

APLICAÇÃO DE FLUXO ATIVO NA SOLDAGEM TIG E PLASMA

André Richetti

Valtair Antonio Ferraresi

Universidade Federal de Uberlândia UFU/FEMEC

Campus Santa Mônica, Caixa Postal 593

38.400-902 – Uberlândia, MG

e-mail: valtairf@mecanica.ufu.br

Resumo. Para aumentar a produtividade do processo de soldagem TIG o “Paton Welding Institute” desenvolveu a técnica da camada de fluxo ativo, que consiste em se depositar uma fina camada de fluxo sobre a junta antes de ser soldada. Neste trabalho foi verificada a potencialidade da aplicação desta técnica no processo TIG e no processo a plasma com “keyhole”. Os resultados obtidos com a técnica tradicional mostram que há a formação de uma escória de difícil remoção devido às interações entre o fluxo e a poça de fusão. Desta forma, foi proposta uma nova metodologia para a aplicação da camada de fluxo sobre a superfície da peça. Os resultados obtidos com esta nova metodologia mostraram-se satisfatórios, tanto no sentido de aumentar a produtividade do processo (aumento da penetração), como no de garantir um bom acabamento superficial do cordão (liso sem escória). Além disto, esta nova metodologia também ameniza problemas de desalinhamentos entre a junta e o trajeto da tocha, mantendo a raiz da solda alinhada com a linha central da junta.

Palavras-chaves: soldagem, fluxo ativo, processo TIG, processo a plasma.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Lucas & Howse⁽¹⁾, a produtividade da soldagem TIG pode ser aumentada utilizando-se a técnica da camada de fluxo ativo. Esta técnica foi introduzida pelo “Paton Welding Institute” na primeira metade dos anos 60 para aumentar a produtividade deste processo, que consiste em se depositar uma fina camada de um fluxo sobre a superfície da peça antes da soldagem. Os fluxos são normalmente feitos misturando-se os ingredientes em uma solução líquida tal como a acetona ou o álcool. Uma vez depositado através de um pincel, ou por spray, uma fina camada de fluxo se forma e rapidamente seca antes da soldagem propriamente dita. Resultados experimentais da época demonstraram que a produtividade do processo A-TIG (soldagem TIG com fluxo ativo), poderia ser aumentada em até 3 vezes em relação ao processo convencional [2 e 3].

O processo A-TIG tem recebido uma atenção especial nos últimos anos em função de usar um equipamento convencional, porém com a possibilidade de obter penetração total em passe único em juntas com até 10 mm de espessura e sem preparação, equivalendo-se em penetração ao processo a plasma com “keyhole”. Isto representa um ganho considerável na profundidade de penetração em relação ao processo convencional, cuja penetração é normalmente limitada à cerca de 3 a 4 mm. Além disto, mesmo considerando a faixa de espessura coberta pelo TIG, o processo com fluxo ativo leva a vantagem por permitir utilizar maiores velocidades de soldagem [1 e 4].

A principal desvantagem desta técnica reside principalmente na propensão à formação de escória sobre a superfície da solda, podendo também acarretar uma piora no seu acabamento superficial. No caso da soldagem em vários passes, a escória formada deve ser adequadamente retirada para evitar a possibilidade da ocorrência de inclusões em passes subseqüentes. Não se pode

também desconsiderar a possibilidade de contaminação ou fragilização do metal de solda em função das interações entre o fluxo e o metal fundido [3].

Muitos mecanismos foram propostos para explicar o aumento da penetração na soldagem A-TIG. A maioria dos pesquisadores acredita que isto ocorre devido ao fato de que as moléculas do fluxo dissociadas pelo intenso calor gerado são capazes de capturar elétrons nas regiões periféricas do arco (mais frias), formando ali íons negativos. A captura de elétrons por parte destes elementos reduz a densidade periférica de elétrons livres no arco e, desta forma, o principal canal condutor de eletricidade é reduzido, resultando em um efeito de constrição (redução do diâmetro da coluna do arco) e aumento na tensão do arco. [4 e 5].

Neste caso, a maior tensão do arco na soldagem com fluxo ativo em relação ao processo convencional é normalmente explicada em termos de constrição, ou seja, pelo estreitamento do diâmetro da coluna do arco [5]. Ao mesmo tempo, este efeito de constrição induz um aumento na temperatura e na pressão do arco, permitindo aumentar significativamente a profundidade de penetração da solda.

Outros mecanismos de constrição do arco também são citados na literatura. Por exemplo, segundo Fan et al.⁽⁶⁾, a constrição do arco pode ser causada por 3 fatores:

1- Átomos dissociados na periferia do arco absorvem elétrons para formar partículas carregadas (íons), causando uma diminuição na quantidade de elétrons livres e, conseqüentemente, diminuindo a habilidade de condução e causando uma constrição do arco.

2- Reações endotérmicas de dissociação das moléculas componentes do fluxo absorvem calor das regiões externas do arco, causando um efeito de constrição.

3- Devido ao fato de que a condutividade elétrica do fluxo é geralmente menor do que a dos vapores metálicos produzidos pelo material de base, pode ocorrer uma redução na área do ponto anódico (região de incidência do arco), causando uma contração da raiz do arco.

