

## 12º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2021

### **Análise das propriedades mecânicas e tenacidade à fratura de ligas de Alumínio de grau aeronáutico dissimilares soldadas por fricção e mistura (FSW)**

SANTOS, ALISSON HERCULANO<sup>1</sup>. SANTOS, CARLA ISABEL<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bolsista PIBIFSP, campus Itaquaquecetuba, santos.herculano@aluno.ifsp.edu.br.

<sup>2</sup> Professora Dra. Ensino Básico Técnico e Tecnológico do IFSP ITQ, orientadora, Campus Itaquaquecetuba, Carla.isabel@ifsp.edu.br

Área do Conhecimento (Tabela do CNPq): 3 . 0 3 . 0 4 . 0 3 - 2

**RESUMO:** O desenvolvimento de pesquisas abordando materiais e processos para produção de aeronaves leves e de conceito verde, tem tido significativa relevância quanto à redução do consumo de combustível com resultados para os fabricantes, operadores e população. A união de elementos estruturais aeronáuticos formados de materiais dissimilares é de grande interesse para a indústria aeronáutica, pois possibilita a junção de partes estruturais com materiais diferentes, elimina os concentradores de tensão provenientes da rebitagem, reduz o número de partes em um conjunto. A análise das propriedades químicas, físicas, mecânicas e de fadiga desses materiais se dá em todos os componentes de aeronaves e no que se diz respeito à tenacidade sua importância está vinculada à capacidade de absorver energia antes de deformar ou resultar em uma falha catastrófica. Para tanto esse projeto visa correlacionar as propriedades de tenacidade à fratura das ligas de alumínio AA2050-T84 e AA7050-T7451 como metais base e também unidas pelo processo de soldagem por fricção e mistura (*Friction Stir Welding*). Serão correlacionados os resultados de tenacidade em atmosfera ambiente e em baixa temperatura (-60°C) dos ensaios de tração, tenacidade à fratura (CTOD) e dureza vickers (HV).

**PALAVRAS-CHAVE:** Ligas de alumínio aeronáuticas; CTOD; FSW; propriedades mecânicas.

#### **1. INTRODUÇÃO**

O Alumínio é um metal não-ferroso que possui excelentes propriedades (condutividade térmica, elétrica e resistente a corrosão), porém, quando não adicionado elementos de liga ele possui baixa resistência mecânica, ou seja, menos tenaz a fraturas. Na indústria aeronáutica as ligas de alumínio são utilizadas a fim de reduzir o peso estrutural

dos aviões, pois o alumínio é um metal leve. Contudo é preciso que ele apresente bom comportamento mecânico de tenacidade (SACCON, 2011).

Segundo Sousa (2010) a Soldagem por fricção e mistura (FSW) é uma técnica de união de materiais metálicos sem adição de outro metal. Consiste na penetração de um pino rotativo nas peças a serem unidas, gerando calor, reduzindo a resistência e tornando-os maleáveis, possibilitando assim a união.

Considerando uma temperatura de trabalho ideal, a aplicação da soldagem por FSW em ligas de alumínio resulta numa recombinação microestrutural devido à movimentação da ferramenta e o aquecimento gerado sobre o material. Esses fatores promovem o surgimento de precipitados (principais responsáveis pelo aumento da resistência do material) (GUPTA, 2010)..

Por fim, essa pesquisa tem como objetivo analisar, comparar e correlacionar as propriedades mecânicas das ligas de alumínio soldadas por fricção e mistura, sobretudo a cerca de fatores microestruturais e de resistência a tenacidade à fratura CTOD em temperaturas específicas. Sobre estes objetivos espera-se fornecer informações à comunidade científica a fim de auxiliar em pesquisas futuras e no desenvolvimento de projetos no ramo aeronáutico (ANDERSON, 2005).

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM

Foram soldadas juntas de topo dissimilares com alumínio-lítio 2050-T84 (posicionada no avanço) e liga de alumínio 7050-T7451 (posicionada no retrocesso) e, juntas de topo similares com a liga 2198-T851 (dimensões: 300x90x2 mm).

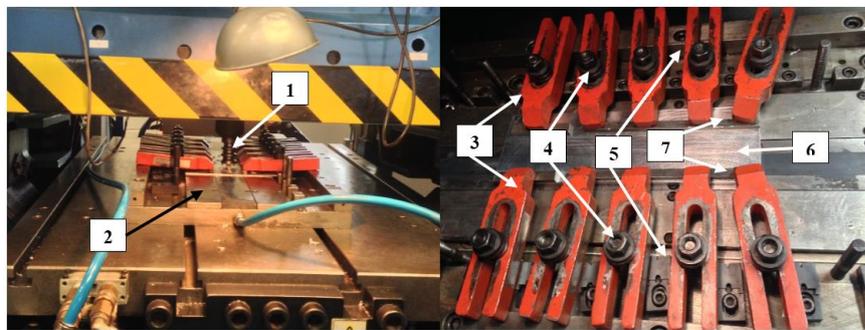
Liga metálica é a combinação e/ou mistura de dois ou mais elementos químicos em seu estado líquido com a finalidade de obter diferentes propriedades mecânicas para o material que será adicionado tal liga. As ligas de alumínio de grau aeronáutico têm suas composições químicas comuns, sendo diferenciadas pela concentração, onde um exemplo é apresentado a seguir:

- **Liga 2050-T84 (AMS 4413)** – Al (Alumínio), Cu (Cobre), Lí (Lítio), Mn (Manganês) e Ag (Prata);
- **Liga 7050-T7451 (AMS 4341)** – Al (Alumínio), Cu (Cobre), Mg (Magnésio) e Zr (Zircônio);

- **Liga 2198-T851 (AMS 4412)** – Al (Alumínio), Cu (Cobre), Li (Lítio) e Mg (Magnésio).

