

AValiação DA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO IOSIPESCU DE COMPÓSITOS DE FIBRAS DE VIDRO/PEI - Bruno Ribeiro¹, Luiz

Cláudio Pardini², Michelle Leali Costa², Edson Cocchieri Botelho¹, 1 - Inter-áreas – Engenharia de Materiais – Departamento de Materiais e Tecnologia – Faculdade de Engenharia – Campus de Guaratinguetá; 2 – Divisão de Materiais, Instituto de Aeronáutica e Espaço – CTA –São José dos Campos- SP

Após décadas de uso restrito em alguns setores da indústria, como na área de mísseis, foguetes e aeronaves de geometrias complexas, os compósitos poliméricos estruturais, também denominados avançados, têm como um de seus principais objetivos aliar baixa massa específica com alto desempenho mecânico. Essa união de propriedades vem dando a esses materiais, um grande destaque como substitutos de ligas metálicas utilizadas nas indústrias aeroespacial e automobilística. Na indústria aeronáutica, podem ser citadas aplicações em partes estruturais do Airbus A340-500/600 onde o PEI, reforçado com fibras de carbono, aparece em nervuras da asa e em portas do trem de pouso principal. Desde o ano passado, a EMBRAER têm utilizado esta tecnologia e vem estudando a possibilidade de ampliar a aplicação de tais compósitos em suas aeronaves. Atualmente, doze peças já vêm sendo produzidas em PEI (poli(éter-imida)) e PPS (poli(sulfeto de fenileno)) com fibras de vidro e carbono e utilizadas na fabricação de aeronaves por essa empresa. Esse aumento em sua utilização em diferentes setores da indústria moderna tem dado a esses materiais um crescimento de uso de 5 % ao ano [Botelho, E. C., 2000].

A grande maioria dos compósitos poliméricos utilizados atualmente é obtida a partir da impregnação do reforço com resinas termorrígidas. Esses compósitos termorrígidos apresentam problemas de tensões em virtude do processamento e da natureza quebradiça da resina, falta de resistência à erosão e, quando aquecidos, podem apresentar mudanças químicas e estruturais limitando a sua aplicação em algumas regiões de maior temperatura de serviço. Por este motivo, os polímeros termoplásticos reforçados com fibras contínuas vêm se mostrando como importantes substitutos quando comparados aos polímeros termorrígidos convencionais, pois estes apresentam algumas vantagens, tais como: maiores valores de rigidez e resistência ao impacto, temperatura de serviço mais elevada e grande versatilidade de produção em série [Botelho, E. C., 2002; Rezende, M. C., 2002].

Compósitos termoplásticos não endurecem permanentemente e podem ser re-aquecidos e conformados várias vezes, apresentam maiores valores de resistência ao impacto, baixa absorção de umidade, menor custo de transporte e estocagem, temperatura de serviço mais elevada, grande versatilidade de produção em série, maior facilidade na execução de reparos e, principalmente, maior possibilidade de reciclagem de rejeitos contribuindo para eliminar ou minimizar o impacto ambiental, exibindo propriedades mecânicas iguais ou superiores às apresentadas pelos compósitos termorrígidos [Botelho, E. C., 2002; Wiebeck, H., 2005].

Baseado no que foi anteriormente apresentado, o objetivo deste trabalho é avaliar a resistência ao cisalhamento Iosipescu de compósitos de fibras de vidro/PEI, dando subsídios para a utilização deste material em aplicações estruturais de aeronaves.

Os compósitos de fibras de vidro/PEI foram fornecidos pela empresa holandesa TenCate e submetidos, como recebido, a avaliação por microscopia óptica, sendo utilizado para esta finalidade um Microscópio Óptico NIKON, modelo EPIHOT 200, no Laboratório de imagens (LAIMAT) da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – Unesp.

O teor de fibra e matriz dos compósitos foram determinados por intermédio de duas técnicas: digestão ácida, padronizada pela norma ASTM D3171 e análise termogravimétrica. As análises por digestão ácida foram realizadas em um digestor da marca Marconi, existente no Laboratório de Compósitos da FEG/Unesp. As análises por termogravimetria foram realizadas em um equipamento da Perkin Elmer, modelo TGA 07, utilizando um fluxo constante de nitrogênio (20mL/min) e razão de aquecimento de 10°C/min.

Os ensaios de cisalhamento Iosipescu foram realizados no Departamento de Materiais e Tecnologia da FEG/Unesp de acordo com a norma ASTM D 5379/D, utilizando um dispositivo apropriado (Figura 1). Para este ensaio, o corpo-de-prova consistiu de uma placa retangular de 2,3 mm de espessura, 80 mm de comprimento e 20 mm de largura.

