

## UMA REVISÃO SOBRE O PROCESSO DE SOLDAGEM A-TIG

### **Alessandra Gois Luciano de Azevedo**

Universidade Federal de Uberlândia, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Av. João Naves de Ávila, nº 2121, Bloco 1M, Laboratório de Soldagem (Laprosolda).

[aglazevedo@mecanica.ufu.br](mailto:aglazevedo@mecanica.ufu.br)

### **Valtair Antonio Ferraresi**

Universidade Federal de Uberlândia, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Av. João Naves de Ávila, nº 2121, Bloco 1M, Laboratório de Soldagem (Laprosolda).

[valtairf@mecanica.ufu.br](mailto:valtairf@mecanica.ufu.br)

### **Jesualdo Pereira Farias**

Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Metalúrgica e Materiais, Campus do Pici, Bloco 715, Laboratório de Soldagem (Engesolda), Fortaleza-CE. Cep: 60488-760.

[jpf@secrel.com.br](mailto:jpf@secrel.com.br)

**Resumo:** *Uma forma de aumentar a produtividade do processo TIG é utilizando-se a técnica da camada de fluxo ativo. Na soldagem com fluxo ativo, recomenda-se que a camada apresente uma espessura uniforme para assegurar repetibilidade dos resultados, além de uma boa aderência ao material de base para suportar a força do arco durante a soldagem. O uso do fluxo ativo permite um aumento na penetração do cordão de solda cerca de até 2 vezes quando comparado com o processo TIG empregando os mesmos parâmetros de soldagem. A principal desvantagem desta técnica reside principalmente na propensão à formação de escória sobre a superfície da solda, podendo também acarretar num acabamento superficial ruim. Uma forma de tirar proveito desta técnica é aplicando o fluxo de tal maneira que, ao invés de uma camada que cubra toda a superfície da chapa, são feitas duas faixas de fluxo, separadas por uma distância predeterminada, definida como parâmetro “a” neste trabalho. Desta forma a camada de fluxo isola eletricamente certas regiões da superfície da peça direcionando a região de incidência do arco, sendo chamada de Técnica da Constricção Direcionada. Neste trabalho serão apresentados os principais mecanismos que explicam as modificações geométricas observadas no cordão de solda e as principais vantagens na aplicação da Técnica da Constricção Direcionada.*

**Palavras-chave:** *A-TIG, constricção do arco, convecções de Morangoni, forças de Lorentz.*

## **1. INTRODUÇÃO**

No processo de soldagem TIG um arco elétrico é formado entre um eletrodo de tungstênio não consumível e a peça de trabalho, a proteção da poça de fusão é realizada por um gás ou uma mistura de gases inertes. O arco elétrico é bastante suave produzindo soldas de boa aparência, exigindo pouca ou nenhuma limpeza após a operação. A capacidade de controlar a quantidade de calor cedido a peça faz com que este processo seja ideal para soldagem de peças pequenas e que exijam alta precisão e controle (AWS, 1991).

Uma variante do processo TIG é o processo de soldagem a plasma, neste processo um bocal constringe o arco aumentando sua densidade. O jato de plasma e a velocidade de corrente têm a capacidade de cortar o material possibilitando a soldagem em um único passe de espessura de até 10 mm. Entretanto, este processo é mais oneroso que o TIG e exige um maior controle dos parâmetros de soldagem.

Outro processo baseia-se na aplicação de uma fina camada de fluxo na superfície do metal a ser soldado e tornou-se conhecido com A-TIG (“Active Flux TIG Welding”). Os equipamentos e os consumíveis são os mesmos da soldagem TIG convencional. O calor do arco funde e vaporiza a camada de fluxo que produz alterações na poça de fusão e no arco elétrico produzindo um aumento na velocidade de soldagem e na penetração. Composições complexas e fluxos simples têm sido sugeridos como capazes de produzir cordões profundos de solda.

Na soldagem com fluxo ativo, recomenda-se que a camada apresente uma espessura uniforme para assegurar repetibilidade dos resultados, além de uma boa aderência ao material de base para suportar a força do arco durante a soldagem (Marya, 2002). 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 desconsiderar a possibilidade de contaminação ou fragilização do metal de solda em função das interações entre o fluxo e o metal fundido (Paskell et al., 1997 e Modenesi et al., 2000).

