

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FADIGA DE LAMINADOS GLARE

Diego Arthur da Silva¹, Edson Cocchieri Botelho¹, Luiz Cláudio Pardini², Mirabel Cerqueira Rezende², 1 – Inter-áreas - Engenharia de Materiais - Departamento de Materiais – Faculdade de Engenharia – Campus de Guaratinguetá; 2- Divisão de Materiais, Instituto de Aeronáutica e Espaço – CTA - São José dos Campos- SP

Atualmente, a diversidade de materiais disponíveis para uso em engenharia é extraordinariamente grande, atendendo às mais diversas aplicações do mercado. Dentro desse contexto, os compósitos poliméricos apresentam-se como um caso de reconhecido interesse em materiais de engenharia não convencionais [Offringa, A.R., 1996; Egerton, M. W., Gruber, M. B., 1988].

A grande aceitação desses materiais em aplicações aeroespaciais se deve à capacidade dos compósitos satisfazerem os requisitos de resistência mecânica e rigidez para componentes de grande responsabilidade estrutural com peso inferior às estruturas equivalentes em metal, o que vai de encontro a uma série de exigências crescentes às quais as aeronaves têm sido submetidas como, por exemplo: aumento da relação empuxo/peso, aumento da carga a ser transportada, entre outras. Hoje, várias aeronaves americanas, civis e militares (como o F-15, o F-16 e o B-2), assim como aeronaves produzidas pela EMBRAER utilizam compósitos como componentes estruturais [Hull, D., 1987; Kirk, G. E., 1988].

Os chamados compósitos híbridos metal-fibra (CHMF) constituem em um novo segmento de compósitos que se enquadram na classe dos compósitos avançados. Estes se caracterizam por apresentarem leveza, elevada resistência mecânica e baixa absorção de umidade. Hoje, o domínio da tecnologia de obtenção dos CHMF encontra-se concentrado na Universidade de Delft na Holanda, onde vem sendo inovada e aprimorada constantemente, e comercializada por empresas do setor aeroespacial. Os CHMFs atualmente mais utilizados consistem de uma estrutura híbrida onde são dispostas camadas alternadas de 0,2 a 0,5 mm de um compósito polimérico (fibra/epóxi) e de alumínio (Figura 1). O compósito polimérico pode ser posicionado simetricamente sobre a placa de alumínio ou variando-se a orientação dos laminados em $\pm 45^\circ$.

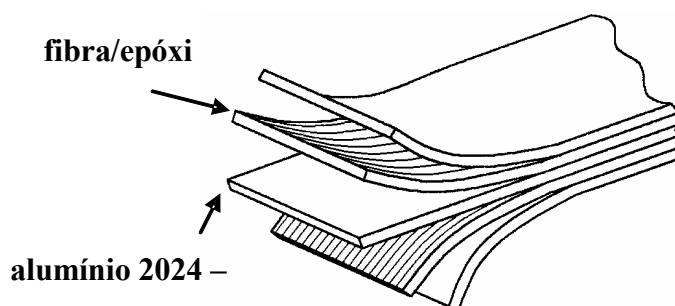


Figura 1. Esquema da configuração de um CHMF.

O GLARE (Glass Aluminum Reinforced), material estudado neste trabalho, consiste em finas camadas de liga de alumínio 2024-T3 e compósito polimérico de fibra de vidro (S2-glass) que se intercalam como apresentado na Figura 1. Este material é então submetido a um ciclo de cura, utilizando-se uma autoclave com uma pressão máxima de 0,6 MPa e temperatura de cura de 121 °C.

Este laminado híbrido possui algumas vantagens tais como: boa resistência mecânica, elevada resistência a chamas (dez vezes maior quando comparado ao alumínio 2024-T3), leveza, etc.

Dentro deste conceito, o GLARE foi desenvolvido para aplicações em fuselagem. Sua elevada resistência à fadiga e sua tolerância ao dano, combinados com seu baixo peso específico, torna este material especialmente recomendável para esta parte da estrutura primária de uma aeronave [Liu, K., Piggott, M. R., 1995].

Devido aos excelentes resultados obtidos com a utilização do CHMF em estruturas aeronáuticas, a Bombardier, a NASA e a Força Aérea Americana também vêm inovando a construção de aeronaves pelo uso desse material. Mais recentemente, a Empresa Brasileira de Aeronáutica

(EMBRAER) se mostrou interessada pelo domínio da aplicação de CHMF em suas aeronaves. A importância da utilização desses materiais pela EMBRAER deve-se, além do decréscimo de peso e do aumento de desempenho das aeronaves, manter, indiretamente, o poder de negociação internacional e, conseqüentemente, o mercado de vendas de suas aeronaves. A utilização de novos materiais mais seguros e leves é um indicador de envolvimento da empresa com novas tecnologias e este fator também contribui no domínio do mercado de negociação. Diante deste fato, o presente trabalho teve por objetivo, caracterizar esse compósito híbrido nacionalizado por meio de ensaios de resistência à fadiga. Comparou-se, ainda, o desempenho do GLARE processado com dois diferentes tratamentos superficiais: anodização crômica e sulfo-bórica. A primeira vem sendo criticada devido a originar resíduos que prejudicam o meio ambiente, enquanto que a anodização sulfo-bórica consiste em um tratamento mais brando, com um forte apelo ecológico.

