

Conclusões e sugestões

Estudou-se neste trabalho o comportamento linear e não linear de cascas cilíndricas com gradação funcional.

A comparação dos resultados da análise linear com os resultados encontrados na literatura para cascas de material homogêneo e com gradação funcional demonstram a precisão dos resultados aqui obtidos usando as teorias de *Donnell* e *Sanders*.

Para o material com gradação funcional, verifica-se que a gradação dos materiais constituinte envolvidos tem grande influência no valor das frequências assim como das cargas críticas, tanto para as cargas axiais quanto para as cargas laterais. Esta variação é basicamente devida à diferença entre os módulos de elasticidade dos dois materiais.

O método de *Galerkin* foi usado para discretizar o sistema contínuo e as amplitudes modais foram obtidas pelo método de *Newton-Raphson*, o qual se mostrou conveniente por permitir obter as respostas com poucas iterações.

Os resultados não lineares ratificam a importância do acoplamento modal não linear na resposta da casca com os modos não clássicos apresentando amplitudes diferentes de zero.

O estudo paramétrico mostra que a geometria tem influência significativa na forma do modo de vibração da casca associado à frequência mínima, em particular no número de ondas circunferenciais.

Verifica-se também que a geometria tem influência significativa na relação não linear frequência-amplitude. Os resultados demonstram que, dependendo da geometria, cascas cilíndricas podem apresentar uma diminuição das frequências com a amplitude, ou seja, uma perda de rigidez à medida que sua amplitude de vibração aumenta, ou um ganho de rigidez.

A casca quanto mais curta, mais apresenta perda de rigidez, sendo esta relação governada pelo parâmetro adimensional L/R . Logo, conclui-se que, quanto menor esta relação, mais perda de rigidez a estrutura apresenta. Para cascas longas, relação L/R alta, a relação não linear frequência-amplitude mostra um ganho de rigidez. Caso duas cascas tenham a mesma relação L/R , a que terá mais ganho de rigidez será a que possuir a maior relação R/h . O valor de k tem pequena influência na relação não linear frequência-amplitude.

Para uma dada geometria, quanto menor o número de ondas circunferenciais, mais a estrutura tende a perder rigidez, aumentando assim a não linearidade do sistema.

Os resultados mostram que uma carga estática tem grande influência na frequência natural e na relação não linear frequência-amplitude. Para cargas axiais compressivas e pressão externa, quanto maior o carregamento, menor é a frequência natural mínima, tornando-se esta nula quando a carga atinge o valor crítico. A influência destes carregamentos também é grande no comportamento não linear. Quanto mais próximo do valor crítico, maior é a perda de rigidez estrutural.

Todavia, se a estrutura estiver submetida a uma carga de tração, tem-se um ganho de rigidez com relação à estrutura descarregada.

Por fim, com base nesta pesquisa, podem-se sugerir alguns estudos posteriores, como:

- Estudo da vibração forçada de cascas com gradação funcional, com ênfase no comportamento dinâmico não linear;
- Análise da influência da temperatura em cascas cilíndricas com MGF;
- Analisar a estrutura sob condições de contorno diferentes;
- A análise experimental das vibrações não lineares de cascas cilíndricas com gradação funcional.