

## Introdução

O processo de soldagem TIG (Tungsten Inert Gas) apresenta muitas vantagens em relação aos outros processos de soldagem e é usado na indústria moderna devido à alta qualidade e boa aparência das soldas produzidas. O arco elétrico é bastante suave e exige pouca ou nenhuma limpeza após a operação, pois não forma escória. A soldagem TIG teve o seu grande desenvolvimento no período da 2ª grande guerra mundial, em torno de 1940, para realizar soldas de alta qualidade em ligas de alumínio, aço inoxidável e magnésio. A principal desvantagem do processo está no fato de ele ter uma pequena taxa de deposição, entre 0,2 até 2Kg/h, e uma relativa pequena penetração comparado a outros processos de soldagem, o que o impossibilita economicamente para a soldagem de juntas espessas, sendo utilizado geralmente para passes de raiz onde se necessitam soldas de alta qualidade, ou na soldagem de chapas finas em geral [1].

A fim de superar essa desvantagem, o processo A-TIG (Active Tungsten Inert Gas) foi desenvolvido no final da década de 50 no Paton Welding Institute [2]. A-TIG é uma variante simples do processo TIG convencional que não requer nenhum equipamento especial. A principal característica deste processo é uma cobertura de fluxos ativos (óxidos, sais alcalinos, halogênios, fluoretos) [3] que é aplicada na superfície do material a ser trabalhado. Enquanto o fluxo é vaporizado pela ação do arco, os ingredientes ativos vão sendo transferidos diretamente para a zona do plasma.

Muitos mecanismos foram propostos para explicar o aumento da penetração na soldagem A-TIG, mas ainda não há consenso sobre eles [2,3,4]. As teorias mais citadas para justificar o aumento na penetração são a constrição do arco a partir de reações entre o arco e o fluxo ativo e a inversão no gradiente de tensão superficial gerando um fluxo de convecção, também chamado de fluxo de Marangoni.

A constrição do arco elétrico na soldagem A-TIG causa um efeito semelhante ao bocal constritor na soldagem a Plasma. Isto ocorre devido ao fato das moléculas do fluxo dissociadas pelo intenso calor gerado, serem capazes de capturar elétrons nas regiões periféricas do arco, mais frias, formando ali íons negativos [4,5]. A captura de elétrons por parte destes elementos reduz a densidade periférica de elétrons livres no arco, diminuindo a habilidade de condução do mesmo e, desta forma, o principal canal condutor de eletricidade é reduzido, resultando em um efeito de constrição, reduzindo o diâmetro da coluna do arco, [6] como pode ser visto na figura 1.

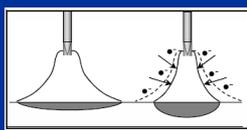


Fig.1: Mecanismo de constrição do arco elétrico devido a dissociação do fluxo ativo

O aumento da penetração na soldagem com fluxo ativo também pode ser explicado devido a uma inversão no gradiente de tensão superficial como função da temperatura,  $dy/dT$ . 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 gerando um fluxo de convecção que flui das extremidades para o centro da poça de fusão, causando uma redução na largura e um aumento na penetração [7], como pode ser visto na figura 2.

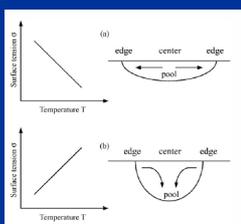


Fig.2: Modo de convecção do Fluxo de Marangoni na poça de fusão. (a)  $dy/dT < 0$ ; (b)  $dy/dT > 0$ . [7]

## Objetivos

Este trabalho tem como principal objetivo o estudo da influência de três diferentes fluxos aplicados individualmente e combinados na geometria da poça de fusão na soldagem de um aço SAE 1020 pelo processo TIG.

