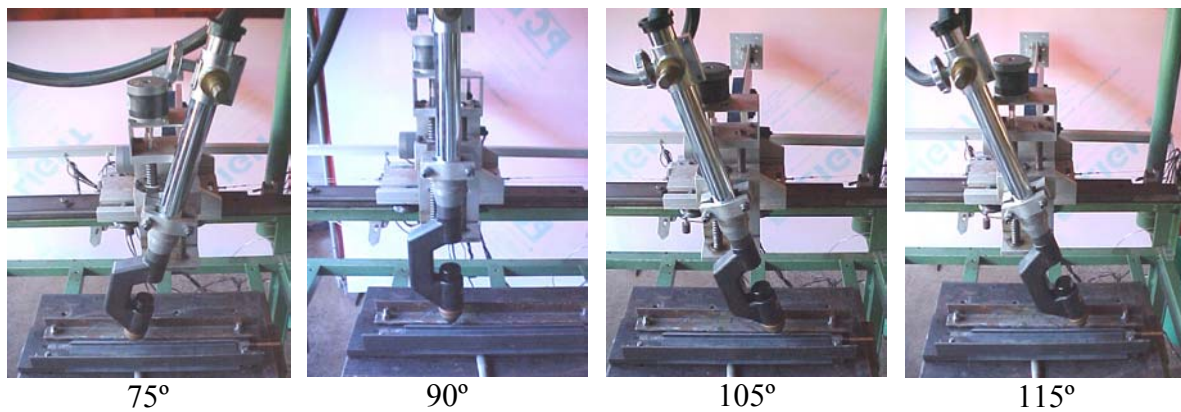


Figura 5: Ângulos de ataque da tocha de soldagem para soldagens da esquerda para direita

Utilizando a condição padrão de soldagem, o que inclui à limpeza das chapas por jateamento e correto ângulo ataque, a velocidade de soldagem foi incrementada até um limite no qual ainda ocorressem cordões em conformidade (qualidade de acabamento). A velocidade limite para condição foi de 600 mm/min, o que ainda é relativamente baixo para os objetivos almejados, além do que com um acabamento ainda a desejar, como mostra a Figura 6.



Figura 6: Aspecto do cordão de solda na velocidade de soldagem máxima utilizando Ar

2.2. Utilização de Misturas Binárias e Ternárias

Foram testadas diversas misturas gasosas, binárias e ternárias, pensando-se em atuar sobre possíveis causas da instabilidade do cordão, entre elas a tensão superficial e viscosidade da poça de fusão. Estas misturas eram sempre a base de Argônio, com percentual variável de outros 3 gases. Em função da necessidade de preservar os interesses do patrocinador deste projeto, neste trabalho os segundos e terceiros componentes não serão aqui identificados, apenas referenciados por letras (X, Y, Z). A Figura 7 mostra o misturador de gás utilizado e a tela de apresentação do software para cálculo da mistura gasosa.

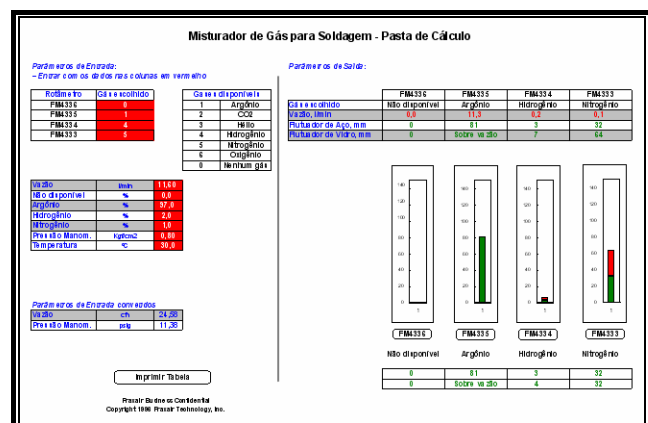
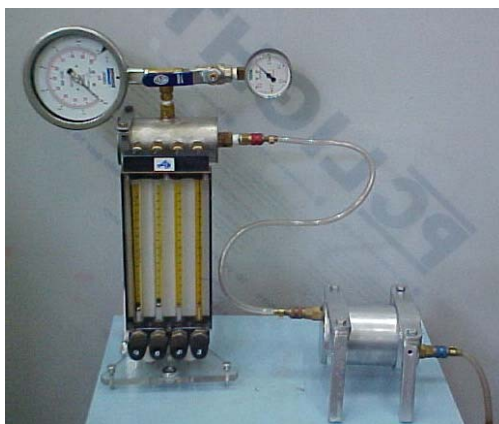