A maior dificuldade desta técnica está na seleção de um fluxo para uma determinada aplicação (material), isto recai principalmente sobre a não divulgação da sua composição química, a qual normalmente é considerada como um segredo industrial. A falta de informações técnicas também pode contribuir para um aumento desta dificuldade, por exemplo, na obtenção de dados qualitativos ou quantitativos a respeito do efeito dos fluxos sobre a composição química da solda, ou sobre suas propriedades mecânicas [1]. Entretanto, Perry et al.⁽⁴⁾ citam que diferentes revestimentos a base de óxidos, sais alcalinos, halogênios, ou fluoretos têm sido reportados no passado como apresentando um efeito favorável sobre a penetração da solda. Por exemplo, um revestimento a base de óxidos de ferro, cromo, silício, titânio, manganês, níquel, cobalto, molibdênio e cálcio (misturados ou não) têm sido usado para melhorar a soldabilidade e aumentar a velocidade de soldagem em aços inoxidáveis. Evidentemente, a composição do fluxo também pode ser acertada para melhorar as propriedades mecânicas do metal de solda em relação às soldas convencionais através da adição de elementos de liga.

Quanto ao processo de soldagem a Plasma, este tem sua origem no processo TIG, motivo pelo quais apresentam características similares e, desta forma, pode-se supor que a técnica da camada de fluxo ativo também possa ser utilizada para aumentar a sua produtividade. Lucas & Howse⁽¹⁾ indicam que o uso desta técnica na soldagem a plasma com “*keyhole*” ajuda a melhorar o perfil da solda (produz uma raiz mais larga permitindo uma maior robustez em relação a desalinhamentos na junta), ao mesmo tempo em que permite aumentar a velocidade de soldagem.

Desta forma, o objetivo deste trabalho é analisar a influência do uso da técnica da camada de fluxo ativo na soldagem TIG e a plasma, com a possibilidade de utilizá-la como ferramenta para o aumento da produtividade destes processos. Inicialmente, o efeito do fluxo no arco e na poça de fusão será estudado no processo TIG, para identificar os principais fenômenos envolvidos e propor uma nova metodologia de utilização desta técnica. Posteriormente, a técnica da camada de fluxo ativo será expandida para as operações de soldagem a plasma, visando verificar a viabilidade da utilização desta técnica (Plasma com fluxo ativo) em operações com “*keyhole*”.

2. METODOLOGIA E MATERIAIS

Foi utilizada uma fonte de soldagem eletrônica multiprocesso, que trabalha com uma corrente nominal de até 300 A para um fator de serviço igual a 100%. A tocha de soldagem a plasma é refrigerada a água, projetada para trabalhar com correntes de até 300 A com arco transferido e polaridade direta. Os bocais de constrição são peças substituíveis e as opções de diâmetros disponíveis comercialmente para a tocha são de 3,2 mm (0,125”), 2,8 mm (0,113”) e 2,4 mm (0,093”), para aplicações de até 300, 250 e 200 A, respectivamente.

A vazão dos gases utilizados na soldagem a plasma com “*keyhole*” normalmente tem uma influência mais acentuada do que em outros processos convencionais. A vazão do gás de plasma é baixa e deve ser controlada adequadamente para evitar flutuações e, conseqüentemente, instabilidades no “*keyhole*”. Para tanto, foi utilizado um equipamento que opera em uma faixa de vazão de 0,3 a 3 l/min.

Para a realização das soldas de forma automatizada, foi utilizada uma mesa de coordenadas computadorizadas. Durante a soldagem, os sinais elétricos foram adquiridos a uma frequência de 10 kHz diretamente na fonte de soldagem via placa de aquisição e, posteriormente, os dados foram analisados em um programa de tratamento de sinais.

Um sistema de aquisição e tratamento de imagens foi utilizado para a medição das características geométricas dos cordões de solda e visualização das imagens do arco.

Todos os testes foram feitos em chapas de aço inoxidável do tipo ABNT 304L em juntas de topo compostas por duas chapas de dimensões 250 mm x 35 mm x espessura (definida em função do processo de soldagem).

3. TESTES COM O PROCESSO A-TIG

Para analisar os fenômenos envolvidos no aumento da penetração nas soldas usando fluxo ativo, testes foram realizados com fluxos de TiO_2 , SiO_2+TiO_2 , NaCl e partículas de óxido provenientes do corte a plasma das chapas de aço inoxidável ABNT 304L. Foi verificado que o SiO_2 sozinho produz uma camada sem nenhuma aderência à peça, motivo pelo qual o SiO_2 foi misturado com TiO_2 na proporção de 1 para 1. A condição de soldagem utilizada foi sempre a mesma, mostrada na Tabela 1, sendo: I a corrente de soldagem; V_s a velocidade de soldagem e DEP a distância eletrodo peça.

Tabela 1. Condições utilizadas para a soldagem TIG com fluxo ativo.