Para poder tirar proveito desta técnica, Richetti (2003) propôs uma outra forma de aplicação dessa camada de fluxo, que permita obter soldas com bom acabamento superficial e reduzir a quantidade de escória formada. Neste caso, o fluxo é aplicado em uma chapa para soldagem “bead on plate”. Ao invés de uma camada que cobre toda a superfície da chapa, são feitas duas faixas de fluxo, separadas por uma distância predeterminada. Desta forma a camada de fluxo isola elétrica e termicamente certas regiões da superfície da peça direcionando a região de incidência do arco.

O objetivo deste trabalho é fazer uma revisão sobre o processo de soldagem TIG com fluxo ativo mostrando os principais mecanismos que atuam para as modificações geométricas dos cordões de solda, como o aumento da penetração e mostrar as principais vantagens da aplicação da Técnica da Constricção Direcionada.

## **2. PROCESSO A-TIG**

A-TIG é uma variante simples do processo convencional que não requer nenhum equipamento especial. A principal característica deste processo é uma cobertura de fluxo que é aplicada na superfície a ser trabalhada do material. Enquanto o fluxo vai sendo vaporizado pela ação do arco, os ingredientes ativos vão sendo transferidos diretamente para zona do plasma. É necessário pouquíssimo fluxo para afetar o arco, por isso a aplicação de uma pequena camada é suficiente (TIW,1995).

O fluxo ativo consiste de óxidos e/ou halogênios, em forma de pó fino misturado, em geral, com acetona formando uma pasta. Esta mistura é passada na superfície do componente soldado. A pasta pode ser aplicada usando um pincel, ou um spray. A acetona evapora em poucos segundos deixando uma camada de fluxo na superfície. O fluxo em pó fica suficientemente aderido na superfície do aço, permitindo o uso de A-TIG em diversas posições.

A falta de informações técnicas sobre o fluxo ativo fornecida pelo fabricante dificulta a escolha do mesmo para a aplicação em diferentes tipos de materiais. Isso também dificulta a obtenção de dados qualitativos ou quantitativos a respeito do efeito dos fluxos sobre a composição química da solda, ou sobre suas propriedades mecânicas (Lucas & Howse, 1996).

Apesar da não divulgação, muitas fórmulas têm sido reportadas como sendo efetivas para o uso em materiais específicos. Lucas e Howse (1996) utilizaram um revestimento a base de óxidos de ferro, cromo, silício, titânio, manganês, níquel, cobalto, molibdênio e cálcio (misturados ou não) para melhorar a soldabilidade e aumentar a velocidade de soldagem em aços inoxidáveis. Afirmam, ainda, que halogênios e fluoretos de cálcio e de alumínio são reportados como atuantes na constrição do arco, permitindo aumentar a profundidade de penetração em ligas de titânio.

### **2.1. Teorias envolvendo o processo A-TIG**

Diversas teorias tentam explicar os mecanismos de constrição e aumento da penetração observados no processo de soldagem TIG com fluxo ativo. Entre eles os dois mecanismos mais citados para justificar o aumento na penetração são: a constrição do arco a partir de reações entre o arco e o fluxo, causando um aumento na densidade de corrente e a inversão no sentido do fluxo de convecção em função de reações químicas com a poça de fusão (Marya, 2002, Perry et al., 1998, Fan et al., 2001 e Walsh et al., 1998).

No processo de soldagem A-TIG, o fluxo causa uma ação de constrição no arco elétrico, similar à causada pelo bocal constritor no processo de soldagem a plasma. 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). Este efeito é mostrado esquematicamente na Figura 1 (Middel & den Ouden, 1998 e Perry et al., 1998).

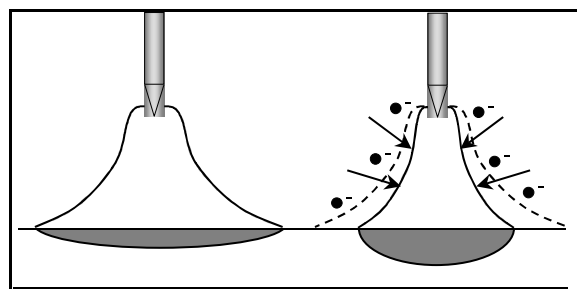


Figura 1 - Mecanismo de constrição do arco com fluxo ativo (Perry et al., 1998).

