

SOLDAGEM DE ALTA-PRODUTIVIDADE COM O PROCESSO A-TIG PARA DIFERENTES METAIS DE BASE

Louriel O. Vilarinho, vilarinho@mecanica.ufu.br¹
Vinod Kumar, vinod.kumar@twi.co.uk²
Victor Augusto Nascimento, victor_diplomata@yahoo.com.br¹
Bill Lucas, bill.lucas@twi.co.uk²
Sayee Raghunathan, sayee.raghunathan@twi.co.uk²

¹Universidade Federal de Uberlândia, Laprosolda, Brasil

²TWI Limited, Granta Park, Great Abington, Cambridge, United Kingdom

Resumo: *É de conhecimento da comunidade envolvida com soldagem que o processo TIG é altamente recomendado para operações que requerem precisão considerável, alta qualidade da junta e versatilidade ao separar a potência do arco com a taxa de alimentação do arame. Entretanto, estas vantagens se esbarram na limitada espessura possível de ser soldada em passe único e pela baixa produtividade comparada com outros processos, como o MIG/MAG. Diferentes abordagens têm sido propostas para superar estas limitações. Dentre elas, destaca-se a adição de pequenas quantidades de gás oxidante ao gás inerte (ou ao redor dele), aumento da vazão de gás, uso de campos magnéticos externos, aumento da emissividade do eletrodo e otimização da configuração da geometria da ponta do eletrodo. Embora estas abordagens consigam melhorar as características do arco e aumentar a penetração da solda, os ganhos obtidos são pequenos. Uma abordagem para se aumentar a produtividade é através do aumento da penetração, pois se reduz, assim, o número de passes. Para superar os pequenos ganhos descritos e aumentar de forma considerável a penetração, o processo A-TIG surge como uma abordagem extremamente interessante. Ao se adicionar Fluxos Ativos na superfície da chapa antes da soldagem, dando origem ao termo A-TIG, consegue-se aumentar a capacidade de penetração do arco. Assim, neste trabalho é explorado o processo A-TIG com uso de uma pequena camada de fluxo (8 microns) para três diferentes aplicações tecnológicas da soldagem de tubos para diferentes materiais. Conclui-se pela adequação do processo, onde consistência na qualidade, redução da necessidade de preparação da junta, redução de distorção e aumento da produtividade tornam o processo A-TIG uma versão mais atrativa do processo TIG.*

Palavras-chave: *A-TIG, Produtividade, Fluxo.*

1. INTRODUÇÃO

O processo de soldagem A-TIG representa uma abordagem para aumento da capacidade de penetração do processo TIG. Este aumento é obtido através da aplicação de uma camada de material chamado de fluxo ativo. Daí o nome do processo, “Active”-TIG ou simplesmente A-TIG. Esta camada deve ser aplicada na junta antes da soldagem.

Acredita-se que o efeito do fluxo é a constrição do arco com o consequente aumento da densidade de corrente no ânodo, o que aumenta o efeito do jato de plasma na poça líquida de soldagem (Vilarinho et al, 2009). A aparência constrita do cordão A-TIG é comparada com a aparência difusa do TIG convencional, como mostra a Fig. 1.

O uso de fluxos ativos na soldagem TIG foi inicialmente descrito pelo EO Paton Institute of Electric Welding na antiga União Soviética nos anos 50. Mais recentemente, estes fluxos estão à disposição comercial, sendo disponibilizados em função do metal de base. Os fluxos comerciais são oferecidos na forma de aerossol ou no estado pastoso (normalmente como pó para a posterior dissolução em um solvente) para a aplicação com pincel. O fluxo pode ser aplicado de forma manual (a mais comum), ou de forma mecanizada. Esta última ainda carece de um sistema mais robusto para a deposição do fluxo.

Embora diferentes teorias (Gurevich et al, 1965; Simonik 1976; Ostrovskii et al, 1977; Heiple & Roper, 1982; Voropai & Lebedeva, 1989 and Howse et al, 1997) tenham sido propostas ao longo dos anos para explicar o(s) mecanismo(s) por detrás do aumento da penetração, estas teorias ainda não estão consolidadas. Uma das razões é a grande variedade de materiais empregados como fluxos e a diversidade de materiais de base utilizados. Neste sentido, a adoção de um fluxo que proporcione o efeito adequado no aumento da penetração numa larga faixa de materiais é de suma importância, tanto operacional (tecnológica) quanto de consolidação das teorias.

