



## **ANÁLISE NUMÉRICA E EXPERIMENTAL DO AUTO-AQUECIMENTO DE MATERIAIS VISCOELÁSTICOS UTILIZADOS NO CONTROLE PASSIVO DAS VIBRAÇÕES**

*Jean de Cazenove; Domingos Alves Rade; Antônio Marcos G. de Lima*

Alguns polímeros de baixa rigidez possuem propriedades mecânicas específicas devido à sua microestrutura: após remover uma carga ou um deslocamento imposto, voltam à forma inicial de forma progressiva pois uma parte da energia de deformação é dissipada por mecanismos internos. Esta propriedade é chamada de *elasticidade retardada* ou de *viscoelasticidade* por analogia com o comportamento dos fluidos (Persoz, 1960).

Sob ação de cargas dinâmicas, a viscoelasticidade causa uma diferença de fase entre a tensão e a deformação, e uma atenuação da amplitude da resposta vibratória. Em decorrência desta propriedade, os materiais viscoelásticos (MVE) têm sido usados por várias décadas em aplicações industriais ou civis. Em estruturas submetidas a vibrações encontram-se materiais viscoelásticos sob a forma de camadas finas inseridas entre a superfície da estrutura e placas rígidas ou de juntas translacionais ou rotacionais localizadas em pontos discretos da estrutura (Merlette, 2005). Na maioria dos casos os MVE trabalham em cisalhamento. Eles constituem uma boa solução para o controle passivo das vibrações.

Porém, sua microestrutura torna-os mais sensíveis às condições ambientais e operacionais. Em particular, o módulo complexo que define a rigidez e o amortecimento do MVE é altamente dependente da temperatura e da frequência (Nashif, 1985). Este fato torna-se crítico pois uma parte da energia dissipada é convertida calor, tornando o MVE menos rígido e diminuindo seu fator de perda sob o efeito da temperatura.

Este fenômeno, conhecido como *auto-aquecimento*, pode causar uma diminuição do nível de amortecimento geral da estrutura e aumento das amplitudes de vibração. Esse efeito torna necessário o desenvolvimento de pesquisas voltadas à caracterização do auto-aquecimento. Neste contexto, uma metodologia numérica de acoplamento termo-mecânico baseada no método dos elementos finitos foi realizada utilizando o software *ANSYS*™. O programa efetua de forma sucessiva as duas análises do problema acoplado:

- análise harmônica estrutural para uma dada frequência, para obter as energias de deformação elementares.
- análise térmica transitória. A fonte de calor aplicada é calculada a partir da fração da energia de deformação dissipada.

Após a integração do problema térmico entre dois passos de tempo sucessivos, as matrizes estruturais são atualizadas de acordo com a lei constitutiva do MVE e o novo campo de temperatura é obtido. O procedimento é repetido de forma seqüencial até o instante que corresponde ao fim da aplicação da carga.

A Figura (1) mostra o modelo E.F. de uma junta rotacional composta por uma camada de MVE *ISD 112*™ produzido pela companhia *3M*, inserida entre dois cilindros de aço e o campo de temperatura calculado após a aplicação durante 1000 s de um torque na direção vertical, cujas amplitude e frequência são respectivamente de 21 N.mm e 10 Hz.

A Figura (2) mostra a evolução da temperatura em quatro pontos distintos da camada viscoelástica. Pode-se ver que os valores máximos são atingidos no meio da camada pois o contato com o ar e com os cilindros de aço evacua uma parte do calor produzido por meio dos mecanismos de convecção natural e de condução. Após 400 s uma configuração de quase-equilíbrio térmico é atingida pois as temperaturas não sofrem mais evoluções importantes até o resfriamento sob efeito da convecção externa depois do fim da aplicação da carga.