Variável	Ajuste	Variável	Ajuste
I (A)	160	Material de base	ABNT 304L, 3,8 mm de espessura
V_s (cm/min)	20	Eletrodo	EWTh-2, $\phi = 3,2$ mm
DEP (mm)	4,5	Gás de proteção	Ar a 10 l/min

A Figura 1 mostra as imagens obtidas dos perfis laterais dos arcos, utilizando o argônio como gás de proteção, e os respectivos perfis de cordão em cada teste realizado. Conforme pode ser verificado nessa figura, apesar de não se ter à percepção de uma variação no perfil lateral do arco em cada um dos testes, houve uma variação acentuada no perfil da solda com a utilização do fluxo ativo. A profundidade de penetração nas soldas feitas com fluxo ativo tendeu a ser maior em relação ao TIG convencional, principalmente com a utilização da mistura SiO_2+TiO_2 e do óxido de inox. Os outros fluxos analisados, o TiO_2 e o NaCl, produziram também um aumento na profundidade de penetração, porém em menor escala.

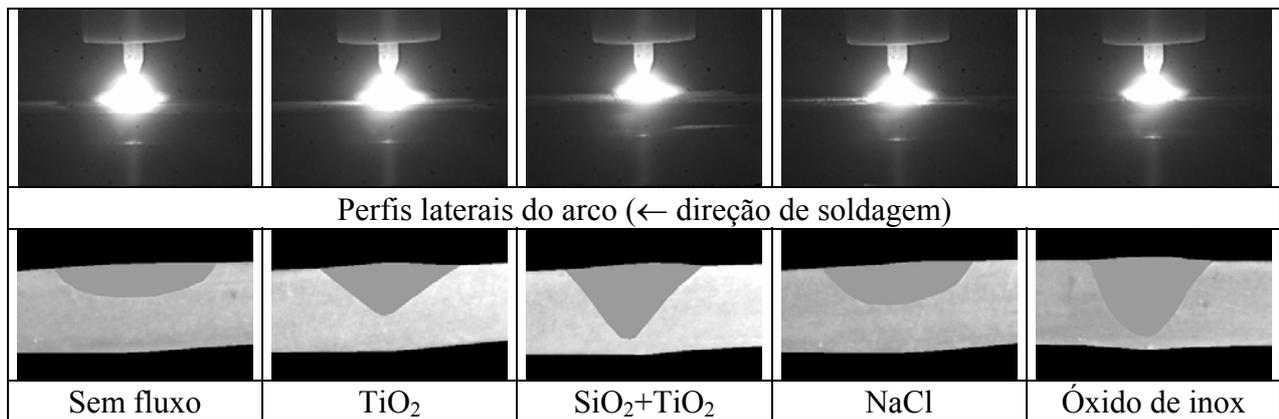


Figura 1. Perfis laterais de arco e de cordão obtidos com argônio como gás de proteção.

A Tabela 2 mostra os resultados obtidos para as características do arco elétrico e do cordão de solda. Nestes testes a tensão de soldagem não variou muito, exceto para a mistura TiO_2+SiO_2 , que apresentou um aumento de aproximadamente 1,4 V em relação ao teste sem fluxo, o que pode sugerir um efeito de constrição [5]. A largura lateral do arco apresentou algumas variações de um teste para outro, contudo, uma maior redução nessa medida em relação ao TIG convencional foi obtida nos testes feitos com SiO_2+TiO_2 e óxido de inox como fluxo ativo. Este efeito pode ter sido ocasionado pela presença de um fluxo de maior resistência elétrica à frente da solda, causando uma proteção elétrica sobre a peça e uma ligeira repulsão do arco à frente. Nestes testes, em todos os casos onde se utilizou a camada de fluxo obteve-se uma menor largura de cordão e uma maior profundidade de penetração, com maior destaque para os fluxos a base de SiO_2+TiO_2 e óxido de inox.

Tabela 2. Resultados obtidos para as características do arco (imagem lateral) e de geometria de cordão na soldagem com e sem fluxo ativo.

Teste	Tipo de fluxo	Im (A)	Vm (V)	Largura da raiz do arco (mm)	Largura da solda (mm)	Penetração da solda (mm)
1	-	162	17,1	11,74	7,61	1,48
2	TiO_2	162	17,2	11,78	6,28	2,23
3	$SiO_2 + TiO_2$	162	18,5	10,87	6,05	3,45
4	NaCl	163	17,2	12,23	6,75	1,76
5	Óxido de inox	163	17,0	10,83	5,93	3,52

Apesar das vantagens aparentes da soldagem com fluxo ativo com relação à produtividade do processo, a maior desvantagem é a formação de cordões com piores acabamentos superficiais e, normalmente, com a presença de uma escória de difícil remoção. Este problema pode ser verificado na Figura 2, que mostra o acabamento superficial obtido com diferentes tipos de fluxo na soldagem utilizando o argônio como gás de proteção. Enquanto a solda feita sem fluxo apresenta uma superfície lisa e uniforme, as soldas feitas com fluxo normalmente apresentaram superfícies ásperas e com uma camada de escória. A solda feita com o fluxo de NaCl apresentou uma superfície lisa também, porém o cordão de solda não foi uniforme conforme pode ser visto na Figura 2. Desta forma, fica evidente que a utilização desta técnica como proposta na literatura não é viável quando um dos requisitos exigidos é o acabamento superficial das soldas. Considerando este problema, provavelmente haveria a necessidade da realização de um passe cosmético nas soldas, o que poderia prejudicar em grande parte os atrativos com relação à soldagem A-TIG.

