

UNICAMP

MODELOS DE MANCAIS HIDRODINÂMICOS



Autores: Diogo Stauni Alves (bolsista), Katia Lucchesi Cavalca (orientadora)

FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

Agência Financiadora CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Lubrificação hidrodinâmica – Método das diferenças finitas – Mancais elípticos e trilobulares

Introdução

Podemos observar a predominância de máquinas rotativas no mundo moderno. Sendo assim os estudos relacionados aos fenômenos ocorrentes em tais máquinas e também de seus elementos é de grande importância. Dentre os elementos de uma máquina rotativa estão os mancais lubrificados hidrodinamicamente, que tem como utilidade a união entre partes fixas e móveis e transmissão de forças. Portanto, nesse projeto serão desenvolvidas técnicas para a análise e modelagem desses para uma melhor compreensão de seu funcionamento. Para isso, será utilizada a teoria de lubrificação hidrodinâmica de Reynolds, juntamente com a implementação de programas matemáticos que tem por base métodos numéricos.

Metodologia

A equação de Reynolds é à base da teoria moderna da lubrificação hidrodinâmica. Ao ser aplicada no estudo do filme de óleo de mancais, sua solução fornece a distribuição de pressão no óleo de acordo com a geometria do mancal. A equação de Reynolds tem a seguinte forma:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(h^3 \cdot \frac{\partial p}{\partial x} \right) + r^2 \cdot \frac{\partial}{\partial z} \left(h^3 \cdot \frac{\partial p}{\partial z} \right) = 6 \cdot \mu \cdot U \cdot r \cdot \frac{\partial h}{\partial x}$$

A equação anterior apresenta extrema dificuldade para ser resolvida analiticamente sendo necessário a implementação de algoritmos com métodos numéricos de resolução, no caso, o método das diferenças finitas.

Para a determinação da equação de Reynolds pelo método das diferenças finitas, é preciso reduzir o número de variáveis para alguns grupos adimensionais. Assim, após algumas manipulações algébricas, a equação de Reynolds pode ser escrita na seguinte forma:

$$\frac{\partial}{\partial x^*} \left(h^{*3} \cdot \frac{\partial p^*}{\partial x^*} \right) + \left(\frac{D}{L} \right)^2 \cdot \frac{\partial}{\partial z^*} \left(h^{*3} \cdot \frac{\partial p^*}{\partial z^*} \right) = 6 \cdot \pi \cdot \frac{\partial h^*}{\partial x^*}$$

Por diferenças finitas temos que:

$$\frac{\partial}{\partial z^*} \left(h^{*3} \cdot \frac{\partial p^*}{\partial z^*} \right) = \frac{h_T^3 \cdot \left(\frac{p_T - p_n}{\Delta z} \right) - h_B^3 \cdot \left(\frac{p_n - p_B}{\Delta z} \right)}{\Delta z} \quad \frac{\partial h^*}{\partial x^*} = \frac{h_R - h_L}{\Delta x}$$

$$\frac{\partial}{\partial x^*} \left(h^{*3} \cdot \frac{\partial p^*}{\partial x^*} \right) = \frac{h_R^3 \cdot \left(\frac{p_R - p_n}{\Delta x} \right) - h_L^3 \cdot \left(\frac{p_n - p_L}{\Delta x} \right)}{\Delta x}$$

