

Resumo

A concepção e o desenvolvimento de elementos mecânicos são fruto de investigações realizadas em diferentes domínios, com o intuito de satisfazer as exigências dos construtores em termos de desempenho, custo e peso. Num desses domínios, de interesse neste trabalho, estão inseridos a melhoria da lubrificação, a redução da temperatura de funcionamento e a optimização da capacidade de carga.

Neste trabalho é desenvolvido um algoritmo numérico que permite a análise de contactos lineares Hertzianos lubrificados (contactos elastohidrodinâmicos – contactos EHD), considerando o escoamento do lubrificante no interior do contacto contraformal e liso, em condições de filme completo. São modelizados e contabilizados os efeitos da dissipação de energia térmica no interior do contacto e os efeitos do comportamento não Newtoniano do lubrificante.

Da simulação de um determinado contacto EHD são extraídas, como principais informações, a geometria do filme lubrificante, as distribuições de pressões normais e de tensões de corte, e ainda o campo de temperaturas no filme lubrificante e nas superfícies.

No modelo numérico implementado destacam-se como particularidades, a separação entre os fenómenos hidrodinâmicos e dissipativos no interior do contacto, a definição de uma viscosidade aparente como forma de introduzir os efeitos não Newtonianos e térmicos na equação de Reynolds, isto é, como elemento de ligação entre as componentes hidrodinâmica e dissipativa, independente dos modelos reológicos e térmicos considerados, e ainda a possibilidade de utilização do modelo reológico que mais se adequa ao comportamento de cada lubrificante em estudo, sem a necessidade de recorrer a alterações no modelo numérico.

O modelo desenvolvido foi amplamente testado para uma alargada gama de condições de funcionamento, considerando diferentes hipóteses e comportamentos das propriedades físicas do lubrificante. Foi, então, possível analisar em detalhe a influência da temperatura de entrada do lubrificante, da pressão máxima de Hertz, da soma das velocidades das superfícies e da taxa de escorregamento sobre o desempenho do contacto termo-elastohidrodinâmico (TEHD).

O modelo desenvolvido foi usado para avaliar a influência das propriedades físicas do lubrificante sobre o comportamento do contacto TEHD. Observa-se que a variação da densidade e da condutividade térmica do lubrificante, com a pressão e temperatura, têm uma enorme influência sobre a espessura do filme lubrificante e a condução de calor para as superfícies e, consequentemente, sobre a temperatura no contacto.

Finalmente, o modelo foi aplicado na análise de casos experimentais de ensaios realizados em máquinas de discos. Foram considerados três lubrificantes com características físico-químicas e campos de aplicação muito diferentes: um óleo de engrenagens, um fluido de tracção e um lubrificante sintético para aplicações aeronáuticas. Para cada caso foi realizada uma análise detalhada do contacto TEHD. A comparação entre resultados numéricos e experimentais do coeficiente de atrito no contacto apresenta em todos os casos uma muito boa correlação.

Abstract

The conception and development of machine elements are the result of investigations carried through in different domains, in order to satisfy the requirements of the constructors in terms of performance, cost and weight. Within one of those domains, with interest to this work, are the improvement of lubrication, heat reduction and load capacity enhancement.

In this work a numerical algorithm is developed that allows the analysis of lubricated Hertzian line contacts (elastohydrodynamic contacts or EHD contacts), considering lubricant flow inside the nonconformal and smooth contact, in full film lubrication conditions. The influence of thermal energy dissipation inside the contact and of lubricant non-Newtonian behaviour are considered and modeled.

The main results from the EHD contact simulation are the film geometry, the normal pressure and shear stress distributions, and lubricant and surfaces temperature fields.

The implemented numerical model have some particularities, such as the separation between hydrodynamic and dissipative phenomenon inside the contact, the definition of an apparent viscosity as a way to introduce the non-Newtonian and thermal effects in the Reynolds equation, that is, as a linking element between the hydrodynamic and dissipative components, independently of the rheological and thermal models considered, and also the possibility of applying the rheological model better adjusted to the lubricant behaviour in each case, without appealing to numerical model modifications.

The model developed was thoroughly tested for a wide range of operating conditions, considering different hypotheses and behaviours for the lubricant physical properties. It was possible to analyze in detail the influence of the lubricant inlet temperature of the maximum Hertzian pressure, of the rolling speed and of the slide-to-roll ratio on the thermal-elastohydrodynamic contact (TEHD) performance.

The model developed was used to evaluate the influence of the physical properties of the lubricant on the behaviour of the TEHD contact. The variation of lubricant density and lubricant thermal conductivity, with pressure and temperature, proved to have a very significant influence on the film thickness, on the heat conduction from lubricant to the surfaces and, consequently, on the temperature in the contact.

Finally, the model was applied to the analysis of experimental twin-disc machine tests. Three lubricants were considered, with very different physical/chemical characteristics and application fields: a gears oil, a traction fluid and a synthetic lubricant for aeronautical applications. In each case a detailed analysis of the TEHD contact was carried out. The comparison between numerical and experimental results of the traction coefficient in the contact, shows in all the cases a very good correlation.