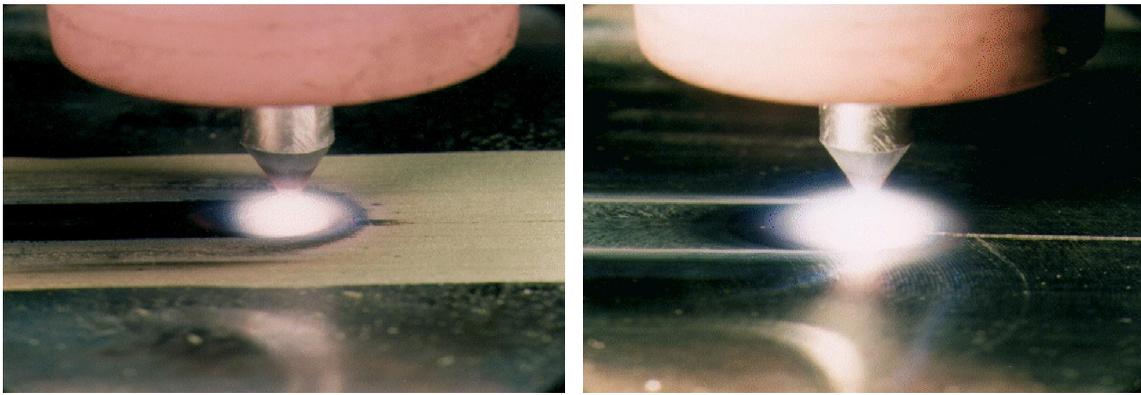


Figura 1. Comparação entre a soldagem TIG convencional e A-TIG.

Como vantagens específicas do processo A-TIG sobre o processo TIG convencional, pode-se citar:

- Aumento da produtividade devido ao aumento na penetração, pois se reduz o tempo de soldagem na medida em que se aumenta a velocidade de soldagem e/ou redução do número de passes;
- Redução de distorções, na medida em que diminui a corrente (para uma mesma penetração) e/ou diminui o número de passes. Por exemplo, uma junta em I soldada com A-TIG em passe único em comparação com uma junta em V, soldada em multipasses com o TIG convencional.
- Redução de problemas de inconsistência na penetração associada à variação de corrida-para-corrida da laminação da chapa utilizada como material de base. Por exemplo, no caso da variação do teor de enxofre em aços.

Embora estas vantagens possam ser realçadas para a soldagem A-TIG, industrialmente o processo ainda encontra baixa utilização. Isto se deve ao fato das dificuldades de se adquirir o fluxo e nas etapas adicionais ao processo, o que acrescenta custo à produção soldada. Além disto, o acabamento superficial do cordão obtido no processo A-TIG possui normalmente pior qualidade daquele obtido na soldagem TIG convencional.

Desta forma, é proposto neste trabalho utilizar um fluxo proposto pelo The Welding Institute (Howse et al, 1997), baseado em mistura de silicatos, que consiga o aumento da penetração para diferentes materiais de base e que o acabamento superficial não seja comprometido.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para a realização das soldagens A-TIG, utilizou-se chapas de diferentes materiais nas dimensões 125 x 38 x 5 mm, aplicando o fluxo a base de sais silicatos com aplicação manual através de aplicador aerossol, medindo-se ao final uma camada homogênea de $8 \pm 2 \mu\text{m}$ (PosiTestDFT, C, 2004). Em ensaios preliminares, esta foi a menor camada possível de ser aplicada manualmente e com boa uniformidade ($\pm 2 \mu\text{m}$). Camadas mais espessas prejudicam enormemente o acabamento superficial do cordão. Assim, sugere este valor de espessura ($8 \pm 2 \mu\text{m}$) como sendo a mais indicada para o processo. O processo de soldagem realizado foi cordão sobre chapa.