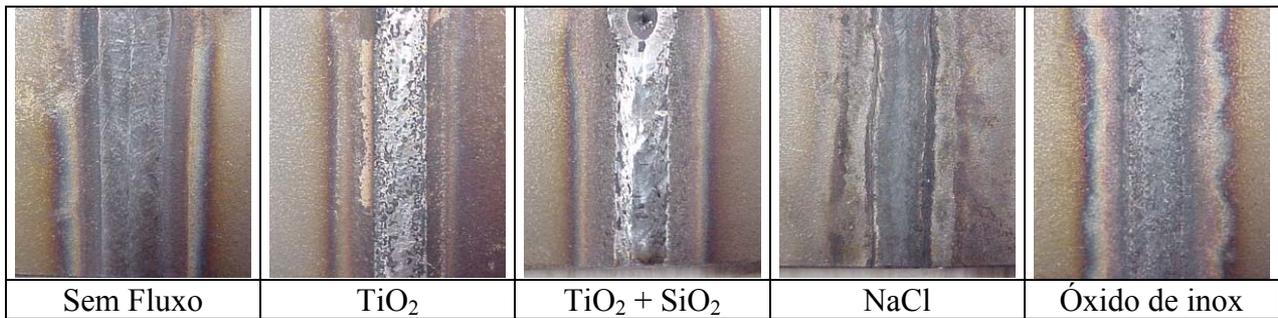


Figura 2. Acabamento superficial das soldas utilizando argônio como gás de proteção.

Para poder tirar proveito desta técnica, os autores deste trabalho propõem uma outra forma de aplicação dessa camada de fluxo, que permita obter soldas com bom acabamento superficial e reduzir a quantidade de escória formada. A idéia é utilizar o fluxo como uma camada que isole elétrica e termicamente certas regiões da superfície da peça de tal forma a se direcionar (controlar) a região de incidência do arco. Este procedimento é ilustrado esquematicamente na Figura 3. Neste caso, a energia do arco é direcionada para uma região mais estreita da peça através do parâmetro “a”, visando estimular um efeito de constrição. Este efeito foi considerado devido ao fato de que a resistividade elétrica do fluxo em pó tende a ser maior do que o material de base metálico. Aplicando o fluxo como apresentado na Figura 3, espera-se também que as regiões da peça revestidas sejam protegidas contra a fusão uma vez que o ponto de fusão, por exemplo, do TiO₂ é de aproximadamente 1840^oC, portanto maior do que o ponto de fusão do aço (em torno de 1500^oC). Essa suposição não seria válida para o fluxo de NaCl, uma vez que seu ponto de fusão é de cerca de 800^oC.

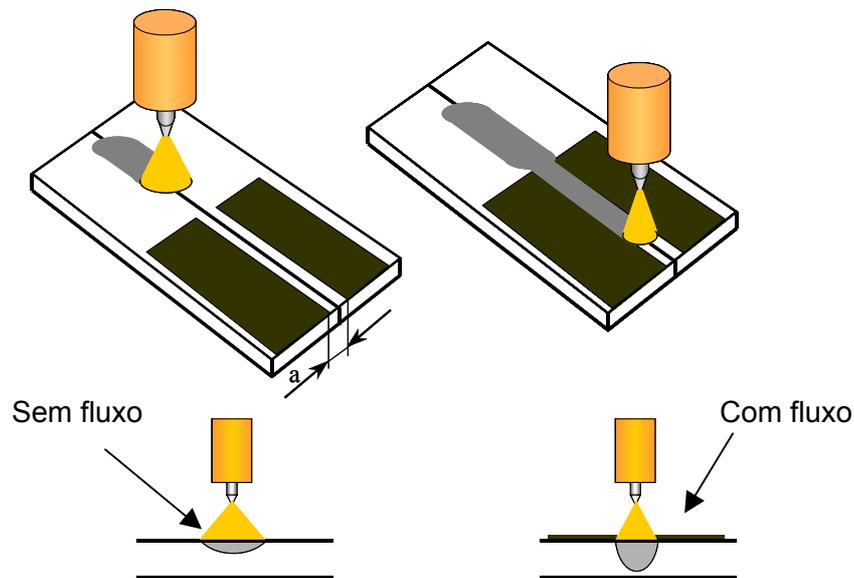


Figura 3. Procedimento proposto para aplicação da camada de fluxo ativo.

Para esta nova técnica, inicialmente o arco foi iniciado sobre o metal de base conforme ilustrado na Figura 3. À medida que o arco se aproxima do trajeto preparado de fluxo, começa a existir uma contração da raiz do arco devido à maior resistividade elétrica do fluxo adjacente, forçando-o a incidir apenas sobre o metal de base. Simultaneamente, a redução da quantidade de fluxo fundido na poça de fusão em relação ao A-TIG tradicional permite que o acabamento superficial e as propriedades mecânicas do cordão de solda não sejam tão prejudicados e se mantenham em níveis satisfatórios.

Para verificar a viabilidade desta nova técnica de aplicação com relação à constrição direcionada do arco, foi feito um teste utilizando um fluxo à base de TiO₂ e deixando uma abertura de 5 mm (parâmetro “a” da Figura 3) como trajeto para o arco elétrico. Imagens frontais do arco e superior

da poça de fusão foram obtidas imediatamente antes e depois da entrada do arco na região revestida com fluxo ativo. Estas imagens são apresentadas na Figura 4. À primeira vista, não é possível identificar um efeito de contração no arco e, de fato, medições na largura frontal do arco (seção transversal) no ponto de incidência sobre a peça comprovam esta observação (11,80 mm para o arco sem fluxo contra 11,73 mm para o arco passando dentro do trajeto de fluxo preparado). A condição de soldagem utilizada é a mesma da Tabela 1.