Esta constrição leva a uma maior tensão do arco na soldagem com fluxo ativo em relação ao processo convencional (Middel & den Ouden, 1998). Ao mesmo tempo, o efeito de constrição induz um aumento na temperatura e na pressão do arco, permitindo aumentar significativamente a profundidade de penetração da solda. Apesar do efeito da constrição do arco ser um dos mecanismos utilizados para explicar o aumento da produtividade do processo, Perry et al. (1998) analisaram imagens do arco e não conseguiram comprovar a existência deste fenômeno. Contudo, esta impressão pode estar provavelmente relacionada ao aumento do brilho (intensidade) do arco.

Fan et al. (2001) sugerem, ainda, três fatores para explicar o mecanismo de constrição do arco. Em uma delas a constrição pode ser causada devido a átomos dissociados na periferia do arco que 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. Outra explicação seria devido às reações endotérmicas de dissociação das moléculas componentes do fluxo que absorvem calor das regiões externas do arco, causando um efeito de constrição. E ainda, devido ao fato de que a condutividade elétrica do fluxo ser 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 (Fan et al., 2001).

A densidade de corrente e a força do arco atuando na poça de fusão são aumentados e, assim, a penetração e/ou a velocidade de soldagem também poderiam ser aumentadas em comparação com a soldagem TIG convencional, para o mesmo nível de corrente. Podem-se soldar chapas de até 10 mm de espessura em um único passe, possibilitando um grande aumento de produtividade (Modenesi, 1999).

D. S. Howse e W. Lucas (1996), para esclarecer a constrição observada do arco e o aumento da penetração na poça de solda, deduziram que esta constrição leva a um aumento na densidade de corrente, que proporciona um arco mais forte agindo na poça fundida, em conseqüência o fluxo da poça fundida é alterado, causando uma maior profundidade da penetração.

Ostrovskii (1977) propôs uma teoria baseada na força eletromagnética de Lorentz. Sabe-se que o valor da força eletromagnética depende da corrente de soldagem e da extensão das linhas de corrente alargadas. Desde que o raio do ânodo na soldagem com um fluxo ativo seja menor do que na soldagem convencional do TIG, deve-se esperar que o componente axial da força eletromagnética aumente, resultando em um fluxo fluido interno mais forte da superfície ao fundo da poça da solda, fazendo com isso que ocorra um considerável aumento da penetração.

Marya e Sire (2001) também explicaram a constricção do arco em dois aspectos. Em primeiro aspecto afirma que os fluxos ativos foram fabricados para restringir o arco através do efeito eletromagnético de alguns de seus elementos vaporizados e, presumivelmente, devido a uma elevada resistência elétrica dos ingredientes do fluxo, tais como óxidos ou fluoretos. O segundo aspecto foi provado ser viável no exemplo da soldagem da liga de alumínio (Sire, 2001). Em adição a teoria de constricção do arco eles consideram, também a modificação da tensão de superfície como um fator favorável que determina o fluxo fluido interno, e então uma penetração mais profunda.

Heiple e o Roper (1982) encontraram que as mudanças substanciais na forma da zona da fusão foram produzidas pela adição de pequenas quantidades de determinados elementos, incluindo S, Se, Al e O. O fluxo fluido de superfície externa radial pode ser identificado no aço inoxidável com elevada % de Al, e o fluxo fluido radial interno quando era rico em S, o qual foi verificado também por Katayama et al (2001), através da observação por vídeo transmissão do raio X.. Assim propôs-se que quando a concentração dos elementos ativos de superfície tais como S, Se ou O, fosse elevada na poça da solda para produzir um coeficiente positivo da tensão superficial, e então o gradiente da tensão superficial juntamente com as forças de Lorentz seriam combinados produzindo um fluxo fluido interno forte, aumentando a penetração. Por outro lado, quando a concentração de elementos ativos foi insignificante, o gradiente da tensão superficial foi negativo, ocasionado penetrações menos significativas.

Baseado na teoria da tensão superficial, o Lu et al (2002) interpretaram o relacionamento entre o índice de oxigênio e a relação da profundidade-largura na solda feita com um único componente óxido. Encontrou-se que o índice de oxigênio aumentou com a quantidade do único óxido, tal como CuO, NiO e SiO<sub>2</sub>. Enquanto o índice de oxigênio na solda variou de 70 a 300 ppm, esperou-se um aumento na relação da profundidade-largura de 1,5-2 vezes. Entretanto, uma relação mais elevada da profundidade-largura não foi alcançada quando o índice de oxigênio na solda foi demasiadamente baixo ou demasiadamente alto.