## Materiais e Metodologia

Foram utilizadas chapas de aço ao carbono SAE 1020, previamente preparadas de forma a se conseguir corpos de prova com dimensões de 300x70x6 mm. Um rebaixo de 20 mm de largura e 0,15 mm de profundidade foi usinado na parte central dos corpos de prova em toda a sua extensão. Os fluxos foram aplicados manualmente com a ajuda de uma espátula, diretamente neste rebaixo, para assegurar uma camada uniforme em todos os ensaios. Os fluxos foram preparados misturando-se manualmente os óxidos em pó com a acetona até se formar uma pasta. Esta pasta foi aplicada sobre os corpos de prova, que posteriormente foram ressecados em uma estufa à 50°C por 30 minutos volatilizando a acetona, deixando apenas o fluxo aderido ao metal base.

Os fluxos utilizados foram CaO, TiO<sub>2</sub> e SiO<sub>2</sub>, aplicados individualmente e também combinados em apenas metade da chapa, de forma que o mesmo corpo de prova foi soldado no processo TIG em sua primeira metade e A-TIG na segunda metade como mostra a figura 3. Foi realizada uma soldagem autóloga, a topo, com um sistema mecanizado de deslocamento da tocha. O corpo de prova permanecia parado e a tocha se deslocava com velocidade constante de 2,18mm/s.

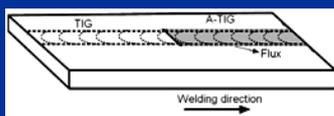


Fig.3: Figura esquemática dos corpos de prova utilizados no estudo

Foi utilizado um eletrodo de tungstênio do tipo AWS EWTh-2 com 2,4 mm de diâmetro e ângulo de apontamento de 60°. O gás de proteção foi o Argônio, com vazão de 10l/min. A distância do eletrodo à peça foi de 2mm e três valores de correntes diferentes foram utilizadas, sendo elas 150, 200 e 250A.

Depois de soldadas as chapas foram cortadas, preparadas e atacadas quimicamente com o reagente Nital 5%, a fim de se fazer uma análise macrográfica da seção transversal do cordão de solda para verificar a penetração, largura e área da poça de fusão.

Os cortes foram feitos em quatro regiões diferentes para cada corpo de prova, descartando-se a parte inicial e final do processo. Dois cortes foram feitos na região soldada com o processo TIG, a 30mm do início do cordão e a 30mm do final e dois na região soldada pelo processo A-TIG também a 30mm do início e 30mm do final. Foi feita uma média aritmética dos valores obtidos de penetração, largura e área da poça de fusão.

## Resultados e Discussão

Percebeu-se uma piora na aparência superficial dos cordões de solda na região A-TIG em relação aos cordões do processo TIG para todos os experimentos, como pode ser visto na figura 4.



Fig.4: Superfície do corpo de prova soldado com o Fluxo TiO<sub>2</sub> (rutilo). Percebe-se uma piora na aparência superficial na região A-TIG.

Verificou-se através de macrografias que todos os fluxos aplicados individualmente e combinados modificaram a geometria da poça de fusão com a tendência de deixá-la mais estreita e profunda. A figura 5 mostra quatro macrografias de seções transversais ao cordão de solda dos corpos de prova 8 e 9, ambos soldados com o fluxo TiO<sub>2</sub> com 200 e 150A, respectivamente, evidenciando este fenômeno.

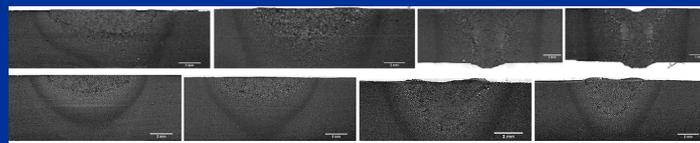


Fig.5: Macrografias das seções transversais ao cordão de solda das quatro regiões analisadas nos corpos de prova 8 e 9, respectivamente soldados com 200 e 150A. O fluxo utilizado em ambos foi o TiO<sub>2</sub>.