A corrente de soldagem foi ajustada em 150 A, velocidade de soldagem em 100 mm/min, gás de proteção argônio comercialmente puro a 12 l/min, diâmetro do bocal em 10 mm, eletrodo AWS WTh-2 com diâmetro de 2,4 mm e 10 mm para fora do bocal e distância eletrodo-peça de 3 mm. Adquiriu os sinais elétricos de tensão em corrente a uma taxa de 1 kHz por canal.

Os materiais utilizados foram aço comum ao carbono (SAE 1020), aço inoxidável austenítico SUS304 (composição mostrada na Tab. 1), aço inoxidável ferrítico (composição mostrada na Tab. 2) e alumínio AA5052.

Tabela 1. Composição química do aço inoxidável austenítico utilizado.

Elem.	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	N	O
%	0.019	0.46	1.54	0.03	0.003	18	0.25	8	0.065	0.003

Al	As	B	Co	Cu	Nb	Pb	Sn	Ti	V	W	Ca
<0.01	0.016	<0.001	0.19	0.27	<0.01	<0.002	0.011	<0.005	0.09	<0.05	<0.001

Tabela 2. Composição química do aço inoxidável ferrítico utilizado.

Elem.	C	Cr	Mn	N	Nb	Ni	P	S	Si	V	Ti
%	0,0095	17,1284	0,1434	0,0075	0,2009	0,1777	0,0234	0,0027	0,4032	0,0507	0,1984

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos estão apresentados nas Figs. 2 e 3. Vale ressaltar que o fluxo foi aplicado na metade da chapa de forma que a soldagem seja iniciada com o processo TIG convencional e, quando a tocha é movimentada, o processo passa a ser A-TIG a partir da metade posterior. Isto procura garantir que condições semelhantes (sem re-ignição do arco) para ambos os casos. Na Fig. 2, a região onde o fluxo foi aplicado aparece com coloração mais clara na face.

A Figura 2 procura ilustrar o efeito do aumento da penetração na raiz conseguido ao se soldar na metade da chapa que contém fluxo espalhado na sua face. Pode-se notar que não houve prejuízo do acabamento superficial na face da chapa. O pior caso foi a soldagem de alumínio, mas o próprio colapso da poça (devido à baixa velocidade de soldagem quando utilizando fluxo) pode ter sido um dos motivos da deterioração do acabamento superficial. Para os outros casos, o acabamento superficial se manteve.

Já a Fig. 3 mostra claramente o aumento da penetração na raiz para os quatro materiais estudados. Isto garante a empregabilidade do fluxo em uma ampla faixa de materiais de engenharia. Como a corrente foi mantida constante, é possível afirmar que, para manter a mesma penetração, a velocidade de soldagem poderia ser aumentada, o que **aumentaria a produtividade** de soldagem. Outra opção seria a diminuição da corrente de soldagem, mantendo-se a mesma velocidade de alimentação, o que implicaria numa menor distorção das chapas.

Pela Fig. 3, o alumínio mostrou-se o mais sensível ao aumento da penetração. Como discutido, este grande efeito pode ter levado a uma piora no acabamento superficial, pois material da raiz em contato com a atmosfera (não se utilizou gás de purga) pode ter-se misturado ao material da face, protegido pelo gás de proteção. Por outro lado, os cordões dos demais materiais apresentaram bom acabamento superficial (sem oxidação), sendo um avanço no A-TIG.

Por outro lado, o menor aumento da penetração conseguido foi com o aço carbono. Um dos motivos pode ser o alto teor de enxofre presente neste material (muitas vezes tido como material menos nobre). Algumas das teorias que tentam explicar o aumento da penetração no processo A-TIG propõem que elementos tenso-ativos alterem o fluxo convectivo da poça de fusão carreando material mais quente para o centro do cordão e promovendo, assim, o aumento da penetração. Esta teoria é conhecida como Efeito Marangoni (Heiple & Roper, 1982). Esta teoria ao ser aplicada no aço carbono pode explicar que, se um material já possui altos teores de elementos tenso-ativos (enxofre neste caso), o efeito do fluxo seria menos pronunciado.