Figura 7: Misturador de gás utilizado e tela principal do software para cálculo da mistura

Mantidas as mesmas condições utilizadas na soldagem padrão com Ar variou-se a quantidade de gás X em 5, 7 e 10%. Os resultados foram bem satisfatórios, conseguindo-se cordões de excelente acabamento mesmo na velocidade limite de cada mistura gasosa. A Figura 8 ilustra o acabamento de um dos cordões na velocidade limite e a Figura 9 o comportamento da velocidade limite em função do teor de gás X utilizado. A proporção de gás X na mistura ficou limitada a 10% por dificuldades de abertura do arco e questões de custo.



Figura 8: Acabamento do cordão na velocidade limite de soldagem com o uso da mistura Ar + 5%X

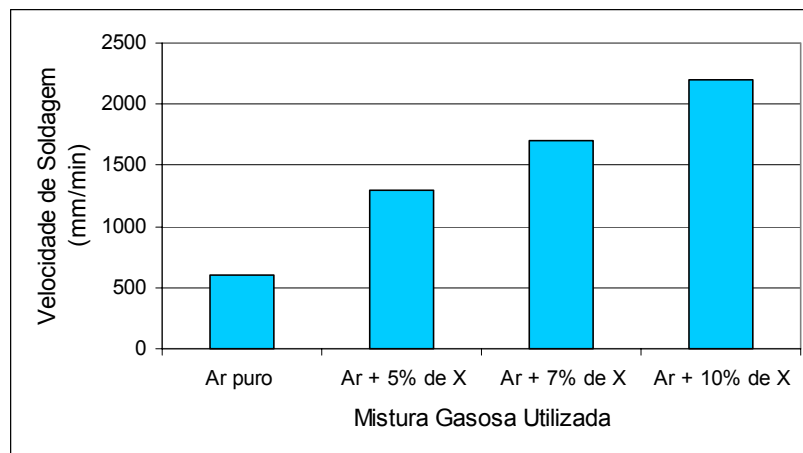


Figura 9: Influência do teor de gás X na mistura com Ar sobre a velocidade limite de soldagem

Na tentativa de aumentar ainda mais a velocidade limite, foi testada a adição do gás Y. O uso de gás Y na mistura gasosa, mesmo em baixas proporções, não mostrou ser adequado para esse tipo de soldagem, devido ao excesso de porosidade que provoca, como ilustra a Figura 10. Isto não permitiu, portanto, avaliar o efeito deste gás sobre a produtividade do processo, apesar de não ter ocorrido instabilidade do cordão.



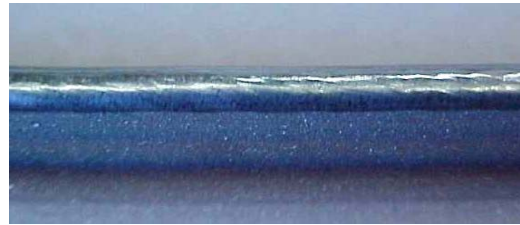
Figura 10: Porosidade no cordão de solda realizado com a mistura de Ar + 5%Y

Como tentativa de elevar ainda mais a produtividade do processo de soldagem Plasma, verificou-se a influência da adição do gás Z na mistura gasosa utilizada. A utilização de misturas formadas somente por Ar e Z não se mostrou eficiente, permitindo uma velocidade limite de soldagem de apenas 700 mm/min para juntas de aresta. Já a adição de Z em misturas com Ar e X, permitiu elevar consideravelmente a produtividade do processo. Utilizando-se misturas formadas

por 5% de Z, 5% de X e 90% de Ar foi possível elevar a velocidade limite de soldagem de 1300 mm/min (5% de X e 95% de Ar) para 2000 mm/min. Uma produtividade ainda maior foi alcançada quando foi utilizada uma mistura com 5% Z, 10% de X e 85% de Ar, sendo possível soldar em total conformidade a velocidades de até 2600 mm/min, um ganho considerável se comparado à velocidade limite de 2200 mm/min obtida com a mistura de 90% de Ar e 10% de X. Com relação ao aspecto dos cordões, mesmo utilizando um teor de Z mais elevado, foi possível manter a qualidade dos cordões obtidos como ilustra a Figura 11.



