

ESTUDO DA QUALIDADE DE IMPREGNAÇÃO DA RESINA EM COMPOSITOS DE FIBRA DE CARBONO NFC/RESINA EPÓXI CYCOM890

Priscilla Pereira Cunha¹; Tessie Gouvea da Cruz²; Carlos Eduardo Monteiro Rodrigues³; Maria Odila Hilario Cioffi⁴

1. Aluna de Iniciação Científica - Bolsista PROIC/2013, Discente do Curso de Engenharia de Materiais, IT/UFRRJ; 2. Professora do DEQ/IT/UFRRJ; 3. Engenheiro EMBRAER 4. Professora da FEG/UNESP

Palavras-chave: Análise de imagens, Caracterização, C-Scan.

Introdução

Os materiais compósitos têm sido utilizados nas mais diversas áreas da engenharia. Compósitos de fibra de carbono e resina epóxi são exemplos dessas aplicações, principalmente na indústria aeroespacial, em virtude de características que os tornam superiores em comparação com outros materiais convencionais. Em função dos mais diferentes requisitos tecnológicos exigidos no ramo industrial faz-se necessário a caracterização de diversos parâmetros relacionados a aplicação desses materiais, como por exemplo, a qualidade de impregnação de resina no processamento desses compósitos. A proposta desse trabalho é caracterizar o nível de impregnação da resina em laminados de fibra de carbono NFC/resina epóxi CYCOM890 processado via moldagem por transferência de resina (RTM). São propostas metodologias baseadas no processamento e análise de imagens associadas a análises estatísticas para a caracterização dos compósitos no que se diz respeito a qualidade de impregnação de regiões que foram submetidas a ensaios mecânicos de fadiga e flexão. O objetivo dessa caracterização é usar os resultados obtidos nas metodologias propostas neste estudo para acrescentar dados complementares ao estudo realizados nesses compósitos com base nos resultados obtidos em ensaios mecânicos.

Metodologia

O laminado processado via RTM foi cortado em seis (6) partes para posteriormente serem preparados corpos de provas de cada uma dessas peças. As regiões de corte foram inspecionadas por ensaio não destrutivo de equipamento ultrassom. Com base no mapa de cores, definido de acordo com o programa do aparelho de ultrassom, as regiões de corte (denominadas C1, C2, C3, C4, C5 e C6) do laminado foram caracterizadas de acordo com a qualidade da impregnação (definidas como: RUIM, REGULAR e BOM). As imagens de cada região de corte foram processadas com base em metodologias de processamento e análise de imagens e com resultado foram obtidos os percentuais de cada nível de cor correspondentes a qualidade de impregnação. Para a caracterização espacial da qualidade de impregnação, baseado no trabalho de CRUZ (2007), a região de corte foi dividida em 25 pequenas áreas (denominadas células). Para cada célula foi calculado o valor percentual do nível de impregnação classificado como regular e ruim. Os resultados numéricos foram arranjados espacialmente, com base na imagem, em uma matriz 5x5. Foi calculada a média percentual e atribuído valor 1 quando verificado valor igual ou maior que a média percentual e o valor 0 quando verificado valor menor, resultando numa matriz binária. De acordo com CRUZ (2007), utilizando essa matriz binária, foram calculados os parâmetros referentes a distribuição espacial. Foi calculada a razão anisotrópica (η), a frequência de ocorrência de vazios (ρ) e o índice de segregação de vazios (δ). Nesse tratamento estatístico quanto menor o índice de segregação, mais uniforme é a distribuição espacial.

Resultados e Discussão

As regiões de corte definidas para o laminado e a qualidade na impregnação com base no mapa de cores podem ser observadas nas Figuras 1. Numa análise qualitativa de todas as regiões de corte observa-se colorações em tons verdes (definidas como 'regular' em relação a qualidade da impregnação). As regiões denominadas C2 e C3 apresentaram menor qualidade na impregnação (isto é, maior presença de coloração em tons verdes). Os resultados quantitativos em relação ao percentual de níveis de impregnação de cada região de corte são apresentados na Tabela I. De acordo com a Tabela I as regiões de corte apresentaram

percentuais de níveis considerados como 'BOM' (tons azuis a preto) variando de 81,33% a 88,29%.

