

ANÁLISE TÉRMICA DO PROCESSO DE SOLDAGEM TIG DE UMA JUNTA DE TOPO DE CHAPAS DE AÇO INOXIDÁVEL DA SÉRIE 304

Alfredo dos Santos Maia Neto; Valério Luiz Borges; Solidônio Rodrigues de Carvalho.

Resumo: Este trabalho se refere à simulação computacional do processo de soldagem TIG em chapas de aço inoxidável da série AISI 304 na modalidade de topo com um chanfro em “V”. A soldagem TIG é largamente utilizada para solda com alumínio e com ligas de aço inoxidável nas quais a integridade da solda é de extrema importância. É também utilizada para juntas de alta qualidade em indústrias nucleares, químicas, aeronáuticas e de alimentos. A energia é fornecida a partir do arco voltaico que se apresenta como uma fonte de calor móvel/não uniforme, que possui um alto gradiente térmico cujas propriedades são altamente dependentes de quaisquer variações nas condições de soldagem. No entanto, somente parte dessa energia chega diretamente à chapa metálica, uma vez que há perdas no arco por convecção e radiação para o meio ambiente, e o conhecimento de sua grandeza é o que permite a determinação do rendimento térmico do processo e a definição das altas temperaturas, que são as principais responsáveis pelos defeitos micro e/ou macro-estruturais na chapa soldada.

Palavras chaves: volumes finitos, soldagem, temperatura, mudança de fase.

1. INTRODUÇÃO

O processo de soldagem GTAW (Gas-Shielded Tungsten Arc Welding) ou TIG (Tungsten Inert Gas) como é mais popularmente conhecido é o mais amplamente usado para soldagem de aços inoxidáveis devido a sua versatilidade e alta qualidade bem como a aparência estética do acabamento da solda. O eletrodo, o arco e a área em volta da poça de fusão da solda são protegidos por uma atmosfera de gás inerte, o argônio puro é o mais popular gás protetor, este processo teve grande desenvolvimento após 1940, onde se usava inicialmente apenas hélio como gás de proteção (Gonçalves et al, 2002). Se um metal de enchimento é necessário, ele é adicionado no limite da poça de fusão. A capacidade de soldar em baixa corrente e, portanto entrada de pouco calor, mais a capacidade de adicionar o arame de adição, quando necessário, faz com que este processo seja ideal para soldagem de materiais finos. Além disso, o processo é facilmente mecanizado e a habilidade para soldar com ou sem o arame de adição (solda autógena) faz deste processo ideal para a soldagem orbital de tubos. A soldagem TIG produz uma solda limpa e de alta qualidade. Como não é gerada escória, a chance de inclusão da mesma no metal de solda é eliminada, e a solda não necessita de limpeza no final do processo. Problemas com mudança de fase, comumente identificados durante a soldagem, podem ser solucionados com aproximações analíticas e numéricas que podem ser classificadas como problema direto - quando o fluxo de calor é conhecido e a temperatura pode ser calculada - ou ainda, problema inverso, que faz uso de dados experimentais, modelagem térmica e técnicas de otimização para definir o fluxo de calor que incide sobre a peça soldada.

2. OBJETIVOS

A análise térmica do processo de soldagem tem como objetivo a determinação dos campos de temperaturas desenvolvidos durante o aquecimento e resfriamento das chapas metálicas. Por meio deste trabalho espera-se estudar o processo de soldagem de topo com deposição de material. Os resultados serão validados por meio de dados experimentais tais como temperatura e perfil da poça de soldagem e material depositado medidos em vários pontos da amostra. Será realizado um planejamento estatístico visando diminuir os custos experimentais, coletando o número mínimo, mas necessários de amostras, otimizando assim os experimentos. Por meio de tais técnicas espera-se validar o software para que o mesmo seja aplicado em outros estudos envolvendo soldagem de peças metálicas.

3. MODELO TÉRMICO E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

O problema térmico que representa o processo de soldagem TIG de duas chapas metálicas fabricadas de aço inoxidável AISI 304, ambas apresentando um chanfro em “V”, é apresentado na Fig. 1.

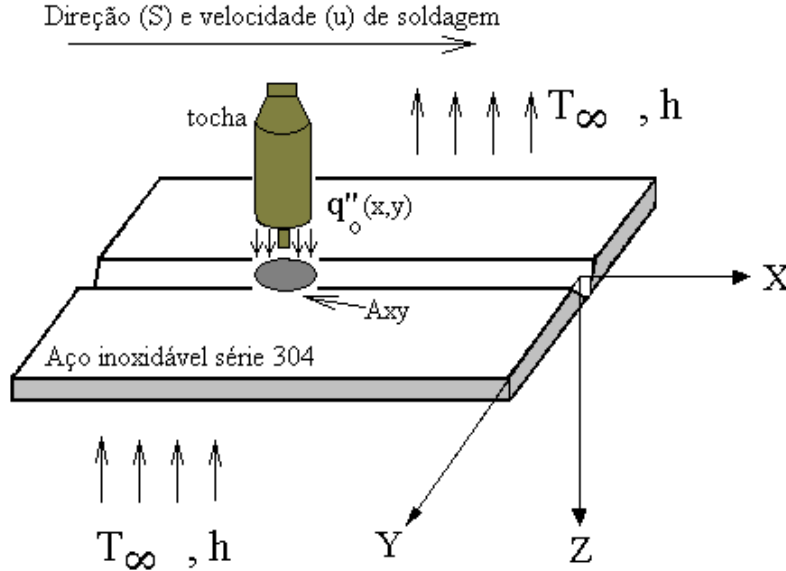


Figura 1: Representação esquemática do processo de soldagem de TIG.