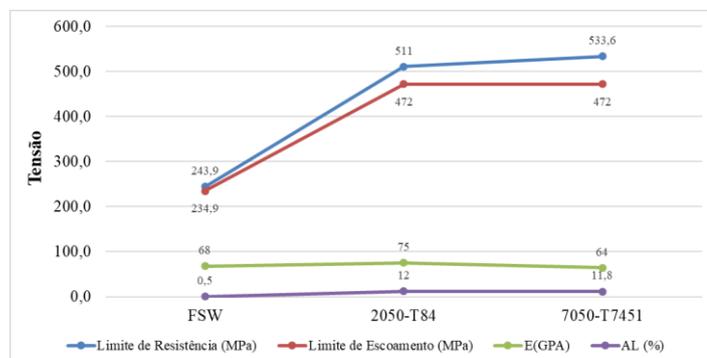
As Ligas citadas acima também são compostas de outros elementos químicos, mas com uma baixa concentração.

As chapas de alumínio foram postas sobre uma base de cerâmica e fixadas para impedir movimentos da junta de topo, pois esse processo de soldagem envolve altos níveis de aplicação de força (Figura 1).



**FIGURA 1.** Preparo da junta de topo a ser soldada. (1) Ferramenta. (2) Base do dispositivo. (3) Grapas. (4) Parafusos de ajuste e fixação lateral da junta. (5) Apoios de fixação das grapas. (6) Junta de topo. (7) Apoio de alinhamento.

Abaixo é apresentado um gráfico contendo as propriedades mecânicas das ligas de alumínio após serem submetidas à soldagem por fricção e mistura (FIGURA 2)

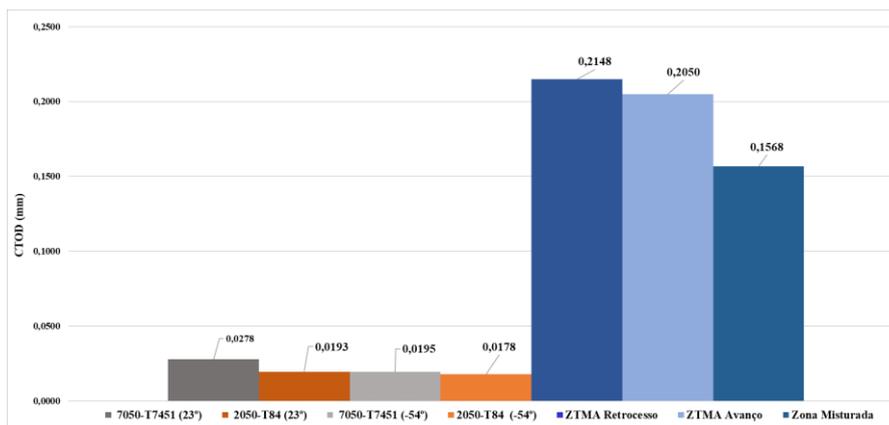


**FIGURA 2.** Propriedades mecânicas dos metais base e da junta dissimilar soldadas por FSW.

Após o processo de soldagem foram retiradas amostras das juntas similares e dissimilares e foram submetidas a ensaios de dureza, tração, tenacidade à fratura, análises do ciclo térmico, da microestrutura, das propriedades mecânicas, do comportamento em fadiga e corrosão fadiga das juntas, mas, devido à espessura a tenacidade à fratura foi avaliada apenas na junta dissimilar e nos seus respectivos metais base.

## 2.2 CONCLUSÕES SOBRE A JUNTA DISSIMILAR. - TENACIDADE À FRATURA

Verificou-se que a tenacidade à fratura nos metais base, ensaiados em temperatura ambiente e criogênicas, 23°C e -60°C respectivamente, aumentou 11 vezes na junta soldada (comparação entre a ZTMA do lado de retrocesso com metal base 7050-T7451 e ZTMA do lado de avanço com 2050-T84) – (FIGURA 3).



**FIGURA 3.** Gráfico para comparação da tenacidade à fratura nos metais base e nas regiões da junta soldada.

Tratando-se dos ensaios de fadiga e corrosão nos metais bases e na junta dissimilar no lado de retrocesso e avanço, as curvas apontaram que o metal base de liga 2050-T84 mostrou-se mais resistente a propagação de trincas quando comparado com a liga 7050-T7451.

## REFERÊNCIAS

ANDERSON, T.L. (2005). **Fracture mechanics: fundamentals and applications**. 3 ed. Boca Raton: CRC Press.

GUPTA, R et. al. (2013). **Friction Stir Welding: A Review**. Journal of Engineering, Computers & Applied Sciences. Volume 2. N°7. ISSN N° 2319-5606, Haryana.

SOUZA, G. S. (2010). **Influência da geometria da ferramenta na soldagem da liga de alumínio 5052 pelo processo Friction Stir Welding**. 142 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2010.

SACCON, V. T. (2011). **Investigação microestrutural e estudo das propriedades mecânicas da liga de alumínio AA2139 T3 e T8 soldadas por friction stir welding – FSW**. 113 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos, 2011.