

Resumo

A aplicação de tratamentos viscoelásticos sob a forma de camadas em estruturas, em especial nas configurações superficial com restrição e integrada, constitui um meio de controlo passivo da vibração de elevada eficiência, de reduzida modificação estrutural e com um vasto campo de aplicação. A modelação espacial de estruturas dotadas com estes tratamentos requer a representação conveniente do campo de deformações desenvolvido nas camadas dissipativas e das propriedades dos materiais viscoelásticos, dependentes da frequência e da temperatura, e a simulação do seu comportamento dinâmico requer a utilização de técnicas específicas de análise. Nesta dissertação é desenvolvido um elemento finito multi-camada generalizado baseado num modelo layerwise, utilizando a teoria de Reissner-Mindlin para representar cada camada individual e recorrendo a técnicas numéricas de melhoria do desempenho usualmente aplicadas em elementos de placa e de casca. O elemento finito desenvolvido é verificado numericamente através de problemas padrão de teste de elementos finitos e validado experimentalmente em termos das funções de resposta em frequência medidas num conjunto de provetes representativos das configurações de tratamento superficial e integrada. A validação experimental é baseada num conjunto de indicadores de correlação. O elemento finito proposto assenta numa formulação generalizada que permite a sua aplicação eficiente na modelação de tratamentos viscoelásticos multi-camada e multi-material. Na perspectiva de atenuar a modificação estrutural, devida ao efeito de desacoplamento proporcionado pelo núcleo viscoelástico numa configuração de tratamento integrado, e alargar a gama eficiente pela aplicação de materiais com diferente comportamento em função da temperatura, é desenvolvido um estudo numérico e experimental sobre a aplicação e o desempenho de tratamentos constituídos por várias camadas de material viscoelástico intercaladas por camadas de restrição. A análise é realizada por comparação das frequências naturais e respectivos factores de perda determinados através de um método desenvolvido para o efeito e assente no conceito de energia de deformação modal. Para a caracterização dos materiais viscoelásticos aplicados neste estudo, é idealizada, desenvolvida e verificada uma metodologia experimental de identificação do módulo complexo de materiais viscoelásticos.

Abstract

The application of viscoelastic treatments on structures, specially the constrained and integrated layer configurations, represents an effective passive damping control mechanism, which can be easily applied and avoids major structural modifications on the base structure. However, the numerical simulation of such damping treatments demands

the meeting of some particular requirements and the application of specific techniques in order to accurately represent the deformation pattern developed in the dissipative layers and to properly model the viscoelastic material properties. In this work, a generalized layerwise finite element is developed by using the Reissner-Mindlin theory to model each individual layer as well as some numerical techniques to improve its performance and accuracy. The proposed finite element is numerically verified through a set of benchmark tests, usually applied on membrane, plate and facet-shell finite elements, and it is also experimentally validated by a set of frequency response functions measured on several specimens representing the surface and integrated treatment configurations analyzed. A set of correlation indicators for frequency response functions is used in the experimental validation. The proposed finite element proved to have a generalized formulation which can be universally applied to the viscoelastic damping treatments modelling, regardless of the treatment configuration and the number of layers. Using this modelling tool, it is developed a numerical analysis on the effects of the application of several viscoelastic and constraining layers in an integrated layer damping treatment. The aim of this technique is to reduce the structural flexural stiffness modification induced by the decoupling effect produced by the soft viscoelastic core, to increase the damping effectiveness and to expand the efficient temperature range applying several materials with different temperature behavior. The analysis of different multi-layer configurations is assessed by the comparison of the first mode natural frequency and corresponding loss factor evaluated through a proposed analysis method based on the Modal Strain Energy method. To identify the complex modulus of the viscoelastic materials used in this study, it is designed, developed and verified a new experimental methodology for viscoelastic material characterization.