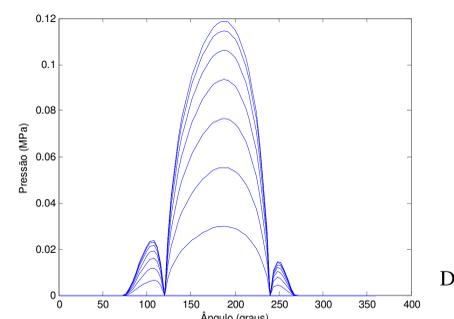
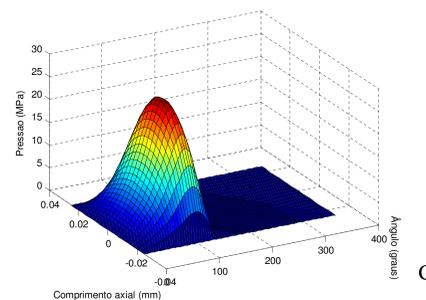
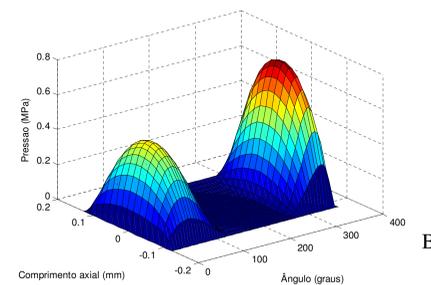
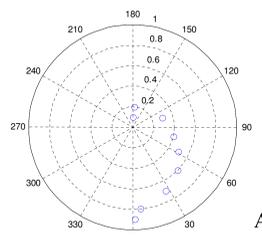
Isolando esses termos na equação de Reynolds temos:

$$p_n = \frac{18.84 \cdot \frac{h_L - h_R}{\Delta x} + \left(\frac{D}{L} \right)^2 \cdot \frac{h_T^3}{\Delta z^2} \cdot p_T + \frac{h_R^3}{\Delta x^2} \cdot p_R + \left(\frac{D}{L} \right)^2 \cdot \frac{h_B^3}{\Delta z^2} \cdot p_B + \frac{h_L^3}{\Delta x^2} \cdot p_L}{\left(\frac{D}{L} \right)^2 \cdot \frac{h_T^3}{\Delta z^2} + \frac{h_R^3}{\Delta x^2} + \left(\frac{D}{L} \right)^2 \cdot \frac{h_B^3}{\Delta z^2} + \frac{h_L^3}{\Delta x^2}}$$

que para uma malha se torna um sistema linear de equações, de fácil solução.

Resultados e Discussões

Utilizando o modelo descrito anteriormente, para um dado mancal elíptico com: $L/D = 1$; $m = 0.25$ = razão de elipticidade; foi obtido o seguinte lócus do eixo no interior do mancal. Figura A. É interessante notar que, no caso em que a razão de excentricidade é 0.2 (ângulo de equilíbrio 174°), temos o pico de pressão do lóbulo superior maior que o pico no lóbulo inferior (Figura B). Para razões mais altas temos uma maior distribuição, ou quase que total, em alguns casos, no lóbulo inferior, como pode ser visto na Figura C para $ecr = 0.5$. Para o mancal trilobado temos a distribuição de pressão mostrada na Figura D, que possui uma $ecr = 0.1$. Para excentricidades maiores a distribuição da parte direita tende a desaparecer.



Conclusões

No mancal elíptico, para baixas razões de excentricidades, o eixo apresenta uma maior tendência de se encontrar acima do centro do mancal, fato explicado pela dinâmica do filme de óleo. No mancal, a força criada na parte esquerda do lóbulo inferior possui uma força resultante horizontal muito alta, e não será balanceada, pelas outras regiões com pressão, a não ser que o centro do eixo se desloque para cima e para a direita. Também é facilmente observável que o mancal elíptico apresenta características de mancal cilíndrico em excentricidades moderadas e altas, e que tal fato ocorre devido ao descarregamento do lóbulo superior

Para o mancal trilobado, temos a diminuição da pressão nos lóbulos laterais, que pode ser explicado pela tendência do eixo em se acomodar na região do lóbulo inferior, gerando ali um aumento na força de sustentação do fluido e conseqüente descarregamento dos lóbulos laterais.

Referências Bibliográficas

- Thomas, J.W., "Numerical Partial Differential Equations – Finite Difference Methods", Springer Science+Business Media Inc., New York, 1995.
- Cattaruzzi, E.F., "Modelagem de Mancais Hidrodinâmicos Multilobulares", Trabalho de Graduação, FEM, Unicamp, 1998.
- Pinkus, O., "Analysis of Elliptical Bearing", Transactions of the ASME, 1956, pp. 965-973.
- Pinkus, O., "Analysis and Characteristics of the Tree-Lobe Bearing", Journal of Basic Engineering, 1959, pp. 49-55.