

Resumo

Neste trabalho de dissertação apresenta-se um estudo numérico e experimental sobre o comportamento dinâmico de estruturas laminadas com camadas de aglomerado de cortiça actuando estas camadas como tratamentos passivos de amortecimento. Apresenta-se uma revisão sobre as diferentes configurações de tratamentos passivos bem como dos modelos numéricos descritos na literatura para simular o comportamento de estruturas laminadas com este tipo de tratamentos. Apresenta-se também uma descrição da estrutura celular e propriedades da cortiça, nomeadamente no que diz respeito à sua capacidade de amortecimento, a qual faz deste material biológico um excelente material para ser usado como tratamento passivo de amortecimento. Por forma a estabelecer um modelo numérico representativo de estruturas laminadas com camadas de aglomerado de cortiça é necessário caracterizar as propriedades dinâmicas, dependentes da frequência, deste material. Por forma a identificar estas propriedades, dois métodos experimentais, descritos nesta dissertação, foram aplicados na identificação das propriedades dinâmicas de vários aglomerados de cortiça, disponíveis comercialmente, com diferentes parâmetros de formulação (tamanho de grão e densidade). Um dos referidos métodos permitiu identificar o módulo de ganho de corte bem como o factor de perda a partir das funções de resposta em frequência de um sistema com um grau de liberdade, enquanto que o outro permitiu identificar o módulo de ganho extensional e o factor de perda dos aglomerados de cortiça a partir das funções de resposta em frequência de um sistema com dois graus de liberdade semi-definido. Por forma a simular numericamente estruturas em viga e placa laminadas que incluam camadas viscoelásticas de aglomerado de cortiça, é necessário estabelecer um modelo de grande exactidão, capaz de representar a elevada deformação de corte presente nas camadas laminadas da estrutura. Nesta dissertação são formulados dois elementos finitos multi-camada layerwise, um de viga com dois nós e outro de placa com quatro nós. Ambos os elementos finitos de viga e placa foram formulados de acordo com uma teoria layerwise parcial, por forma a incluir um número arbitrário de camadas sendo que as camadas da estrutura tanto podem ter propriedades viscoelásticas como elásticas. Com o objectivo de validar os modelos numéricos que usam os elementos finitos formulados, um conjunto de vigas sandwich e placas sandwich com núcleos de aglomerado de cortiça foram preparadas usando os aglomerados de cortiça cujas propriedades foram identificadas. Um conjunto de funções de resposta em frequência foram medidas para cada viga e placa sandwich, sendo o comportamento dinâmico destas, caracterizado através de análise modal, tendo sido obtidas as suas frequências e formas naturais. As referidas estruturas sandwich foram então simuladas usando os elementos finitos formulados e incluindo no modelo numérico as propriedades do aglomerado de cortiça identificadas. As funções de resposta em frequência directas foram então geradas com o modelo numérico através do procedimento de análise directa em frequência. Resultados obtidos por simulação numérica foram então comparados com os resultados obtidos experimentalmente, revelando não só a boa representatividade dos modelos numéricos gerados com elementos finitos formulados bem como a exactidão das propriedades identificadas para os aglomerados de cortiça.

Abstract

In this dissertation, a numerical and experimental study about the dynamic behavior of beam and plate laminate structures with a cork compound layer acting as a passive damping treatment is presented. A revision about the commonly used configurations of passive damping treatments is presented and the numerical models referred in the literature used to simulated the dynamic behavior of laminate structures with these type of treatments are described. The cork cellular structure and remarkable properties are presented, namely its damping capability which makes this biologic material an excellent material to be used as a passive damping treatment. To establish a representative numerical model of laminate structures with cork compound layers it is necessary to accurately characterize the cork compound frequency dependent dynamic properties. Therefore, in order to identify these properties, two different experimental procedures, described in this dissertation, were applied in order to identify the dynamic properties of several cork compounds, available commercially, with different formulation parameters (grain size and density). One of the referred procedures allowed identifying the shear storage modulus and loss factor from the frequency response functions measured from a single degree of freedom system, while the other allowed identifying the extensional storage modulus and loss factor of cork compounds from the frequency response functions measured from a two degree of freedom semidefinite system. To numerically simulate the dynamic behavior of the beam and plate laminate structures complying cork compound viscoelastic layers, an accurate model, capable of representing the high deformation shear pattern inside the laminate layers is required. In this dissertation, a multilayer layerwise beam finite element, with two nodes, and a multilayer layerwise plate finite element, with four nodes, were formulated. Both beam and plate finite elements hereby presented were formulated according to a partial layerwise theory, in order to include an arbitrary number of layers as well as to include both viscoelastic and elastic layers. To validate the numerical models using the formulated elements a set of sandwich beams and sandwich plates with cork compound cores were prepared using the cork compounds which properties have been identified. Several frequency response functions were measured for each sandwich beam and sandwich plate, being the dynamic behavior of the referred structures characterized through modal analysis, being obtained the structures natural frequencies and mode shapes. The referred sandwich structures were then simulated using the formulated finite elements and including in the numerical model the identified cork compound properties. The driving point frequency response functions were generated with the numerical model through the direct frequency analysis procedure. Results from numerical simulations were compared to the ones obtained experimentally, revealing not only the good representativity of the numerical models generated with the formulated finite elements as well as the accuracy of the identified cork compound properties.