Marya (2004) afirma que ocorre um aumento da intensidade de calor no centro do arco quando empregado fluxo ativo. Ele verificou este fato através da filmagem do arco representada na Figura 2. Metade do corpo de prova estava com aplicação de fluxo e a outra metade não, desta forma pode-se verificar a influencia do calor no arco para os dois processos de soldagem. Ele sugere que o arco na soldagem de aços inoxidáveis é comparativamente mais quente no A-TIG do que no TIG. A Figura 3 apresenta a transição do formato da poça fundida do processo TIG (sem fluxo) para o A-TIG (com fluxo).

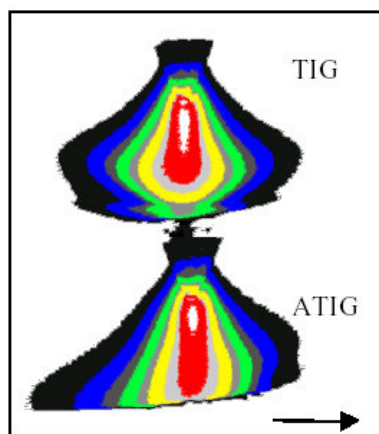


Figura 2 - Aquecimento do arco.

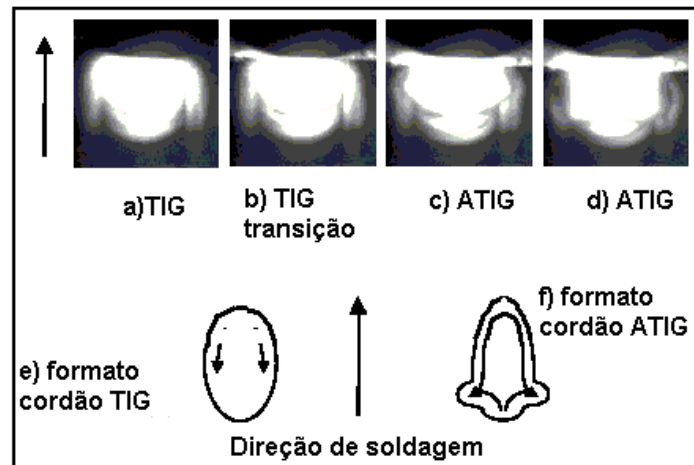


Figura 3 – Seqüência mostrando a transição do formato da poça fundida do TIG para o ATIG (Marya, 2004)

A região vermelha do arco, mostrada na Figura 2, é caracterizada como a mais quente. No A-TIG esta região é atraída para o metal sendo o arco distorcido na direção da soldagem. Esta distorção pode ser explicada devido a resistividade elétrica do fluxo na parte dianteira ser mais elevada, pois o mesmo tem que ser fundido antes do avanço do arco. Isto é observado na Figura 3, nas seqüências de (a) até (d), que mostram a mudança do cordão de solda, em corte, de TIG para A-TIG. As figuras (e) e (f) mostram o esquema do formato do cordão de solda para o TIG e o A-TIG, respectivamente, que tende a ficar mais estreito e apresentar uma maior depressão no centro, causando um aumento da penetração, quando no processo ATIG.

Quanto para o fluxo interno na poça da solda ATIG, M. Tanaka, et al. (2002) aproximaram-no com uma explanação combinando o efeito do gradiente da tensão superficial, da constricção do ânodo e da força de Lorentz. Devido à presença do oxigênio no fluxo, o coeficiente da tensão superficial mudou de negativo para positivo, o que causou o fluxo fluido interno para baixo na poça da solda. A transferência de calor correspondente da superfície à raiz da solda fez com que o arco fosse localizado no centro da poça da solda.

Conseqüentemente, uma raiz restringida do ânodo foi formada, e uma densidade de corrente mais elevada no ânodo promoveu o fluxo fluido interno dirigido pela força de Lorentz. Conseqüentemente, o efeito multiplicado da força de Lorentz e da convecção de Maragoni pareceu causar um fluxo fluido interno mais forte, que trouxe aproximadamente um aumento dramático na penetração da solda.

