

Caracterização de Tubos Compósitos por Microscopia Digital

Aluno: José Frederico Fonseca Assis de Almeida

Orientador: Sidnei Paciornik

Introdução

Compósitos são materiais produzidos a partir de dois ou mais materiais de classes diferentes (p.ex. metal/cerâmica, cerâmico/polímero), combinando propriedades a fim de obter um novo material de qualidade superior. Normalmente utiliza-se uma fase de reforço que confere resistência mecânica, e uma matriz que encapsula o reforço, fornecendo flexibilidade e a forma final do material. A performance destes materiais depende fortemente de sua microestrutura (fração de cada fase, distribuição de tamanho, forma e espacial da fase de reforço, defeitos, etc.).

No presente trabalho desenvolveu-se métodos de caracterização da microestrutura de um compósito de matriz polimérica reforçado por fibras de vidro. Este material foi fabricado pela técnica de enrolamento filamentar, na qual diversas camadas de fibras banhadas em resina são enroladas em torno de um mandril para gerar uma peça com simetria cilíndrica. Estas peças são utilizadas como tubulações em diferentes setores industriais, com vantagens relativas aos tubos metálicos tradicionais.

Durante o processo de fabricação, é comum surgirem defeitos, denominados vazios, onde a resina não ocupa adequadamente o espaço entre fibras, ou devido a problemas durante a cura do polímero (p.ex. bolhas de ar). Estes vazios têm impacto sobre as propriedades mecânicas do material e deve, portanto, ser caracterizados para permitir uma avaliação da performance da peça em serviço.

Objetivos

Caracterizar a distribuição de vazios em amostras de compósito produzido por enrolamento filamentar.

Desenvolver métodos de microscopia digital envolvendo captura automática e análise digital de imagens [1].

Metodologia

Amostras de seções de um tubo fabricado por enrolamento filamentar foram preparadas para observação em microscopia óptica.

As imagens foram obtidas com uma câmera digital AxioCam HR, com resolução 1300 x 1030 pixels, acoplada a um microscópio óptico digital Axioplan 2, motorizado e controlado por software. Com este sistema é possível capturar seqüências de campos da amostra com controle automático de foco.

A técnica tradicional de microscopia implica em capturar imagens de diferentes campos de um espécime, levando a uma amostragem limitada. No caso do compósito analisado, esta técnica não é adequada devido à grande variação microestrutural presente na amostra, conseqüência do processo de fabricação. Por esta razão, utilizou-se os recursos de microscopia digital para obter imagens de mosaico, cobrindo toda a superfície da amostra.

Os mosaicos são formados pela concatenação de imagens obtidas com baixa magnificação (lente objetiva de 5x). Nestas condições, a resolução espacial é de $2.10 \mu\text{m}/\text{pixel}$ e cada campo ocupa uma área de $2750 \times 2180 \mu\text{m}^2$. Cada mosaico engloba 44 campos, sendo 4 na direção x e 11 na direção y.

As imagens finais foram processadas através do software AxioVision 4.5. Ao longo do processo foram testados diversos parâmetros visando a correta discriminação dos vazios de interesse [2]. Após esta etapa foram realizadas diversas medidas, como a fração de área ocupada pelos vazios e sua distribuição de tamanhos.

Resultados e Discussão

A Figura 1 mostra um dos mosaicos obtidos. Os vazios aparecem como regiões mais escuras. Nesta magnificação, as fibras aparecem como regiões cinzas sobre o fundo claro da matriz. Um dos problemas na discriminação dos vazios advém do processo de preparação da amostra, que gera fibras quebradas que aparecem como pequenos objetos com a mesma tonalidade dos vazios. Diversos critérios de tamanho mínimo foram testados visando eliminar esta contribuição espúria.



Figura 1 – Mosaico capturado

A fração de área de vazios medida ficou entre 1.9 e 2.2%, o que permite afirmar que o material analisado tem uma qualidade próxima da de compósitos para aplicações aeronáuticas.

Conclusões

A microscopia digital permitiu uma análise abrangente de um material com microestrutura complexa. A evolução desta análise deverá contemplar a determinação de parâmetros de distribuição de tamanho e espacial dos vazios, que claramente não é uniforme. Além disso, é necessário realizar a caracterização das fibras. Isto exigirá uma maior magnificação, fornecida por um microscópio eletrônico de varredura.

O procedimento utilizado nesta pesquisa pode ser implementado para análise não só de compósitos, mas também para diversos outros tipos de material.

Referências

- 1 - PACIORNIK, S.; MAURÍCIO, M. H. P. Digital Imaging. Digital Imaging. In: VOORT, George Vander (Org.). ASM Handbook, Volume 9, Metallography and Microstructures. Materials Park, 2004, v. 9, p. 368-402.
- 2 - GOMES, O. F. M. **Processamento e Análise de Imagens Aplicados à Caracterização Automática de Materiais**. Rio de Janeiro, 2001. 151p. Dissertação de Mestrado, Departamento de Ciência dos Materiais e Metalurgia, PUC-Rio.