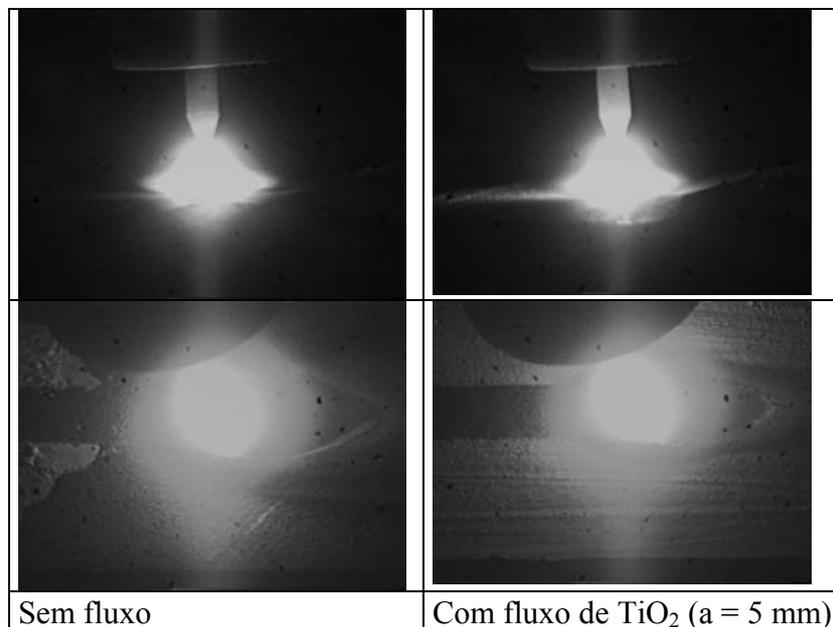


Figura 4. Soldagem utilizando uma abertura de 5 mm na camada de fluxo.

Por outro lado, pode-se notar que a poça de fusão tendeu a ficar mais estreita quando o arco passa dentro do trajeto de fluxo, demonstrando que o fluxo de calor fica realmente mais confinado. Desta forma, tem-se um efeito semelhante ao obtido com o revestimento contínuo de fluxo, porém com menor quantidade de fluxo fundido e, desta forma, melhor acabamento superficial. Como o fluxo está sendo utilizado apenas como uma camada isolante, esta nova técnica de aplicação implica que qualquer material refratário pode ser utilizado, diminuindo o custo desta aplicação.

Estes resultados podem ser úteis, pois se o arco tem a tendência de seguir o caminho por sobre o metal, que é de menor resistividade elétrica do que a parte isolada com o fluxo, pode-se imaginar, além da constrição controlada do cordão, a possibilidade de fazer o arco seguir trajetos com ligeiros desvios de linearidade. Por exemplo, juntas preparadas com pequenos desvios em relação ao trajeto da tocha de soldagem, conforme ilustrado esquematicamente na Figura 5, poderiam ser soldadas satisfatoriamente.

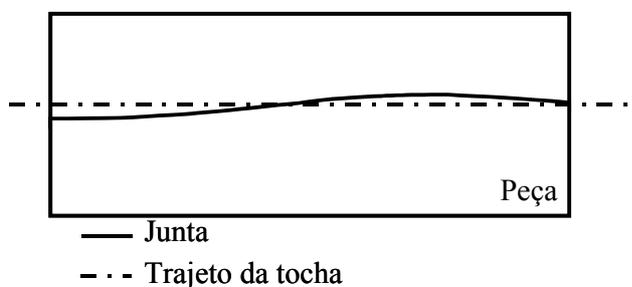


Figura 5. Exemplo de desvio que pode ser corrigido com a técnica do direcionamento do arco com um trajeto de fluxo.

Para verificar esta tendência, foi realizado o teste mostrado na Figura 6, utilizando um trajeto em zig-zag feito com fluxo de TiO_2 . Para obter este trajeto, foi colada uma fita isolante com o perfil

do trajeto sobre a peça e em seguida foi aplicado o fluxo. Com o fluxo ainda úmido, a fita isolante foi retirada, deixando exposto em seu lugar o metal de base (trajeto do arco). Pode ser verificado, na Figura 6, que o cordão de solda não seguiu o trajeto na superfície da peça, atravessando a camada de fluxo. Entretanto, o perfil da raiz da solda seguiu o padrão geométrico do trajeto da camada de fluxo, sugerindo que a presença do fluxo causa uma redistribuição da energia sobre a poça de fusão, que se manifesta no perfil geométrico da raiz da solda.