Em metais puros e muitas outras ligas, a tensão superficial diminui com o aumento da temperatura. Devido à forma gaussiana de distribuição de energia no arco, as temperaturas próximas ao centro da poça de fusão são maiores do que a temperatura nas extremidades, a tensão superficial é menor na região central e maior nas extremidades da poça de fusão. Este gradiente de tensão superficial gera um fluxo de convecção no mesmo sentido e é chamado de fluxo de Maragoni. Este fluxo garante o transporte de calor para as extremidades laterais da poça de fusão, tornando-a mais larga e rasa. Desta forma, a tendência natural do fluxo se espalhar para fora é iniciada por coeficientes negativos de gradiente de tensão superficial com a temperatura ( $dy/dT < 0$ ). Seguindo esta mesma linha, o aumento da penetração na soldagem com fluxo ativo pode ser explicado devido a uma inversão no gradiente de tensão superficial como função da temperatura. Esta inversão está relacionada com as modificações microquímicas da poça de fusão devido a adição de elementos do fluxo, o que torna o coeficiente do gradiente de tensão superficial positivo ( $dy/dT > 0$ ), ou seja, a tensão superficial do metal líquido aumenta com o aumento da temperatura. O fluxo de convecção gerado agora flui das extremidades para o centro da poça, causando uma redução na largura e um aumento na penetração da solda (Perry et al., 1998, Marya, 2004). Este mecanismo é mostrado esquematicamente na Figura 4 (Perry et al., 1998, Marya, 2004).

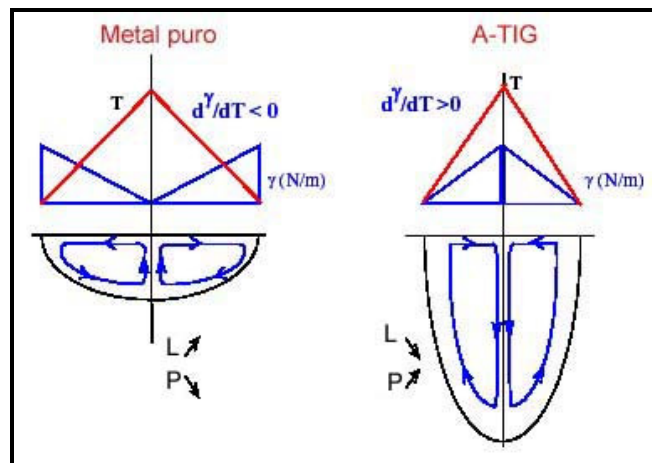


Figura 4 - Sentido do fluxo de convecção na poça de fusão (Marya, 2004).

Dong (2004) observou que além da constrictão da largura do cordão ocorre uma constrictão do arco voltaico quando se utiliza o fluxo ativo. Ele filmou a poça de solda durante a soldagem verificando uma região brilhante situada abaixo do eletrodo, esta região diminuiu de tamanho e de intensidade luminosa, sendo possivelmente a raiz do anodo. Esta raiz ofereceria uma passagem preliminar para a corrente de soldagem, favorecendo um aumento na penetração. Este efeito pode ser explicado também através da força eletromagnética de Lorentz, onde, na raiz do anodo, ocorre um aumento do componente axial da força eletromagnética resultando num fluxo fluido interno mais forte em direção ao fundo da poça de solda.

## 2.2 - Técnica da Constrictão Direcionada

Esta técnica foi proposta por Richetti (2003), onde a idéia é utilizar o fluxo como uma camada que isole elétrica e termicamente certas regiões da superfície da peça de forma que se possa direcionar a região de incidência do arco. Este procedimento é ilustrado esquematicamente na Figura 5. Neste caso, a energia do arco é direcionada para uma região mais estreita da peça através do parâmetro “a”, visando estimular um efeito de constrictão. Este efeito foi considerado devido ao fato de que a resistividade elétrica do fluxo em pó ser maior do que o material de base metálico.

Nesta técnica, inicialmente o arco é iniciado sobre o metal de base. 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 diluição do fluxo 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 a níveis satisfatórios.

