



TENSÕES RESIDUAIS DURANTE E APÓS SOLDAGEM AUTÓGENA E SOLDAGEM COM DEPOSIÇÃO DE MATERIAL

*Douglas Silva Marques Serrati¹, Tarcila Rocha França², Douglas Bezerra de Araújo³,
Louriel Oliveira Vilarinho⁴*

RESUMO: O objetivo deste trabalho é comparar, por meio da análise de elementos finitos, as tensões residuais durante e após dois processos: soldagem autógena e soldagem com deposição de material. O propósito era quantificar as diferenças obtidas nos resultados de cada um dos processos, para fornecer conhecimento suficiente que permita ponderar qual das análises deve ser utilizada. Para a obtenção dos resultados, foram feitas análises térmicas e estruturais, em que pode-se associar informações sobre temperatura, encolhimento, distorções e tensões residuais durante processos de soldagem.

PALAVRAS-CHAVE: soldagem, tensões residuais, simulação, autógena.

RESIDUAL STRESSES DURING AND AFTER WELDING AUTOGENOUS PROCESSES AND WITH MATERIAL DEPOSITION

ABSTRACT: The objective of this work was to compare, through finite element analysis, residual stresses during and after two processes, welding autogenous and with material deposition. The purpose was to quantify the differences obtained in results between these two process, in order to offer knowledge enough to ponder which of this analysis should be used. To get the expected results, thermal and structural analyses were done, whereupon it's possible to associate informations about temperature, shrinkage, distortions and residual stresses during welding process.

KEYWORD: welding, residual stresses, simulation, autogenous.

INTRODUÇÃO

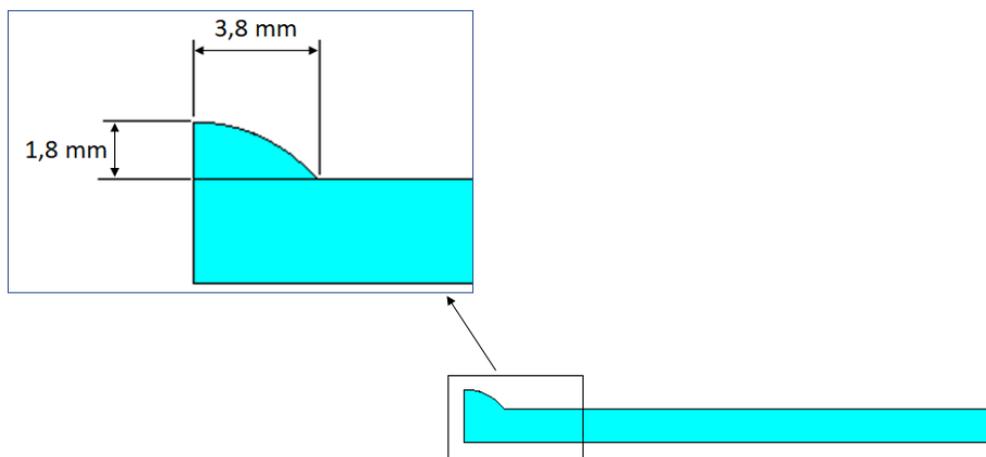
Processos de soldagem a arco envolvem grande quantidade de calor, que irá fundir e unir os materiais que serão soldados. Por se tratar de uma fonte localizada de calor, ocorrerão deformações plásticas, dilatações e contrações uniformes, que irão causar deformações e deformações residuais. Normalmente, essas tensões provocam tensões de tração no cordão e próximas a ele e tensões compressivas no restante do material. Essas tensões de tração podem danificar o material que foi soldado e causar rachaduras na estrutura. Além disso, as distorções do material soldado podem impactar no bom funcionamento da estrutura ou até mesmo perder a estrutura devido a dificuldades na montagem. Por isso, é importante estudar qual é o impacto das tensões residuais e como as distorções ocorrem. Este trabalho é baseado em simulação computacional, utilizando a

técnica de elementos finitos, que mostra a evolução das tensões durante e após a soldagem e também uma comparação dessa evolução na soldagem autógena (sem adição de material) e em uma soldagem com deposição de material. Os resultados mostram que o comportamento das distorções é muito diferente para cada caso.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para estudar o desenvolvimento e comportamento de tensões em uma placa durante e após o processo de soldagem, utilizou-se a técnica de elementos finitos, isto é, uma ferramenta computacional que soluciona problemas complexos de engenharia. A simulação foi baseada em uma chapa de aço de baixo teor de carbono, com dimensões de 200 x 100 x 3,2 mm e fonte de calor do tipo gaussiano. Para o processo de soldagem com deposição de material, a geometria do cordão de solda é mostrada na Figura 1.

Figura 1 – Geometria do cordão de solda.



Fonte: Autoria própria (2018)

CASO DE ESTUDO

As tensões geradas pelo processo de soldagem são estudadas em análise termo-estrutural. As propriedades térmicas e mecânicas dependem da temperatura utilizada por Miettinen (1997) e Tsirkas et al. (2003). Para o processo com deposição de material, utilizou-se a técnica de “birth and dead”, a fim de aparecer o cordão de solda durante os processos de soldagem. Para os dois processos de soldagem analisados, foi utilizada uma análise transitória com velocidade de deslocamento de 5 mm/s, poder efetivo de soldagem de 1200W e sem restrições externas.