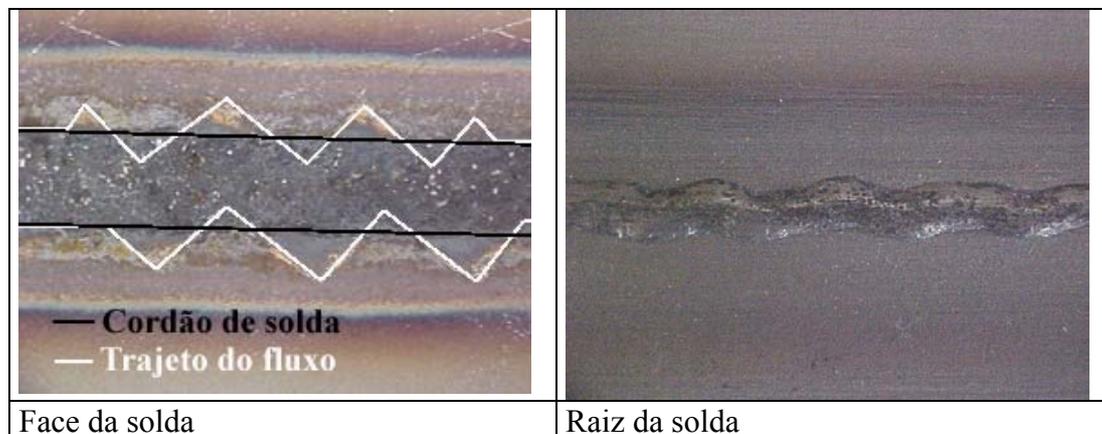


Figura 6. Teste realizado com trajeto de fluxo em zig-zag.

Apesar do arco não seguir o trajeto preparado, a raiz da solda seguiu, o que justifica a utilização desta técnica para corrigir problemas de desvios na junta em soldagem automatizada. Deve-se salientar que a face da solda é normalmente mais larga do que a raiz da solda e naturalmente já apresenta maior robustez frente a pequenos desvios de linearidade da junta. Porém, no caso da raiz, normalmente mais estreita do que a largura da solda, problemas na linearidade da junta pode ser particularmente decisiva. Dentro deste aspecto, os resultados obtidos podem ser considerados como satisfatórios.

Outro teste que foi realizado, agora para verificar o efeito de constrição do cordão de solda, é mostrado na Figura 7. Nesta figura, o trajeto do fluxo foi preparado com pontos de alargamento. Este teste foi proposto para mostrar a influência do trajeto (estreitamento e alargamento) na largura da solda e na penetração obtida. Conforme pode ser verificado, nos pontos de alargamento ocorreu uma perda da penetração total na peça. Por outro lado, nas partes mais estreitas do trajeto, o cordão de solda se manteve mais estreito e com penetração total. O péssimo acabamento da raiz da solda neste teste se deve ao fato de não se ter utilizado um gás de purga para evitar a contaminação atmosférica.

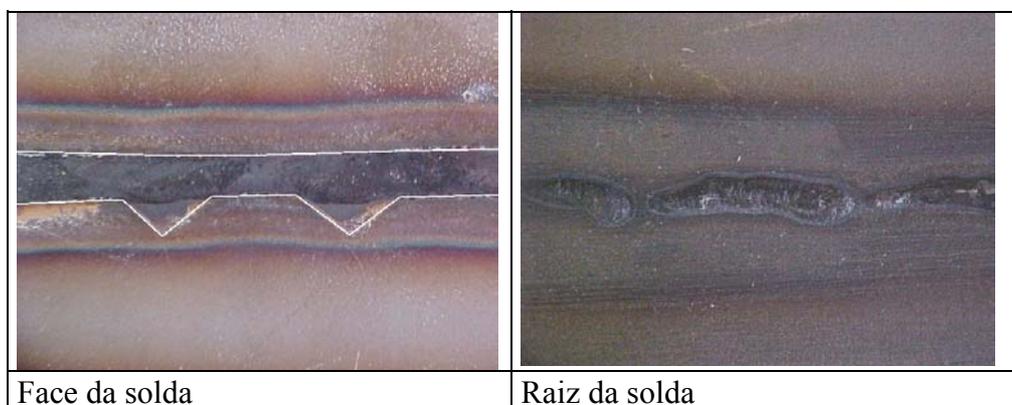


Figura 7. Teste realizado para demonstrar o efeito de constrição do cordão de solda.

Os resultados mostraram que a nova técnica de aplicação da camada de fluxo pode ser utilizada como alternativa em relação à forma tradicional de aplicação proposta na literatura (camada

contínua), permitindo aumentar a produtividade do processo TIG sem comprometer o acabamento superficial das soldas. Também é possível minimizar possíveis efeitos do material do fluxo sobre as propriedades mecânicas da solda. O trajeto de fluxo pode ser planejado de tal forma a amenizar problemas de desalinhamentos entre a junta e o trajeto do arco, mantendo a raiz da solda alinhada com a linha central da junta. Estes resultados estimularam a utilização desta técnica também na soldagem a plasma.

4. SOLDAGEM A PLASMA COM A TÉCNICA “KEYHOLE”

Devido às características comuns existentes entre os processos TIG e a plasma, pode-se supor que a aplicação da técnica da camada de fluxo desenvolvida no item anterior seja também aplicável à soldagem a plasma. Para evitar as interações entre o fluxo e o metal fundido e a conseqüente piora no aspecto superficial das soldas, apenas a técnica da constrição direcionada do cordão será analisada. Desta forma, foram realizadas 3 testes, com aberturas entre as camadas de fluxo (parâmetro “a”) de 8; 5 e 3 mm. A condição utilizada nos 3 testes foi sempre mesma, mostrada na Tabela 3, sendo V_{gpl} a vazão do gás de plasma; V_{gpr} a vazão do gás de proteção; V_s a velocidade de soldagem; ϕ_b o diâmetro do orifício constritor; DTP a distância tocha peça e Rec o recuo do eletrodo na tocha.