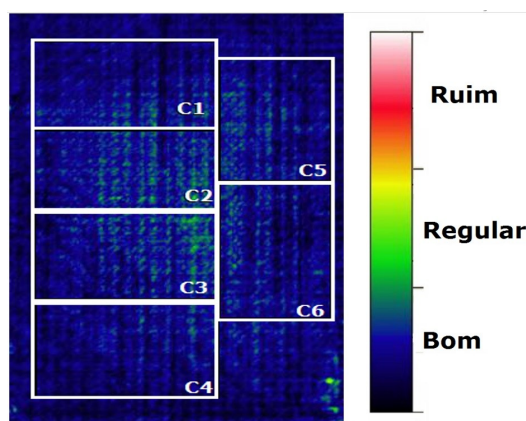


Figura 1 – Mapa de cores obtido na caracterização por C-scan do Laminado

Observa-se que, de acordo com a análise qualitativa, as regiões C2 e C3 aparentavam ser as regiões de corte com maior concentração com falhas na impregnação. De acordo com os resultados da caracterização percentual, as regiões C1, C2 e C5 apresentaram percentuais de qualidade menores que os da região C2 e C3. Isto atesta que a caracterização espacial das regiões com falha na impregnação deve ser realizada. Neste contexto, a Tabela I apresenta os parâmetros de caracterização espacial dos níveis de impregnação: razão anisotrópica, frequência de ocorrência de vazios e o índice de segregação.

Segundo o método proposto o parâmetro 'índice de segregação' deve-se aproximar do valor "1" (um) quando a distribuição espacial apresentar uma distribuição espacial homogênea.

Tabela I: Resultados obtidos com a aplicação da metodologia proposta.

<i>Regiões de Corte</i>	<i>Ruim (%)</i>	<i>Regular (%)</i>	<i>Bom (%)</i>	<i>Razão anisotrópica (η)</i>	<i>Frequência a Ocorrência de vazios (ρ)</i>	<i>Índice de segregação (δ)</i>
C1	7,83%	10,84%	81,33%	0,692	0,48	1,44
C2	7,67%	9,00%	83,33%	0,565	0,32	1,76
C3	5,48%	6,23%	88,29%	0,6	0,36	1,66
C4	6,09%	9,21%	84,70%	0,663	0,44	1,5
C5	7,66%	8,88%	83,46%	0,346	0,12	2,88
C6	6,31%	7,36%	86,33%	0,565	0,32	1,76

De acordo com a Tabelas I as regiões de corte C1, C2 e C5 apresentam os percentuais mais baixos de impregnação e valores de índice de segregação, respectivamente, de 1,44, 1,76 e 2,88. Nota-se que embora os valores percentuais de C2 e C5 sejam quase iguais a distribuição espacial é diferente com melhores resultados percentuais, C3, C6 e C4 apresentam valores parecidos de índice de segregação. Isto significa que a distribuição espacial dos níveis de impregnação embora não tão homogêneo com base nos resultados dos índices de segregação apresentam um mesmo comportamento. A quantidade pequena de falha nessas regiões pode ser explicadas com o estudo da metodologia usada na fabricação do laminado.

Conclusão

Utilizando processamento e análise de imagens foi possível a caracterização qualitativa e quantitativa do nível de impregnação da resina do laminado de fibra de carbono NFC/resina epóxi CYCOM890 processado via moldagem por transferência de resina (RTM). Dessa forma, a metodologia proposta mostrou-se viável e eficiente na caracterização das regiões de corte para a fabricação de corpos de prova.

Referências Bibliográficas

CRUZ, T.G – Tese De Doutorado Feg – UNESP - Monitoramento Por Microscopia Óptica E Processamento Digital De Imagens Do Processo De Conformação Cerâmica Por Consolidação Com Amidos Comerciais,2007.

RODRIGUES,C.E.M - Dissertação De Mestrado – Feg – UNESP – Estudo De Tolerância ao Dano No Compósito Processado Via RTM De Fibra De Carbono NFC/Resina Epóxi CYCOM 890, 2013.

Agradecimentos

Suporte financeiro CNPQ – Projeto Universal – 482002/2013-1.