Eyres et al. (1946), utilizou pela primeira vez o conceito de entalpia para definir uma função que represente o calor total, ou seja, a soma do calor específico ou sensível e do calor latente requerido para a mudança de fase. Neste caso, a equação da difusão de calor baseada na formulação da entalpia, $H(T)$, é dada por (Ozisik, 1993):

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k(T) \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k(T) \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k(T) \frac{\partial T}{\partial z} \right) = \rho \frac{\partial H(x,y,z,t)}{\partial t} \quad (1)$$

Segundo Ozisik (1993) a variação da $H(T)$ com a temperatura é dada por:

$$H(T) = \begin{cases} CT & \text{para } T < T_s & \text{região sólida} \end{cases} \quad (2)$$

$$H(T) = \begin{cases} CT + fH_f & \text{para } T_s \leq T \leq T_l & \text{região de mushy} \end{cases} \quad (3)$$

$$H(T) = \begin{cases} CT + H_f & \text{para } T > T_l & \text{região líquida} \end{cases} \quad (4)$$

onde f é a fração de material líquido, que variar linearmente com a temperatura e pode ser obtida por meio da relação:

$$f = \frac{T(x,y,z,t) - T_s}{T_l - T_s} \quad (5)$$

Como condições de contorno define-se fluxo de calor na região com chanfro em “V” e convecção natural nas demais faces do modelo T é a temperatura, $k(T)$ a condutividade térmica e C o calor específico das chapas de aço inoxidável da série 304.

Propõe-se a solução do problema direto pelo método dos volumes finitos inteiros com malha irregular e co-localizada (Maliska, 2004) que traz grandes ganhos com relação à implementação computacional, facilidade de discretizar o modelo, juntamente com a técnica de diferenças finitas com formulação implícita, que, entre outros fatores, não apresenta limitações

quanto à escolha do tempo de aquisição (Δt) da temperatura experimental, além de reduzir o custo computacional. No estudo do problema advectivo/difusivo envolvendo mudança de fases realizado neste trabalho as propriedades térmicas do aço inoxidável AISI 304 já estão determinadas e a influência da variação da temperatura em propriedades como a condutividade térmica e calor específico foram consideradas (Park et al, 2000 apud Cângani, 2010) para proporcionar um estudo mais próximo das condições reais de transferência de calor. Na solução do sistema de equações algébricas lineares propõe-se o método S.O.R (Successive Over Relaxation). A solução inversa será obtida por meio da técnica de métodos consagrados como a técnica de otimização da seção áurea (Vanderplaats, 1999) e a técnica da Estimação Sequencial (Bleck, 1985).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Espera-se que este estudo possibilite fazer a previsão da tensão e corrente de soldagem que devem alimentar o equipamento de soldagem para produzir uma penetração e largura de cordão de solda previamente definidos através do conhecimento do rendimento térmico do processo de soldagem a partir do campo de temperatura e o calor e a potência envolvida no processo de soldagem TIG de uma junta de topo de chapas de aço inoxidável da série 304 chanfradas em “V”.

5. AGRADECIMENTOS.

Os autores agradecem a CAPES pelo apoio financeiro e as instituições UFU e IFMA pela parceria no DINTER do doutorando Alfredo dos Santos Maia Neto.

6. REFERÊNCIAS.

- BECK, J.V.; BLACKWELLI, B.; ST. CLAIR, C. **Inverse Heat Conduction: Ill-posed Problems**. New York: Wiley-Interscience Publication, 1985, 308p.
- CÂNGANI, A. P. M., **Análise térmica do processo de soldagem TIG de amostras metálicas**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, 2010, 111p.
- EYRES, N. R., Hartree, D. R., Ingham, J., Jackson, R., Sarjant, R. J., and Wagstaff, S.M., Phil. Trans. R. Soc. A240, 1946, pp. 1-57.
- GONÇALVES, V. C., SCOTTI, A. & GUIMARÃES, G., “**Simulated Annealing Inverse Technique Applied in Welding: A Theoretical and Experimental Approach**”, 4º Internacional Conference on Inverse Problems in Engineering, Angra dos Reis, Rio de Janeiro, Brazil, 2002.
- MALISKA C. R., **Transferência de Calor e Mecânica dos Fluidos**, Editora LCD, 2ª ed., Brasil, 2004.
- OZISIK, M.N. **Heat conduction**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, Inc, 1993.
- VANDERPLAATS, G. N. **Numerical Optimization Techniques for Engineering Design: With Applications**, McGraw-Hill, USA, 1999.