Por fim, alguns autores (Richetti, 2003 e Azevedo, 2005) citam o grande uso do fluxo na soldagem de aços inoxidáveis austeníticos com bons resultados para este aço. Entretanto, os fluxos empregados por estes autores tiveram baixo desempenho para outros materiais. Neste sentido, os resultados aqui apresentados são um avanço na utilização tecnológica de forma robusta do processo A-TIG.

4. CONCLUSÃO

O fluxo estudado pode ser aplicado com sucesso para uma grande faixa de materiais (aços carbono, aços inoxidável austenítico e ferrítico e alumínio), propiciando o aumento da penetração ao ser aplicado. A garantia de uma fina camada de fluxo implica em melhor acabamento superficial.

5. AGRADECIMENTOS

O Prof. Vilarinho gostaria de agradecer à Capes (Processo BEX 1535/08-0), ao CNPq (Processo 307554/2008-2), à Fapemig (Processo TEC - APQ-01389-08) e ao Laposolda/UFU.

6. REFERÊNCIAS

- Azevedo, A.G.L., 2005. "Soldagem A-TIG de aços inoxidáveis ferríticos: aplicação da técnica da constrição direcionada". Universidade Federal de Uberlândia. p. 81.
- Gurevich SM et al. 1965. "Improving the penetration of titanium alloys when they are welded by argon tungsten arc process", *Automatic Welding*, 9, pp 1-4.
- Heiple CR and Roper JR, 1982. "Mechanism for minor element effect on GTA fusion zone geometry", *Welding Journal*, 61 (4), pp. 97s-102s.
- Howse D, Lucas W and Russell JD, 1997. "An investigation into the mechanisms of active fluxes for TIG (A-TIG) welding", TWI Members report 604, 1997.
- Ostrovskii OE et al. 1977. "The effect of activating fluxes on the penetration capability of the welding arc and the energy concentration in the anode spot", *Welding Production*, 3, 1977, pp. 3-4.
- PosiTestDFT, C, 2004. "Coating Thickness Gage - Instruction Manual ver. 1.0", USA, p. 1.
- Richetti, A., 2003, "Análise e Modelamento Empírico da Soldagem PAW com Keyhole em Aço". UFU. p. 292
- Simonik AG, 1976. "The effect of contraction of the arc discharge upon the introduction of electro-negative elements", *Welding Production*, 1976, 3, pp 49-51.
- Vilarinho, L. O.; Blackburn, J.; Raghunathan, S.; Lucas, W. . Spectroscopic Measurement during A-TIG Welding of Austenitic Stainless Steel. In: COBEM 2009, Gramado/RS. p. 1-9.
- Voropai NM and Lebedeva, 1989. "Physical properties of welding fluxes based on TiO, formed in melting activated wires", *Automatic Welding*, 3, 1989, pp. 19-23.

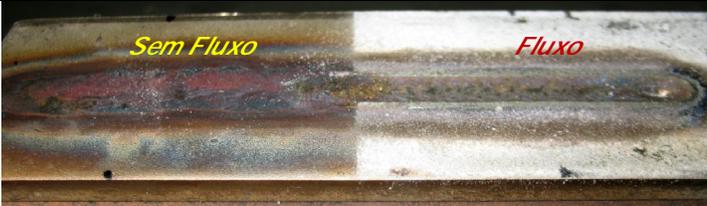
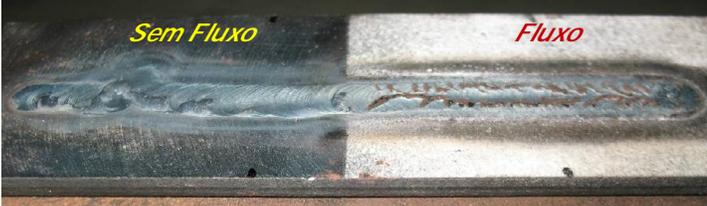
	(a1) inox austenítico - face
	(a2) inox austenítico - raiz
	(b1) aço carbono - face
	(b2) aço carbono - raiz
	(c1) inox ferrítico - face
	(c2) inox ferrítico - raiz
	(d1) alumínio - face
	(d2) alumínio - raiz

Figura 2. Fotografias das faces e raiz dos cordões obtidos (como escala, espessura da peça é 5 mm).