A tabela 1 mostra os valores de penetração, largura e área da poça de fusão, obtidos no estudo. Nas células em que aparecem dois valores, o primeiro se refere ao processo TIG e o segundo ao processo A-TIG.

Tabela 1: Valores médios de penetração, largura e área da poça de fusão, para os diferentes experimentos.

Experimento	Fluxo	Corrente [A]	Penetração [mm] TIG / A-TIG	Largura [mm] TIG / A-TIG	Área [mm²] TIG / A-TIG
1	CaO	250	4,11 / Completa	12,47 / 8,53	32,59 / 33,48
2	CaO	200	2,88 / 3,26	9,76 / 5,95	19,27 / 12,89
3	CaO	150	1,82 / 2,94	7,19 / 5,08	10,47 / 8,69
4	SiO <sub>2</sub>	250	4,02 / Completa	12,51 / 8,87	35,631 / 35,90
5	SiO <sub>2</sub>	200	3,56 / Completa	10,94 / 7,32	27,26 / 29,77
6	SiO <sub>2</sub>	150	1,67 / 3,85	7,03 / 4,87	8,82 / 14,94
7	TiO <sub>2</sub>	250	4,15 / Completa	11,39 / 9,78	31,84 / 36,09
8	TiO <sub>2</sub>	200	2,60 / Completa	10,03 / 7,24	16,73 / 21,66
9	TiO <sub>2</sub>	150	1,59 / 3,30	6,99 / 5,46	8,22 / 11,55
10	CaO + SiO <sub>2</sub>	250	4,02 / Completa	12,02 / 8,66	30,55 / 36,76
11	SiO <sub>2</sub> + TiO <sub>2</sub>	250	4,2 / Completa	11,64 / 8,57	29,93 / 35,51
12	CaO + SiO <sub>2</sub> + TiO <sub>2</sub>	250	4,11 / 5,21	12,45 / 9,61	31,24 / 33,19

## Conclusões

- Pelos resultados obtidos neste trabalho, as seguintes conclusões podem ser retiradas:
- Todos os fluxos utilizados no estudo modificaram a geometria da poça de fusão, demonstrando uma tendência de deixá-la mais estreita e profunda.
- Um incremento de pelo menos 2mm na penetração foi observado em todos os experimentos, exceto nos de nº 2, 3, 9 e 12.
- Pode-se obter penetração completa em chapas com espessura de 6mm de um aço SAE 1020 com correntes de 200 e 250A no processo de soldagem A-TIG.
- Foi verificada uma piora na aparência superficial do cordão de solda na região A-TIG, em todos os experimentos, comparado com a região soldada com o processo TIG.

## Referências

- [1] Machado, I. G., Soldagem & Técnicas Conexas: Processos. Porto Alegre: Editado pelo Autor, 1996. v. 1200. 477 p.
- [2] Howse, D. S., Lucas, W., Investigation Into Arc Constriction by Active Fluxes for Tungsten Inert Gas Welding, 1999
- [3] Azevedo, A. G. L., Balsamo, P. S. de S., Farias, J. P., Ferraresi, V. A., Aplicação de Vários Tipos de Fluxo Ativo (Processo A-TIG) na Soldagem de um Aço Inoxidável Ferrítico
- [4] Azevedo, A. G. L. de, Ferraresi, V. A., Farias, J. P., Uma Revisão Sobre o Processo de Soldagem A-TIG
- [5] Paulo J. Modenesi, Eustáquio R. Apolinário, Iaci M. Pereira, TIG Welding With Single-Component Fluxes
- [6] Dong, C., Zhu, Y., Chai, G., Zhang, H., Preliminary Study on the Mechanism of Arc Welding With the Activating Flux
- [7] Fujii, H., Sato, T., Liu, S., Nogi, K., Development of an Advanced A-TIG (AA-TIG) Welding Method by Control of Marangoni Convection