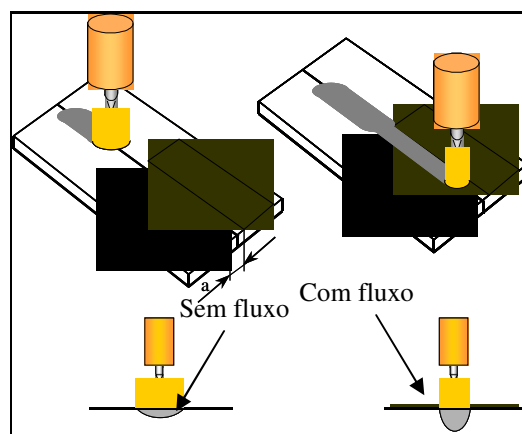


Figura 5 - Procedimento proposto para aplicação da camada de fluxo ativo (Richetti, 2003).

Na soldagem ATIG a presença do fluxo muda a distribuição de energia do arco, que fica mais quente na região central. Esta região torna-se mais condutora, atraindo o fluxo atual do arco, que se torna mais constringido, proporcionando maiores penetrações na solda. O arco seletivo canalizado na região central do corpo de prova é a base para o desenvolvimento da técnica da constrição direcionada. Marya (2004) empregou uma técnica semelhante a esta em aços inoxidáveis austeníticos, alumínio e ligas de titânio e chamou de FBTIG (flux bounded TIG). Ele observou que se obtêm arcos mais quentes com a redução do parâmetro “a” e conseqüentemente penetrações mais próximas dos valores alcançados com o ATIG convencional.

Richetti (2003) afirma que o arco tem a tendência de seguir o caminho por sobre o metal, que possui menor resistividade elétrica do que a parte isolada com o fluxo. Desta forma, além da constrição controlada do cordão, há 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 6, poderiam ser soldadas satisfatoriamente com esta nova técnica de aplicação da camada de fluxo.

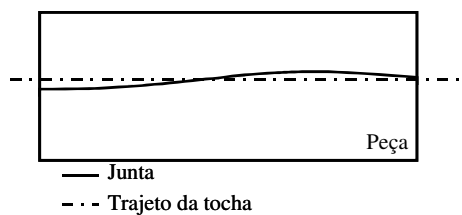


Figura 6 - Exemplo de desvio que pode ser corrigido com a técnica do direcionamento do arco com um trajeto de fluxo (Richetti, 2003).

Para comprovar esta tendência, ele realizou um teste utilizando um trajeto em zig-zag feito com fluxo de  $TiO_2$ . Ele verificou 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 7).

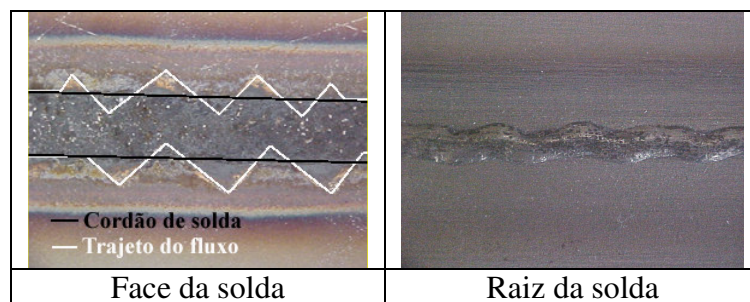


Figura 7 - Teste realizado com trajeto de fluxo em zig-zag (Richetti, 2003).

Ele considera este um resultado satisfatório, pois mesmo o arco não seguindo o trajeto delimitado, a raiz da solda tende a seguir possibilitando a correção de problemas de desvios na junta.

Marya (2004) verificou o efeito da corrente sobre a penetração para ligas de titânio. Mudando a corrente de 200 para 300A a penetração tende a aumentar para os testes realizados com a corrente de 200A, empregando  $TiO_2$  como fluxo ativo. Para os testes realizados com corrente de 300A não foi possível observar um aumento na penetração, esta permanecendo quase constante. Seria esperada uma maior relação de penetração com o aumento da corrente. Apesar do arco com corrente mais alta apresentar uma maior depressão no centro do mesmo, ele tende a escorregar pelas laterais.

Esta depressão está relacionada a uma solda mais profunda, porém as saídas laterais do arco distribuem o seu calor sobre a superfície da solda resultando em um alargamento da poça e numa redução da penetração. A Figura 8 apresenta as imagens deste efeito.