Tabela 3. Condição utilizada para a soldagem a plasma com “keyhole”.

Variável	Ajuste	Variável	Ajuste
Corrente (A)	200	Rec (mm)	2,2
V_{gpl} (l/min)*	1,6	Chapa	Aço ABNT 304L 3,8 mm
V_{gpr} (l/min)	10	Fluxo	TiO ₂
V_s (cm/min)	40	Gás de plasma	Ar
ϕ_b (mm)	3,2	Gás de proteção	Ar 5% H ₂ (10 l/min)
DTP (mm)	5	Gás de purga	Ar (5 l/min)

A Figura 8 mostra os perfis dos cordões de solda dos testes realizados. Conforme pode ser verificado nesta figura, em todos os casos houve um estreitamento do cordão de solda na região preparada com fluxo em relação ao cordão sem fluxo. Pode-se notar também que uma redução da abertura de $a = 8$ mm para $a = 5$ mm causou também um aumento no efeito de constrição da solda e também na penetração. O mesmo efeito não foi observado ao se reduzir a abertura entre as camadas de fluxo para $a = 3$ mm, onde a largura da solda permaneceu praticamente inalterada quando comparada com a solda usando $a = 5$ mm. Isto demonstra que a constrição direcionada da solda tem um limite físico, que deve ser avaliado em cada tipo de aplicação (condição de soldagem, tipo de fluxo e material de base). Uma vez identificado um efeito de constrição da solda, pode-se inferir também que há um ganho na penetração devido ao aumento da concentração de energia imposta pelo fluxo.

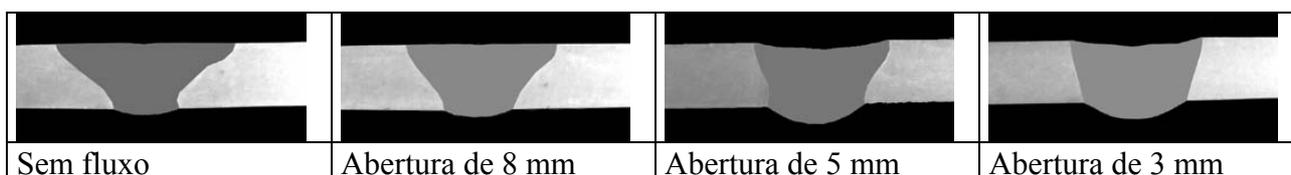


Figura 8. Perfis de cordão obtidos na soldagem a plasma com “keyhole” sem fluxo e com trajeto de fluxo com aberturas de 8, 5 e 3 mm.

Outro aspecto importante é que o acabamento superficial obtido foi sempre semelhante ao obtido em condições normais (sem a presença de fluxo), ou seja, um aspecto liso e sem a presença de escória. Este resultado se deve principalmente à redução da quantidade de fluxo fundido. Os

resultados foram satisfatórios e indicam a viabilidade da técnica de constrição direcionada do cordão desenvolvida neste trabalho

Um aspecto interessante desta técnica na soldagem a plasma, assim como ocorreu no TIG, é a possibilidade de amenizar problemas relacionados a desvios da trajetória da tocha em relação à linha central da junta. Para verificar se o cordão da soldagem a plasma com “*keyhole*” também pode ser direcionado, ou controlado dentro de certos limites, foi realizado um teste com uma trajetória de fluxo em forma de zig-zag, conforme mostrado esquematicamente na Figura 9. A condição de soldagem utilizada neste teste foi: Corrente = 170 A; Velocidade de soldagem = 35 cm/min; Vazão de gás de plasma = 1,6 l/min; Diâmetro do orifício constritor = 3,2; As demais variáveis foram de acordo com a Tabela 3 (sem gás de purga).

A Figura 9 (face da solda) mostra o teste realizado, evidenciando o efeito de constrição do cordão e a possibilidade de se controlar a distribuição de energia com um trajeto de fluxo isolante. Inicialmente, o arco foi aberto em uma região da peça sem fluxo (vide Figura 3). À medida que o arco começou a entrar no trajeto de fluxo, houve um estreitamento do cordão de solda, provocado pela concentração da energia na região entre as duas camadas de fluxo isolante (TiO₂). A partir deste momento, o arco foi forçado a serpentear ao longo do perfil do trajeto, buscando a região com menor resistividade elétrica, no caso, o metal de base. Como consequência, o cordão de solda tendeu a apresentar o mesmo perfil do trajeto de fluxo.

Na Figura 9 é possível verificar que, tanto a face, como a raiz da solda, tendeu a acompanhar o perfil do trajeto de fluxo, indicando a possibilidade de se direcionar a solda ao longo de uma junta com pequenos desvios em relação ao trajeto da tocha.