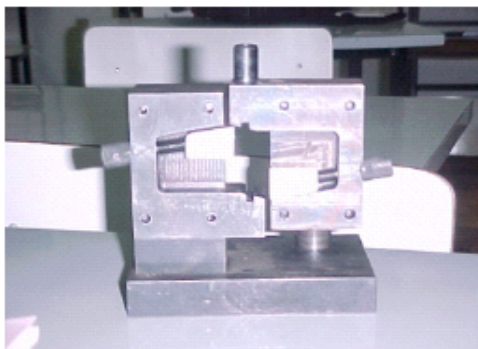


Figura 1 - Dispositivo de Ensaio de Cisalhamento Iosipescu.

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos quanto ao teor de fibra/matriz do compósito em estudo. Como pode ser observado, a técnica de TGA apresentou maiores valores do teor de fibras quando comparada à técnica de digestão ácida. Este fato se deve devido à dificuldade na transferência do reforço para o vidro relógio, onde foi determinada sua massa. Devido a este fato, foi observado, no presente trabalho, que a técnica de TGA é mais confiável quando se deseja obter uma relação massa/massa ou volume/volume entre o reforço e a matriz de um compósito.

Tabela 1. Comparação entre os teores de fibras de vidro dos compósitos obtidos por TGA e digestão ácida.

Análise	Valor médio (%)	Desvio padrão (%)
TGA	56,7	1,2
Digestão ácida	48,0	4,0

O compósito em estudo, quando submetido a ensaios de cisalhamento Iosipescu, apresentou uma deformação plástica antes de falhar, devido a natureza viscoelástica da matriz polimérica. Tal comportamento foi evidenciado nas curvas de tensão de cisalhamento em função da deflexão, onde foi observado um crescimento monotônico da tensão com desvio da região elástica. Na tensão máxima não houve uma redução abrupta dos valores de tensão como esperado para tal ensaio, decaindo suavemente até o cisalhamento total. Com isso, o valor médio da resistência ao cisalhamento Iosipescu encontrado para todos os corpos-de-prova foi de $87,98 \pm 5,52$ MPa (Tabela 2), sendo este valor próximo aos encontrados para os compósitos termorrígidos convencionalmente utilizados em aplicações aeroespaciais, tais como a fibra de carbono/epóxi com um valor de 93,2 MPa e a fibra de vidro/epóxi, com um valor de 88,3 MPa, segundo a literatura [Botelho, E. C., Rezende, M. C., 2000].

Tabela 2. corpos-de-prova, carga máxima de ruptura e tensão máxima de cisalhamento para o ensaio Iosipescu.

CDPs	Área (mm ²)	Carga máxima (Kgf)	Tensão máxima (MPa)
1	42,2	364	84,53
2	42,2	390	90,57
3	42,2	377	87,14
4	42,2	386	89,64

Com base nos resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que o compósito de PEI/fibra de vidro possui boa interface entre a matriz e o reforço, não apresentando nenhum tipo de delaminação ou trinca e, devido à natureza viscoelástica da matriz termoplástica, os corpos-de-prova analisados apresentaram uma fratura dúctil. O valor da tensão de cisalhamento Iosipescu máxima encontrada para os compósitos de PEI/fibra de vidro, foi de aproximadamente 88 MPa, sendo este um valor próximo ao das matrizes termorrígidas, convencionalmente utilizadas na indústria aeroespacial.

Agradecimentos:

Os autores gostariam de agradecer ao CNPq/PIBIC/CTA e à FAPESP pelo auxílio financeiro.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BOTELHO, E. C.; REZENDE, M. C. O Uso de Compósitos Estruturais na Indústria Aeroespacial. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol 10, nº 2, 2000.

BOTELHO, E. C. **Compósitos aeronáuticos processados a partir de fibras de carbono impregnadas com poliamida 6/6 via processo de polimerização interfacial**. Tese de doutorado, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2002.

REZENDE, M. C.; BOTELHO, E. C. Caracterização Mecânica de Compósitos de Poliamida/Fibra de Carbono Via Ensaios de Cisalhamento Interlaminar e de Mecânica da Fratura. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol. 12, nº 3, p. 153-163, 2002.

WIEBECK, H.; HARADA, J. **Plásticos de Engenharia, Tecnologia e aplicações**; p.149-154; São Paulo: Artliber Editora, 2005.