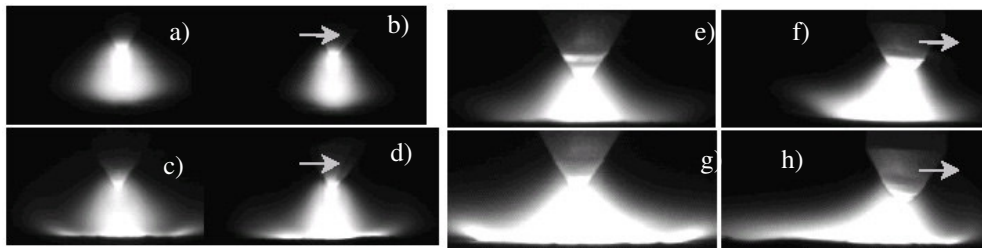


Figura 8 – Arco de soldagem. a) vista frontal e b) lateral, ambos 100A, sem fluxo; c) vista frontal e d) lateral, ambos 100A, com fluxo; e) vista frontal e f) lateral, ambos 200A, sem fluxo; g) vista frontal e h) vista frontal, ambos 200A, com fluxo (Marya, 2004).

Ele observou que o arco tende a espalhar-se lateralmente sobre o cordão de solda quando se aumenta a corrente de 100A para 300A. É como se ocorresse uma atração do arco pelo fluxo de soldagem, fazendo com que a poça fique mais larga e menos profunda. Isto pode ser observado na Figuras 7, seqüências c, d e g, h, para as correntes de 100 e 300A, respectivamente. Ele manteve a velocidade de soldagem constante.

Aplicando a técnica da constrictão direcionada foi observado que os parâmetros “a” entre 2 e 4 mm foram os que apresentaram melhores resultados de penetração para chapas de aço inoxidável austenítico e espessuras de camada de fluxo entre 50 e 70  $\mu\text{m}$  (Marya, 2004; Rückert et al, 2004).

### 3. COMENTÁRIOS FINAIS

De acordo com o que foi estudado neste trabalho, pode-se concluir que:

1. Existem diversos mecanismos que tentam explicar o fenômeno de aumento da penetração com a utilização do fluxo ativo.
2. As teorias de contração do arco e de modificações na tensão superficial da poça de fusão em conjunto são as mais aceitas nos trabalhos pesquisados.
3. A aplicação da Técnica da Constrictão Direcionada garante um cordão de solda mais limpo e permite um aumento na penetração próximo dos valores obtidos no A-TIG.

### 4. REFERÊNCIAS

- Ames, N.D.; Johnson, M. Q.; Lippold, J.C., 2002. “Effect of GTAW on the microstructure and properties of austenitic, super austenitic and super duplex stainless steel welds”. Proceedings of the International Conference: Trends in Welding Research, p. 29-34.
- AWS - American Welding Society, 1991, “Gas Tungsten Arc Welding”, In: Welding Handbook, 8th ed., vol. 2, pp. 73 – 107.
- Dong, C E Katayama, S., 2004, “Basic Understanding of A-TIG Welding Process”. IIW Technical Meeting 2004. Osaka, Japan.
- Fan, D., Zhang, R., Gu, Y. & Ushio, M., 2001, “Effect of Flux on A-TIG Welding of Mild Steels”, Transactions of JWRI (Joining and Welding Research Institute), vol. 30, n. 1, pp.35 - 40, ISBN: 0387-4508.
- Heiple, C.R. ; Roper, J.R., 1982, “Mechanism for minor element effect on GTA fusion zone geometry”. Welding Journal, v. 61, n. 4, p.97s-102s.
- Katayama, S. et al, 2001, “Liquid Flow Inside Molten Pool During Tig Welding And Formation Mechanism of bubble and porosity”. Proceedings of the 7th International Symp., JWS, Kobe, p.125-130.