Neste trabalho, os corpos-de-prova de GLARE foram confeccionados de acordo com a norma ASTM E 466 – 96. Durante o processamento, as ligas de alumínio 2024-T3 foram submetidas aos dois tipos de tratamentos anteriormente citados nos laboratórios da EMBRAER. Após estes tratamentos, o Glare foi laminado utilizando o compósito de fibra de vidro e o alumínio tratado. Ensaios de resistência à tração foram realizados para o Glare obtido com ambos os tratamentos de acordo com a norma ASTM-3039, objetivando determinar a carga de ruptura destes materiais e, com isso, selecionar as cargas a serem utilizadas nos ensaios de resistência à fadiga. Esses ensaios foram realizados em uma Máquina Instron modelo 8801 (ensaios de tração e fadiga), disponível no laboratório de fadiga da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá - UNESP.

A Figura 1 apresenta a fotomicrografia do Glare estudado no presente trabalho. Como pode ser observado, as camadas de alumínio 2024-T3 e fibras de vidro apresentaram uma boa interface, podendo ser observado uma boa homogeneidade da resina no interior do compósito, não apresentando vazios ou defeitos que poderiam interferir nos resultados obtidos a partir dos ensaios mecânicos.

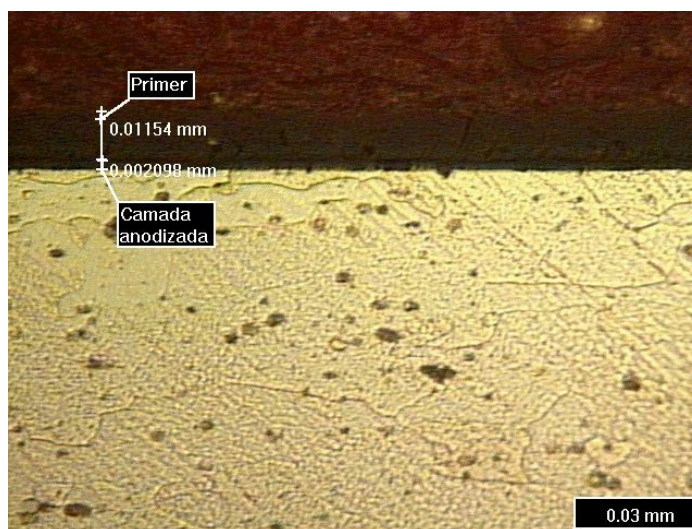


Figura 1. Microscopia do GLARE estudado.

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos a partir dos ensaios de resistência à tração para o GLARE tratado com anodização crômica (CAA) e sulfo-bórica (SBO). Como pode ser observado, ambos os tratamentos resultaram em laminados com propriedades mecânicas próximas, apresentando uma variação de apenas 1%. A partir destes resultados foi possível a obtenção dos gráficos de fadiga, conforme é apresentado na Figura 2. Analisando as curvas de resistência à fadiga da Figura 2, pode ser observado que o GLARE, obtido a partir do tratamento de anodização crômica, apresentou valores próximos ao obtido com anodização sulfo-bórica, concordando com os resultados obtidos via ensaios de resistência à tração. Este fato, associado aos efeitos nocivos ao ambiente provocado pelo tratamento por anodização crômica, permite a substituição do tratamento CAA pelo SBO, junto ao setor industrial.

Tabela 1. Resultado de resistência à tração para o CARALL.

tratamento	σ_{ult} (MPa)	E (GPa)
CAA	670 ± 39	$58,6 \pm 2$
SBO	690 ± 37	$59,2 \pm 2$

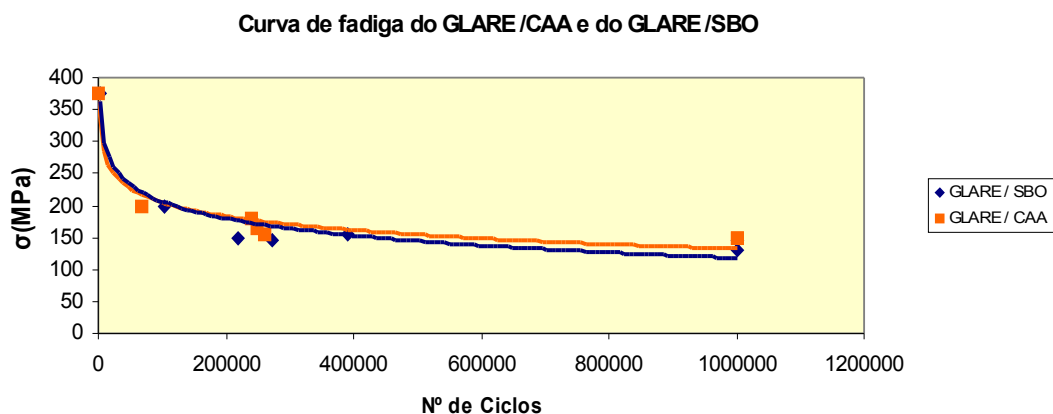


Figura 2 – Gráfico das curvas de Fadiga do GLARE 3/2 - CAA e do GLARE 3/2 – SBO.

Agradecimentos:

Os autores gostariam de agradecer à FAPESP pelo auxílio financeiro.

Referências Bibliográficas

EGERTON, M. W., GRUBER, M. B. Thermoplastic Filament Winding Demonstrating Economics and Properties Via In-Situ Consolidation, *33rd International SAMPE Symposium*, pp. 35-46, march/1988.

Hull, D. **An Introduction to Composite Materials**, Cambridge University Press; 3^a edição, p. 246, 1987.

KIRK, G. E. The Composite Aeroengineer, Reinforced Composites, 3th - *International Conference*, Universidade de Liverpool, Inglaterra, p. 1-2, 1988.

LIU, K., PIGGOTT, M. R. Shear strength of polymers and fibre composites: 1. Thermoplastic and thermoset polymers, *Composites*, 26, pp. 829-840, 1995.

OFFRINGA, A. R. Thermoplastic Composites – rapid processing applications, Industrial Reporting, *Composites: Part A*, 27A, pp. 329-336, 1996.