

Abstract

The micropitting gear tooth flank damage has attracted considerable attention in recent times. This is due to the fact that, as the performance of the lubricant oils and surface coatings of the gears allows for an increase in speeds and power transmission within the gearboxes, this type of damage becomes increasingly frequent, especially in surface hardened materials with current surface finishing.

The micropitting damage consists in small craters (in the order of $10\text{ }\mu\text{m}$ in width and depth) appearing on the surface of a gear tooth. These craters are produced by the propagation of fatigue cracks that originate from the surface of the gear tooth, where a highly complex stress state is to be found because of the interaction of the roughness features of the teeth. Because the propagation of one such fatigue crack is nearly instantaneous, when compared with the initiation time, and because of the highly localized nature of the phenomenon, allied to the complex multi-axial stress history of an initiation site, the classic fatigue criteria such as the Goodman or Soderberg line are inadequate for the present use.

The aim of this work is to develop a model suitable for the analysis of tooth flank surface fatigue damage in spur gears, in particular micropitting contact fatigue initiation and mild wear. The prominent features of the model are a mixed film lubrication model and the application of the Dang Van high-cycle multi-axial fatigue criterion. By taking into account the roughness of the contacting gear teeth, the non-Newtonian behaviour of the lubricating oil, the temperature variations within the contact and the elastic and fatigue properties of the gear material, it allows for a realistic, if approximate, modelling of the physical phenomena behind the onset of micropitting.

The micropitting initiation model was used to simulate an actual micropitting test. The comparison of the test with the simulation results proved sufficiently satisfactory to warrant further work on the model.

Resumo

O dano por micropitting nos flancos das engrenagens tem atraído uma considerável atenção nos últimos tempos. Isso deve-se ao facto de que, à medida que as performances dos óleos lubrificantes e dos revestimentos superficiais das engrenagens vão permitindo aumentar as velocidades e potências transmitidas nas caixas de engrenagens, esse tipo de dano torna-se cada vez mais frequente, especialmente nas engrenagens endurecidas superficialmente e com acabamento superficial corrente.

O dano de micropitting consiste no aparecimento de pequenas crateras (na ordem de $10\text{ }\mu\text{m}$ em largura e profundidade) na superfície dos flancos de engrenagem. Essas crateras são produzidas pela propagação de fissuras de fadiga originadas na superfície do dente, onde um estado de tensão altamente complexo impera, causado pela interacção entre as rugosidades dos dentes. A propagação dessas fendas é praticamente instantânea, quando comparada com o tempo de iniciação. Em conjunto com isso, a escala minúscula do fenómeno, aliada à complexidade do historial de tensões numa zona de iniciação tornam inviável o uso de critérios de fadiga clássicos, tais como as linhas de Goodman ou Soderberg.

O objectivo deste trabalho é o desenvolvimento de um modelo adequado para a análise dos danos de fadiga nas superfícies dos flancos de engrenagens cilíndricas, com particular incidência sobre a iniciação de fadiga de contacto de micropitting e sobre o desgaste ligeiro. Os aspectos mais proeminentes do modelo são um modelo de lubrificação por filme misto e a aplicação do critério de fadiga multi-axial de elevado número de ciclos de Dang Van. Porque o modelo incorpora as rugosidades das engrenagens, a reologia não Newtoniana dos óleos de lubrificação, as variações térmicas no contacto e as propriedades elásticas e de fadiga do material de engrenagem, ele permite uma simulação realista, embora aproximada, dos fenómenos físicos que levam ao micropitting.

O modelo de iniciação de micropitting foi usado para simular um teste de micropitting. A comparação do teste com a simulação revelou-se suficientemente satisfatória para dar continuação a trabalhos adicionais no âmbito deste modelo.