O calor proveniente do arco elétrico foi modelado por uma distribuição bidimensional de uma fonte de calor, com uma distribuição Gaussiana. Portanto, a distribuição do fluxo de calor na superfície do sólido está relacionada à posição radial r

(cuja origem é o centro do arco).

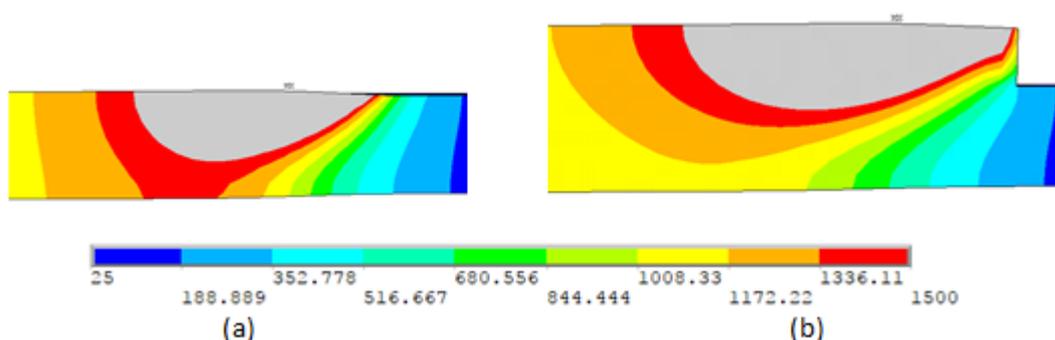
No modelo de análise mecânica, utilizou-se a entrada de carga do histórico de temperatura da análise térmica. A taxa de deformação total é decomposta em três componentes, que são taxa de deformação elástica, plástica e deformação térmica. A linhagem elástica foi modelada usando a lei isotrópica de Hooke, com módulo de Young dependente da temperatura e razão de Poisson. A tensão de plasticidade foi modelada utilizando o modelo perfeitamente plástico, dependente da temperatura, ou seja, o efeito do endurecimento do trabalho foi negligenciado. A tensão térmica é calculada usando o coeficiente de expansão térmica dependente da temperatura.

RESULTADOS FINAIS

Os primeiros resultados são provenientes da análise térmica dos processos de soldagem estudados. A temperatura máxima foi de 1500 °C, considerando a temperatura de fusão do material. Comparando o processo autógeno e a soldagem com adição de material, percebe-se que a profundidade da zona de fusão no processo autógeno é maior, pois possui menos material a ser aquecido e fundido, como pode ser visto na Figura 2.

A técnica “birth and dead” foi utilizada nas análises térmica e estrutural. Na análise térmica, foi utilizada uma técnica para ativar os elementos mortos previamente na fonte de calor gaussiana, porque não é possível aplicar calor aos elementos devido sua condutividade térmica quase nula. Isso faz com que a temperatura aumente para valores extremos, desviando a solução do problema.

Figura 2 – Zona de fusão e isothermas (a) processo autógeno, (b) com deposição de material.



Fonte: Autoria própria (2018)

Os resultados estruturais obtidos foram o encolhimento, distorções e tensões residuais para o processo autógeno e o processo com adição de material.

Estresses residuais são tensões elásticas que permanecem em um corpo sem a existência de cargas externas ou gradients de temperatura. Todo sistema em situação de tensão residual está em equilíbrio e a soma das forças resultantes é nula. Para resolver a

análise estrutural, foi necessário primeiramente a solução térmica, que servirá como condição de contorno juntamente com a expansão do material.

Os primeiros resultados analisados foram os estresses transversais. Estas são tensões perpendiculares à direção de soldagem, que neste trabalho é a direção x . Comparando os dois casos, é possível verificar que a presença do cordão de solda aumenta o valor das tensões transversais de tração próximas a ele. Além disso, tensões de tração ocorrem na região central da placa, com valores maiores próximos às extremidades. Já as tensões de compressão ocorrem nas extremidades da placa tanto para o processo autógeno quanto para o processo com deposição de material.

As tensões longitudinais de tração ocorrem na região do cordão de solda e região próximas a ele, chegando a quase duas vezes e meia a largura do cordão. Após essa região, a transição entre tensões de tração e tensões de compressão começa, e a tensão de compressão começa a atingir o final da chapa.

Comparando o processo autógeno com o processo com deposição de material, o segundo apresenta valores de tensões longitudinais maiores na transição do cordão de solda com a placa, principalmente nas extremidades longitudinais da placa. Além disso, na região central do cordão de solda, isto é, para $x = 0$, os dois não diferem significativamente, apenas para regiões mais distantes do cordão (região de tensões de compressão).

REFERÊNCIAS

- DENG, Dean; MURAKAWA, Hidekazu. Prediction of welding distortion and residual stress in a thin plate butt-welded joint. *Computational Materials Science*, v. 43, 2008.
- MIETTINEN, Jyrki. Calculation of solidification-related thermophysical properties for steels. *Metallurgical and Materials Transactions B*, v. 28, 1997.
- TSIRKAS, S. A. et al. Evaluation of distortions in laser welded shipbuilding parts using local-global finite element approach. *Science and Technology of Welding and Joining*, v. 8, 2003.