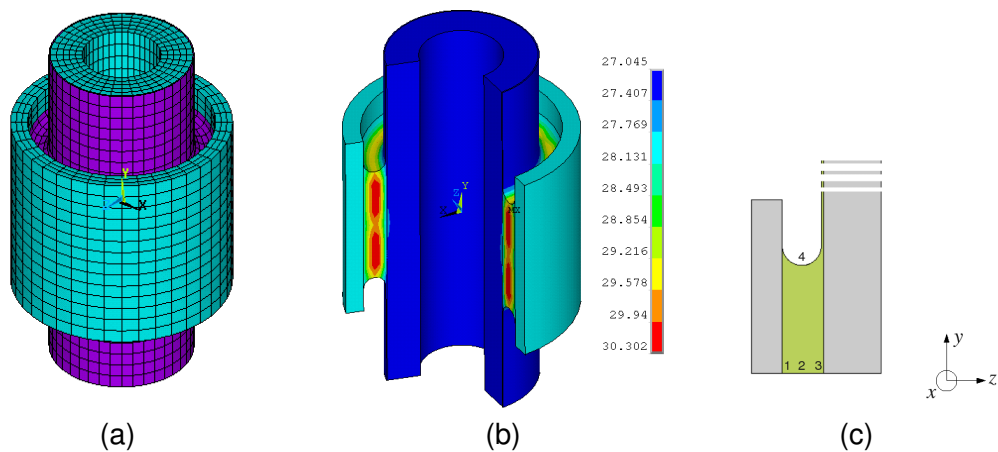


Figura 1: Modelo elementos finitos 3D da junta rotacional (a) - campo de temperatura para  $t = 1000$  s (b) - pontos-chave selecionados (c)

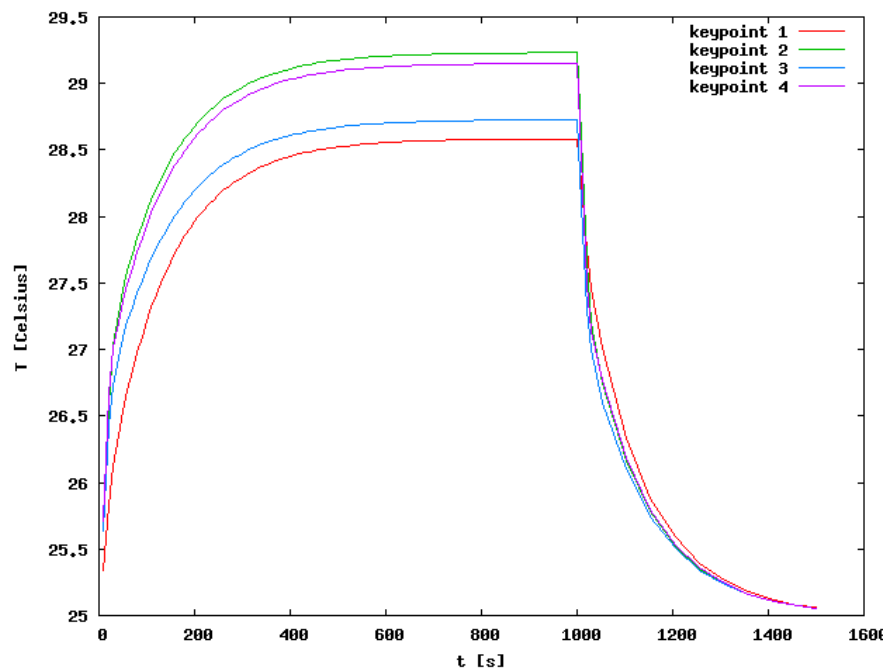


Figura 2: Evolução da temperatura nos 4 pontos-chave

## REFERÊNCIAS

- CAZENOVE, J.; LIMA, A.M.G.; RADE, D.A. **Numerical Analysis of Self-Heating Effects in Viscoelastic Dampers**, a ser apresentado no Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica (COBEM 2009), Gramado - RS Brasil, 2009, 9p.
- CAZENOVE, J.; LIMA, A.M.G.; RADE, D.A.; PAGNACCO, E. **A Study of Self-Heating Effects in Viscoelastic Damping Devices**, a ser apresentado no Congresso Pan-Americano de Engenharia Mecânica (PACAM 2010), Foz de Iguaçu - PR Brasil, 2010, 6p.
- MERLETTE, N. **Amortissement des Caisses Automobiles par des Films Minces Viscoélastiques pour l'Amélioration du Confort Vibratoire**, Tese de doutorado ECL (Ecole Centrale de Lyon), Lyon - França, 2005, 219p.
- NASHIF, A.D.; JONES, D.I.G.; HENDERSON, J.P. **Vibration Damping**, ed. John Wiley & Sons, New York - E.U.A., 1985. 453p.
- PERSOZ, B.; **Introduction à l'étude de la rhéologie**, ed. Dunod, 1960.