- Kunrath, L. V., 2005, “Efeito do Tipo de Fluxo na Geometria e Microestrutura da Solda de Aço Inox com o Processo ATIG”. Anais do COBEF 2005 – Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, Joinville, SC.
- Lucas, W. & Howse, D., 1996, “Activating Flux – Increasing the Performance and Productivity of the TIG and Plasma Processes”. *Welding & Metal Fabrication*, p.11-17.
- Marya, S.; Sire, S., 2001, “ Flux Application in GTA welding to improve welding performance stainless steels and titanium alloys”. *Proceedings of the 7th International Symp., JWS, Kobe*, p. 107-112.
- Marya, M., 2002, “Theoretical and Experimental Assessment of Chloride Effects in the A-TIG Welding of Magnesium”. *International Institute of Welding Document*, Copenhagen, Denmark, 13 p.
- Marya, S., 2004, “Enhancing GTAW Performance Through Flux Coatings. Theoretical Background and Industrial Applications”. *IIW Technical Meeting 2004*. Osaka, Japan.
- Middel, W. & Den Ouden, G., 1998, “The Effect of Additives on Arc Characteristics in GTA Welding”, *Trends in Welding Research, Proceedings of the 5th International Conference*, 1-5 June, Pine Mountain, Georgia, USA, pp. 394 - 399, ISBN: 0-87170-627-X.
- Modenesi, J. P., Apolinário, E. R., 2000, “TIG Welding with single-component fluxes”. *Journal of Materials Processing Technology*, p.260-265.
- Modenesi, J. P., Apolinário, E. R., 1999, “Estudo da soldagem TIG com fluxos de um Componente”. *XXV ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA SOLDAGEM*, Belo Horizonte – MG.
- Ostrovskii, O. E., Et Al, 1997, “The effect of activating flux on the penetration capability of the welding arc and energy concentration in the anode spot”. *Welding Production*.
- Paskell, T., Lundin, C. & Castner, H., 1997, “GTAW Flux Increases Weld Joint Penetration”. *Welding Journal*, v.76, n.4, p.57–62.
- Perry, N., Marya, S. & Soutif, E., 1998, “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, p.520-525.
- Richetti, A., 2003, “Análise e Modelagem Empírica do Processo de Soldagem a Plasma com “keyhole” em Aço Inoxidável”. *Tese de Doutorado*, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG.
- Rückert, G., Huneau, B. E Marya, S., 2004, “Optimization of Flux Coatings on ATIG welding performance - Case study of Silica on Stainless Steels”. *IIW Technical Meeting 2004*. Osaka, Japan.
- TWI, The Welding Institute, 1995, “An Evaluation of the ATIG Welding Process”.
- Walsh, D. W., Demmons, A. & Gibbs, D., 1998, “The Effects of Sulfide, Oxide and Halide Coatings on Bead Shape in Inconel 718 Weldments”, *Trends in Welding Research, Proceedings of the 5th International Conference*, 1-5 June, Pine Mountain, Georgia, USA, pp. 526 - 529, ISBN: 0-87170-627-X.

## A REVISION ON THE PROCESS A-TIG WELDING

### **Alessandra Gois Luciano de Azevedo**

Universidade Federal de Uberlândia, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Av. João Naves de Ávila, nº 2121, Bloco 1M, Laboratório de Soldagem (Laprosolda).

[aglazevedo@mecanica.ufu.br](mailto:aglazevedo@mecanica.ufu.br)

### **Valtair Antonio Ferraresi**

Universidade Federal de Uberlândia, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Av. João Naves de Ávila, nº 2121, Bloco 1M, Laboratório de Soldagem (Laprosolda).

[valtairf@mecanica.ufu.br](mailto:valtairf@mecanica.ufu.br)

**Jesualdo Pereira Farias**

Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Metalúrgica e Materiais, Campus do Pici, Bloco 715, Laboratório de Soldagem (Engesolda), Fortaleza-CE. Cep: 60488-760.

[jpf@secrel.com.br](mailto:jpf@secrel.com.br)

**Abstract:** *The using the process TIG with active flux increased productivity. In the welding with active flux, one sends regards that the layer presents a thickness uniform to assure repeatability of the results, beyond a good tack to the base material to support the force of the arc during the welding. The use of the active flux allows an increase in the penetration of the weld bead about up to 2 times when compared with process TIG using the same parameters of welding. The main disadvantage of this technique mainly inhabits in the propensity to the slag formation on the surface of the weld, also being able to cause a bad superficial finishing. A form to take off advantage of this technique is applying the flux in such way that, instead of a layer that covers all the surface of the plate, two bands of flux are made, separate for a predetermined distance defined as parameter “a” in this work. In this case the flux layer isolates electrically certain regions of the surface of the part directing the region of incidence of the arc, being called Technique of the Directed Constriction. In this work the main mechanisms will be presented that explain the geometric modifications observed in the weld bead and the main advantages in the application of the Technique of the Directed Constriction.*

**Keywords:** *A-TIG, arc constriction, Morangoni convection, Lorentz force.*