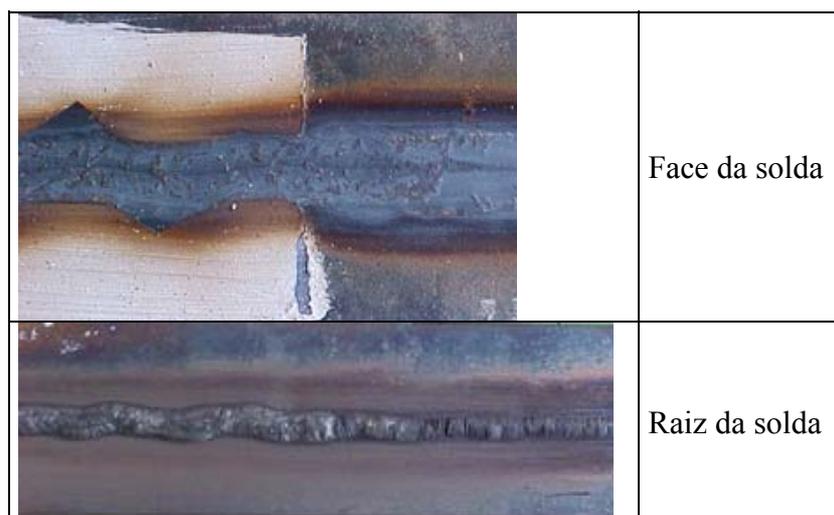


Figura 9. Face e raiz da solda na região de transição com e sem fluxo.

5. CONCLUSÕES

A soldagem TIG utilizando uma camada de fluxo ativo aplicada de modo tradicional, como citado na literatura, produz um aumento considerável na penetração (produtividade), a qual vai depender do tipo do fluxo e das condições de soldagem. Entretanto, esta técnica se mostrou inadequada sob o ponto de vista do acabamento superficial das soldas, gerando cordões ásperos e com depósitos de escória de difícil remoção.

Para tirar proveito do aumento da penetração, mas mantendo a qualidade superficial das soldas TIG, foi proposta uma nova técnica de aplicação da camada de fluxo. Nesta técnica, a aplicação do fluxo é feita de modo normal, porém deixando um trajeto sem fluxo para impor uma constrição direcionada do cordão. Os resultados mostraram a viabilidade desta técnica, gerando um aumento na penetração e melhor acabamento do que a técnica convencional. Também foi verificada a possibilidade de se controlar, dentro de certos limites, o perfil da raiz da solda, o que pode ser

particularmente importante em aplicações onde a junta apresenta desvios de linearidade ou aplicações automatizadas.

Resultados semelhantes também foram obtidos na soldagem plasma com “*keyhole*”, onde foi verificada a possibilidade de utilizar a técnica da constrição direcionada da solda para aumentar a produtividade. O máximo efeito de constrição observado, contudo, foi limitado para determinados valores do parâmetro “a”, que vai depender da aplicação. O direcionamento do cordão de solda também foi possível na soldagem com “*keyhole*” e pode ser utilizado como forma de amenizar os problemas de desvios de junta.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem o LAPROSOLDA/UFU pelo apoio laboratorial e a CAPES pela bolsa de pesquisa.

7. REFERÊNCIAS

1. LUCAS, W. & HOWSE, D. Activating Flux – Increasing the Performance and Productivity of the TIG and Plasma Processes. **Welding & Metal Fabrication**, p.11-17, Jan. 1996.
2. MARYA, M. Theoretical and Experimental Assessment of Chloride Effects in the A-TIG Welding of Magnesium. **International Institute of Welding Document**, Copenhagen, Denmark, 13 p. 2002.
3. PASKELL, T., LUNDIN, C. & CASTNER, H. GTAW Flux Increases Weld Joint Penetration. **Welding Journal**, v.76, n.4, p.57–62, apr. 1997.
4. PERRY, N., MARYA, S, & SOUTIF, E. Study and Development of Flux Enhanced GTA Penetrations in a Commercial Grade Titanium. In: **TRENDS IN WELDING RESEARCH, PROCEEDINGS OF THE 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE**, Pine Mountain, Georgia, USA, jun.1998, p.520-525.
5. MIDDEL, W. & DEN OUDEN, G. The Effect of Additives on Arc Characteristics in GTA Welding. In: **TRENDS IN WELDING RESEARCH, PROCEEDINGS OF THE 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE**. Pine Mountain, Georgia, USA, jun.1998, p.394-399.
6. FAN, D., ZHANG, R., GU, Y. & USHIO, M. Effect of Flux on A-TIG Welding of Mild Steels. **Transactions of JWRI** (Joining and Welding Research Institute), v.30, n.1, p.35-40, 2001.

APPLICATION OF ACTIVE FLUX IN THE GTAW AND PLASMA PROCESS

Abstract. For increase the productivity of the GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) process the Paton Welding Institute proposed of use of the active flux layer technique. The topic studied in this work was the verification of the use of the active flux layer technique, which was developed for the GTAW, also in the keyhole plasma process. The results obtained indicate that the use of the tradicional way od flux application tend to produce slag hard to be removed. In order to avoid this problem, it was proposed a new technique to apply the flux on the pieces to be welded. The results with this new methodology, allowing to increase the productivity (depth of penetration) and ensuring a good weld bead surface finish.

Key words: welding, GTAW, plasma welding, active flux.