

ANÁLISE TERMOELÁSTICA PARA MONTAGEM E DESMONTAGEM DA UNIÃO EIXO-CUBO COM INTERFERÊNCIA UTILIZANDO O MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

Renan Magri

USP, Universidade de São Paulo, Curso de Engenharia Mecatrônica
Campus I - Bairro Centro - CEP 13566-590 –São Carlos – São Paulo
E-mail para correspondência: magri.renan@gmail.com

Introdução

As análises termoelásticas das uniões eixo-cubo podem ser aplicadas a diversos elementos de máquinas, como por exemplo, engrenagens, rotores, polias, volantes e luvas com ajustes interferentes, sendo estes inseridos a quente no eixo. Conforme a geometria da peça montada no eixo, sua desmontagem pode não ser simples como acontece com os rotores de bombas centrífugas. Devido à sua geometria complexa e por serem montados com uma interferência significativa para suportar altos esforços solicitantes, sua desmontagem do eixo deve fornecer as condições necessárias, como calor e pré-carga axial, para que seja possível sacar tal elemento sem riscar ou danificar quaisquer peças envolvidas.

Objetivos

Este trabalho visa efetuar uma análise termoelástica para montagem e desmontagem da união eixo-cubo com interferência transversal (ver Fig. 1) utilizando o Método dos Elementos Finitos. A partir dos resultados obtidos na análise será possível verificar a viabilidade e quantificar de maneira mais exata as variáveis reais envolvidas em determinados processos de montagem e desmontagem da união eixo-cubo em aplicações da indústria.



Figura 1 – União eixo-cubo com interferência transversal em uma engrenagem montada à quente no eixo.

Materiais

Nesse trabalho serão abordados elementos constituídos por ligas metálicas de aços inoxidáveis super duplex e duplex, como o ASTM A 276 S32760 e ASTM A890 Grau 3A, respectivamente, materiais extremamente resistentes à corrosão e utilizados em ambientes severos.

Tolerâncias e Ajustes

A união eixo-cubo proposta neste trabalho apresenta as tolerâncias e ajustes mostrados na Tab. 1 para um diâmetro nominal de 0,1063 m.

Tabela 1 – Ajustes e tolerâncias dos elementos usados na união eixo-cubo.

Medida de Ajuste	Tolerâncias	Interferência Máxima	Interferência Mínima
$\varnothing 0,1063 H6$	0; +0,000022	0,000038	0,000001
$\varnothing 0,1063 n5$	+0,000023; +0,000038		

***Todas as dimensões encontram-se em metros.

Metodo dos Elementos Finitos

O método dos elementos finitos utilizado é o baseado no método de Rayleigh-Ritz. A divisão do domínio de integração contínuo é feita em um número finito de pequenas regiões denominadas elementos finitos, transformando o meio contínuo em discreto. A essa divisão do domínio dá-se o nome de rede de elementos finitos. O tamanho desses elementos discretos pode ser aumentado ou diminuído, variando assim, o tamanho da malha. Os pontos de intersecção das linhas são chamados de nós.

No método dos elementos finitos busca-se uma função admissível que satisfaça as condições de contorno no domínio de cada elemento finito. Para cada elemento finito i é montado um funcional Π_i , que, somado ao funcional dos demais elementos finitos, forma um funcional Π para o domínio, dado pela Eq. (1):

$$\Pi = \sum_{i=1}^n \Pi_i \quad (1)$$

Para cada elemento i a função aproximadora é formada por variáveis que se referem aos nós do elemento, chamados parâmetros nodais. Desse modo, a função aproximadora v tem a forma da Eq. (2):

$$v = \sum_{j=1}^m a_j \phi_j \quad (2)$$

Em que a_j são os parâmetros nodais e ϕ_j são as funções de forma.

Desse modo, o funcional Π é expresso pela Eq. (3):

$$\Pi(a_j) = \sum_{i=1}^n \Pi_i(a_j) \quad (3)$$

A condição de estacionariedade implica, como no método de Rayleigh-Ritz, em sistema linear algébrico de equações dado pela Eq. (4):

$$\delta \Pi(a_j) = \sum_{i=1}^n \delta \Pi_i(a_j) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{\partial \Pi_i(a_j)}{\partial a_j} = 0 \quad (4)$$

A solução do sistema de equações acima nos fornece os parâmetros nodais a_j que podem ser forças internas, deslocamentos ou ambos, dependendo da formulação utilizada.

Se o campo de deslocamentos é descrito por funções aproximadora e o princípio da mínima energia potencial é empregado, as componentes dos deslocamentos nodais são as incógnitas e o método é então denominado método dos elementos finitos, modelo dos deslocamentos ou rigidez.

Se o campo de tensões ou esforços é representado por funções aproximadora, as tensões ou esforços internos nodais são as incógnitas e o método é então denominado método dos elementos finitos, modelo da flexibilidade ou das forças, utilizando o princípio da mínima energia complementar.

Considerações Finais

O trabalho encontra-se ainda em fase inicial e essa primeira etapa foi caracterizada por uma revisão bibliográfica e estudo do método dos elementos finitos e do ambiente de trabalho software ANSYS. Foi realizada ainda uma coleta de dados reais na indústria para realização deste trabalho.

As próximas atividades a serem desenvolvidas serão a criação do modelo simplificado e as análises propriamente ditas utilizando o método dos elementos finitos, adicionando, posteriormente, mais informações e condições à análise, tornando o modelo mais complexo a fim de se obter resultados cada vez mais precisos.

Referências Bibliográficas

ABNT. NBR 6158: Sistema de tolerâncias e ajustes. ABNT. Brasil. 1995.

ASSAN, A. E.; Método dos Elementos Finitos: Primeiros Passos. 2ª Edição. Campinas. Editora Unicamp. 2003.

NIEMANN, G.; Elementos de Máquinas. 1ª Edição. Volume II. Rio de Janeiro. Edgard Blucher LTDA. 1971.