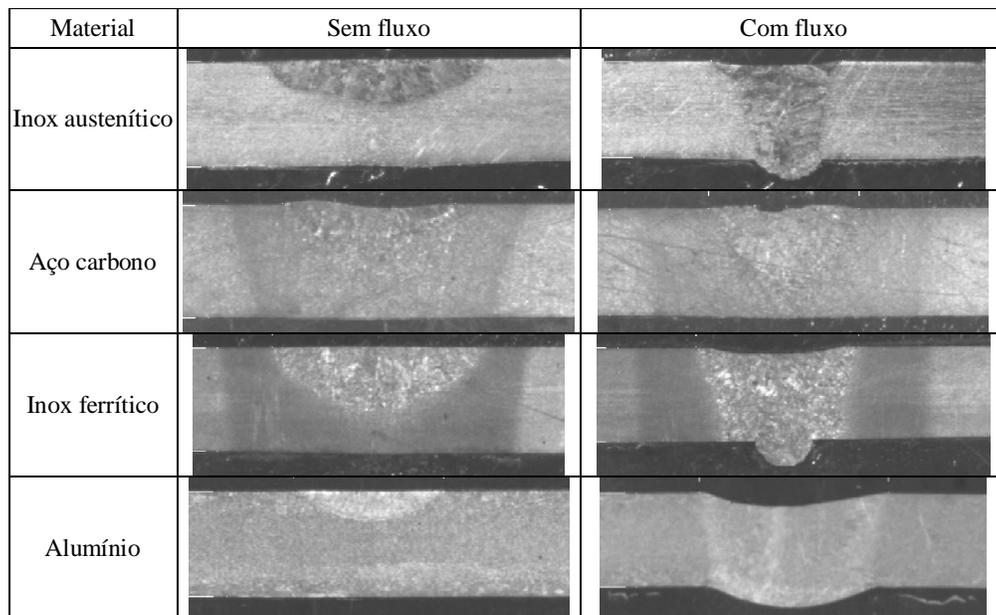


Figura 3. Seções transversais dos cordões mostrados na Fig. 2 (como escala, espessura da peça é 5 mm).

7. DIREITOS AUTORAIS

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

HIGH-PRODUCTIVITY WELDING WITH A-TIG PROCESS FOR DIFFERENT BASE MATERIALS

Louriel O. Vilarinho, vilarinho@mecanica.ufu.br¹

Vinod Kumar, vinod.kumar@twi.co.uk²

Victor Augusto Nascimento, victor_diplomata@yahoo.com.br¹

Bill Lucas, bill.lucas@twi.co.uk²

Sayee Raghunathan, sayee.raghunathan@twi.co.uk²

¹Universidade Federal de Uberlândia, Laprosolda, Brasil

²TWI Limited, Granta Park, Great Abington, Cambridge, United Kingdom

Resumo: It is well-established by the welding community the suitability of TIG process for operations requiring considerable precision, high weld joint quality and the versatility of decoupling the arc power with the filler addition rate. However, these advantages are offset by limited thickness that can be welded in single pass and by the lower productivity compared to other processes. Different approaches have been proposed to cope with these shortfalls, such as adding a very small quantity of oxidant gas to the inert one, increasing the gas flow, use of external magnetic fields, increasing the electrode emissivity and optimisation of the electrode-tip configuration. Although these approaches enhanced the arc characteristics and improved the penetration pattern, the achieved productivity improvements were marginal. An increase in productivity can be achieved by increasing the penetration depth, as it helps reducing the number of welding passes. Activated TIG welding process, known as A-TIG, can be beneficial in this respect. A-TIG welding process involves a method of increasing the penetration capability of the arc in TIG welding. This is achieved through the application of a thin coating of activating flux material onto the work piece surface prior to welding. Therefore, this work explores A-TIG welding process employing a developed flux for improving the penetration depth and productivity for stainless steel tube materials and also applied on bead-on-plate welds for mild steel, ferritic stainless steel and aluminium. Four different applications are presented, described and discussed. It was found that the consistency in quality, reduced need for edge preparation, reduced distortion and the improved productivity could make A-TIG welding process more attractive than the conventional TIG process in tube welding.

Keywords: A-TIG, Productivity, Flux.