

# SIMULAÇÃO NUMÉRICA DA SOLDA POR ATRITO LINEAR EM ALUMÍNIO AERONÁUTICO (AA2024-T3)

Pedro Vieira Rota de Luna Saraiva<sup>1</sup>, Roberto Bortolussi<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Departamento de Engenharia Mecânica  
(pedrovrls@yahoo.com.br <sup>1</sup>; roberto@fei.edu.br <sup>2</sup>)

**Resumo:** As tensões residuais tem papel fundamental nos estudos estruturais, uma vez que quando tensões nocivas estão presentes, a vida do componente diminui drasticamente. No entanto, o modo de medição delas consiste, em geral, em ensaios destrutivos ou que podem ser feitos somente em pequena escala. As simulações numéricas, no entanto, tem capacidade de prever o comportamento dessas tensões por toda a peça. Este estudo, visa simular o processo de soldagem FSW com o intuito de obter as tensões residuais do componente

## 1. Introdução

A FSW (Friction Stir Welding), conhecida no português como solda por atrito linear, é um processo de soldagem que não leva o material ao seu ponto de fusão, ou seja, uma soldagem por estado sólido. O seu funcionamento é relativamente simples, e pode ser dividido conforme o que é mostrado na Figura 1.

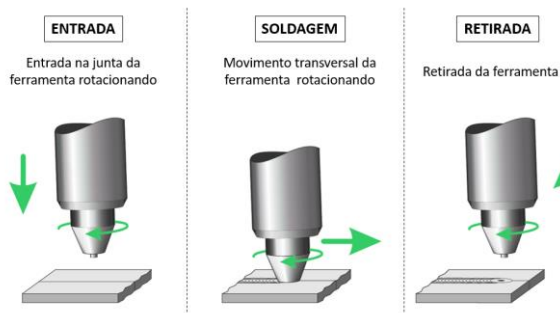


Figura 1 – Processo FSW. [1]

Este método de soldagem possui diversas aplicações e já foi utilizado nas indústrias aeronáutica, automobilística, naval, ferroviária, entre outras. Entretanto, por se tratar de um processo relativamente novo, 1991, seu custo ainda é elevado, inviabilizando sua aplicação em mais casos.

O processo de FSW possui tensões residuais menores quando comparadas à processos tradicionais de solda, como MIG/MAG ou TIG. Isso se deve ao gradiente de temperaturas ser muito inferior, por se tratar de uma solda por estado sólido.

Com o advento de estruturas cada vez mais otimizadas, cresce a necessidade de conhecimento de todas as variáveis envolvidas nos processos mecânicos. Daí surge a necessidade de se estudar as tensões residuais, que, caso não sejam bem aplicadas, podem diminuir a vida útil do componente. No entanto, para quantificá-las, geralmente, são feitos ensaios destrutivos ou então que podem ser realizados apenas em corpos de prova. O método dos elementos finitos vem então cobrir esse espaço, conseguindo simular as tensões residuais

por toda a peça, atingindo níveis de correlação bons quando comparadas com o modelo real.

No entanto, a representação dos fenômenos que acontecem na FSW no ambiente virtual não é nada simples, a seguir, são mostradas os principais pontos que dificultam esse processo:

- Altas taxas de deformações e distorções;
- Propriedades mecânicas do material são função da temperatura;
- Fenômenos não lineares como contato e fricção, por exemplo;
- Interação fluido estrutura;
- Entre outras dificuldades que podem ser citadas.

## 2. Metodologia

Para o modelamento do fenômeno está sendo utilizada uma metodologia apresentada em [2] aplicada junto ao software ABAQUS V6.14 com um modelo CEL (coupled eulerian lagrangian), em que um dos corpos tem seu modelo simulado de acordo com as equações de Euler (como fluido) e o outro com as equações de Lagrange (como sólido). A fim de se começar uma simulação, o modelo deve ter ao menos as partes, materiais, 'Steps', condições de contorno e malhas designadas.

O material das chapas que estão sendo soldadas é a liga de alumínio AA2024-T3 e para que a simulação fosse o mais próximo possível da realidade, todas as propriedades foram submetidas no programa dependentes da temperatura. As propriedades necessárias são: condutividade, densidade, módulo de Young e Poisson, coeficiente de expansão e calor específico. Além disso para que as grandes taxas de deformação do processo fossem consideradas, foi utilizado o modelo material de Jonson-Cook. Já a ferramenta é feita de aço H13, mas neste modelo a ferramenta foi considerada como um corpo rígido, não necessitando a designação de propriedades do material.

Para o modelo, tem-se na Figura 2 a representação dos corpos e as condições de contorno físicas (representadas com setas vermelhas). As condições de contorno térmicas utilizadas foram convecção para as laterais e a superfície superior e condução para a superfície inferior.

Os 'Steps' modelados são os dois iniciais da soldagem, divididos com movimentos da ferramenta da seguinte maneira:

1. O movimento de rotação se inicia;
2. A ferramenta desce de encontro às chapas;
3. Ocorre o movimento de avanço transversal até o fim do cordão.

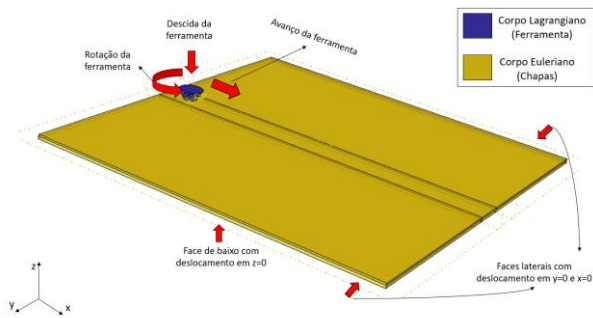


Figura 2 – Condições de contorno físicas.

Após a colocação de todos os parâmetros supracitados, o modelo deve ser iniciado. Após os cálculos, quando ele é concluído, para que se obtenham as tensões residuais, é necessário apenas que após o resfriamento das chapas sejam discriminadas as tensões remanescentes nelas.

A fim de observar a qualidade e validade do modelo realizado, o trabalho “Estudo das tensões residuais na solda por atrito linear (FSW) da liga de alumínio 2024-T3” [3] será utilizado como dado comparativo

### 3. Referências bibliográficas

- [1] M. Hossfeld and E. Roos. A new approach to modelling friction stir welding using the cel method. **Advanced Manufacturing Engineering and Technologies NEWTECH 2013** Stockholm, Sweden, pages 179–190, 2013
- [2] JAIN, Rahul; PAL, Surjya K.; SINGH, Shiv B.. Numerical modeling methodologies for friction stir welding process. **Computational Methods And Production Engineering**, [s.l.], p.125-169, 2017. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-85709-481-0.00005-7>.
- [3] SARAIVA, Pedro. Estudo das tensões residuais na solda por atrito linear (fsw) da liga de alumínio 2024-t3, **Simpósio de Iniciação Científica, Didática e de Ações Sociais de Extensão da FEI VI SICFEI**; [São Bernardo do Campo], 2018

<sup>1</sup> Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 06/17 a 10/18.