

IDENTIFICAÇÃO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE DO MATERIAL COMPOSTO DE UM TREM DE POUSO DE UM AEROMODELO

Luciana C. C. D. Alves, Marcio dos S. Trombin, Jucélio T. Pereira, Marco A. Luersen

Departamento Acadêmico de Mecânica (DAMEC) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Av. Sete de Setembro, 3165 – Rebouças – Curitiba – PR – CEP: 80230-901

luciana.caminski@gmail.com, mtrombin@gmail.com, jucelio@utfpr.edu.br, luersen@utfpr.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por objetivo determinar o módulo de elasticidade das lâminas do material composto, feito de tecido de fibra de vidro bidirecional, utilizado no trem de pouso do aeromodelo da equipe da UTFPR para o concurso SAE Brasil Aerodesign 2007. Esta caracterização do material servirá para conhecer com maior acurácia as propriedades elásticas do trem de pouso e com isso melhor prever seu desempenho em serviço. O trem de pouso foi analisado numericamente via elementos finitos, sob carregamento estático para três casos de cargas diferentes, e medições de deformação com extensômetros foram realizadas em um protótipo. O módulo de elasticidade das lâminas na direção das fibras foi obtido alterando-o no modelo numérico de forma que os resultados de deformação no ponto correspondente às medições fossem coincidentes aos valores obtidos experimentalmente.

2. CARACTERÍSTICAS DO PROTÓTIPO

O protótipo do trem de pouso foi fabricado de lâminas de tecido de fibra de vidro bidirecional com gramatura 200g/cm² e resina epoxy, através da técnica de laminação manual, com molde e contra-molde. Foram utilizadas 30 lâminas com fibras orientadas em relação ao eixo x (ver Figura 1) a 12° e 102° nas lâminas ímpares, e a -12° e 78° nas lâminas pares. A porcentagem de fibras em volume (V_f) foi de aproximadamente 55% e a espessura média do laminado de 4 mm. O trem de pouso é bipartido, e a Figura 1 apresenta uma de suas partes com as dimensões geométricas.

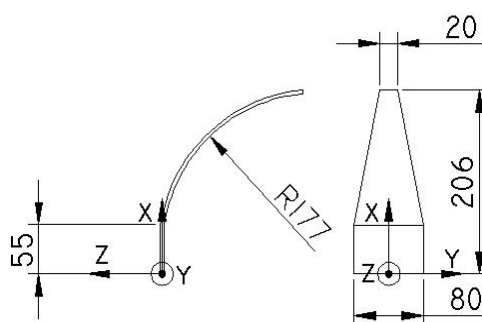


Figura 1: Dimensões principais do trem de pouso (em mm).

3. IDENTIFICAÇÃO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE, RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a leitura das deformações foi utilizado o sistema de aquisição de sinais *Spider8* e o software *Catman*, ambos da HBM. Foram colados dois extensômetros para leitura em meia ponte, um superior (lâmina 30), e outro inferior (lâmina 1). A Figura 2(a) apresenta a montagem de um ensaio e a Figura 2(b) o extensômetro superior colado no trem de pouso. As massas utilizadas para aplicação das cargas foram de 2,134; 4,081 e 5,083 kg (Figura 2(c)), sendo realizados três ensaios

para cada carga. Os valores de deformação utilizados foram aqueles medidos no instante inicial de atuação da carga total, desta forma desconsidera-se as influências da viscoelasticidade do material e do aumento de temperatura dos extensômetros. Como utilizou-se uma meia ponte de Wheatstone, o resultado de deformação medido corresponde à soma das deformações dos dois extensômetros. Os resultados médios medidos, da menor para a maior carga foram: 0,824; 1,590 e 2,304 mm/mm, sendo os respectivos desvios padrões: 0,005; 0,035 e 0,017.

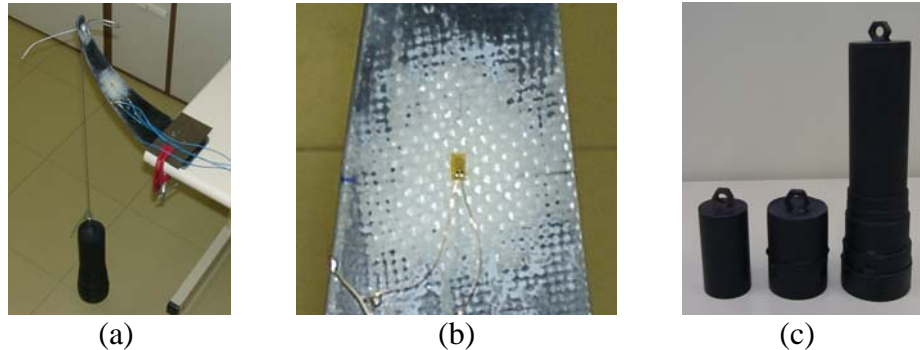


Figura 2: Montagem do ensaio (a), detalhe do extensômetro superior (b) e massas utilizadas (c).

Na análise numérica foram utilizados elementos finitos de casca de 8 nós, formulados com a teoria de primeira ordem para materiais laminados (Reddy, 2004). A malha ficou constituída de 3020 nós e 947 elementos (ver Figura 3). As propriedades elásticas de uma lâmina, adotadas inicialmente, foram obtidas de Gay (1997) para um tecido de fibra de vidro V_f de 50%, sendo $E_1 = E_2 = 20$ GPa, $G_{12} = G_{13} = G_{23} = 2,85$ GPa, $\nu_{12} = \nu_{13} = \nu_{23} = 0,13$, onde E representa o módulo de elasticidade longitudinal, G o módulo de elasticidade transversal e ν o coeficiente de Poisson. As coordenadas 1 e 2 representam as direções longitudinal e transversal em relação às fibras da lâmina, e a coordenada 3 a direção perpendicular à superfície da lâmina. Note que, como o tecido é bidirecional, as propriedades nas direções 1 e 2 são iguais. Foram assim variados os módulos E_1 e E_2 , obedecendo a relação $E_1 = E_2$. Além disso, os valores dos módulos G_{ij} foram alterados por proporcionalidade em relação ao módulo longitudinal E_1 , e os coeficientes de Poisson ν_{ij} deixados constantes. Com os três ensaios chegou-se aos seguintes valores de módulos de elasticidade E_1 : 24,62; 25,09 e 25,26 GPa. A média sendo 24,99 GPa, o desvio padrão 0,332 GPa, e a diferença da média em relação ao valor adotado inicialmente de 24,95%. Esta última é atribuída ao diferente V_f utilizado (55% em relação à 50%), ao processo de fabricação e à procedência das matérias-primas do protótipo. Assim, com uma baixa dispersão encontrada nos testes experimentais, conseguiu-se levantar as propriedades elásticas do material a serem utilizadas nas diferentes análises do projeto estrutural do trem de pouso e do aeromodelo.

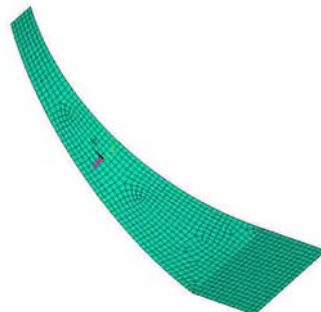


Figura 3: Malha de elementos finitos com elementos de casca para materiais laminados.

4. REFERÊNCIAS

- Gay, D., 1997, “Matériaux Composites”, 4ª Ed., Hermes, Paris.
 Reddy, J.N., 2004, “Mechanics of Laminated Composite Plates and Shells: Theory and Analysis”, CRC Press, Boca Raton, FL, Second Edition.