5% de Z, 5% de X e 90% de Ar



5% de Z, 10% de X e 85% de Ar

Figura 11: Cordões obtidos pelo processo Plasma “melt-in” utilizando misturas ternárias

A Figura 12 mostra a evolução da velocidade limite de soldagem com em função das misturas gasosas testadas.

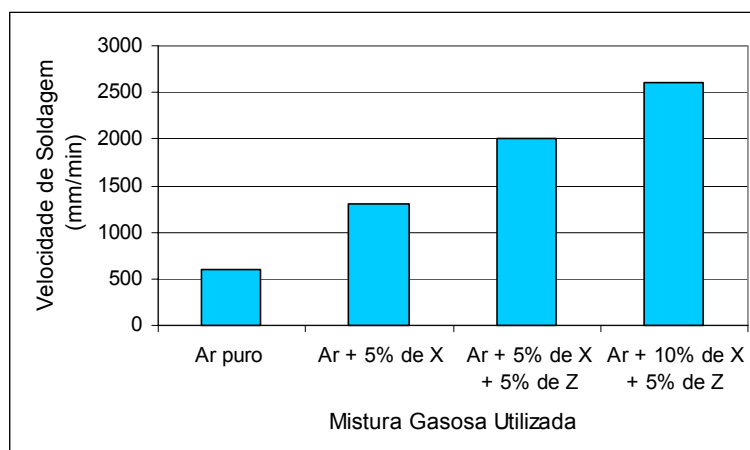


Figura 12: Evolução da velocidade limite de soldagem em função da mistura gasosa

Dessa forma é perfeitamente possível usar uma mistura ternária Ar-X-Z para soldar aço comum ao carbono pelo processo Plasma, com total conformidade dos cordões, e ainda obter produtividade mais elevada do que a obtida com a mistura binária Ar-X. O ganho de produtividade em relação ao Ar, que é comumente utilizado, chega a mais de 400%.

É importante citar que foram feitos testes com combinações diferentes de gás de plasma e proteção, mais os resultados aqui apresentados foram obtidos utilizando-se o mesmo gás em ambas as funções, por proporcionar um maior limite para a velocidade de soldagem.

3. CONCLUSÃO

Nas condições deste trabalho, pode-se concluir que foi possível aumentar significativamente (em mais de 400%) a velocidade de soldagem do processo plasma “melt-in” na soldagem de chapas finas de aço baixo carbono pela substituição do gás de plasma e gás de proteção por uma mistura dedicada. As misturas de Ar com 5 a 10% de X e de Ar com 5% de Z e 5 a 10% de X mostrara-se as mais adequadas. O aumento de produtividade possível demonstra viabilizar o processo plasma para várias aplicações, entre as quais aquelas em que o uso dos processos TIG e MIG/MAG tem sido mais indicado.

EVALUATION OF THE GAS EFFECT ON THE WELDING SPEED OF THE MELT-IN PLASMA PROCESS

Ruham Pablo Reis

Faculty of Mechanical Engineering, Federal University of Uberlândia, Campus Santa Mônica, 38400-902, Uberlândia, MG, Brazil - ruhamreis@yahoo.com

Américo Scotti

Faculty of Mechanical Engineering, Federal University of Uberlândia, Campus Santa Mônica, 38400-902, Uberlândia, MG, Brazil - ascotti@mecanica.ufu.br

Abstract: *The objective of this work is to propose and to evaluate a novel gas for melt-in PLASMA welding that makes possible a significant increase of the operation speed in low-carbon-steel-thin-plate unions. The goal is to present to the market an option of a welding process with high production rate without the need of filler metal (autogenous weld). The feasibility of this manufacture option may represent a spin off in automated unions of overlap, groove or edge joints, with great impact in the productivity of assembling of goods such as auto-parts, refrigerator compressor and other white line components. Currently, Argon has been used as plasma and shielding gases in melt-in Plasma process, yet with great limitation in the maximum welding speed, due to bead instability. To overcome this limitation, in this work a series of gas blends (binary and ternary) was developed and evaluated. The comparison criterion was the maximum achievable welding speed with sound welds. After the tests, a family of gas blends with high performance was found. It was verified that it is possible to increase the welding speed up to 400%, depending on the blend, without compromising the quality of the beads, as long as procedures for joint cleaning and torch positioning are observed.*

Keywords: *welding, PLASMA, shielding gas, productivity.*