

Résumé

Afin de répondre aux enjeux environnementaux actuels, de nouvelles solutions technologiques émergent. Dans le domaine des transports, l'électrification des véhicules est une solution en plein essor depuis plusieurs années, visant à rendre la mobilité moins polluante. Cependant, cette transition vers des véhicules électriques impose des vitesses toujours plus élevées au sein des transmissions mécaniques, entraînant davantage de pertes, principalement au niveau des paliers à éléments roulants. Afin d'améliorer l'efficacité énergétique des transmissions mécaniques, en particulier des roulements à billes, une compréhension approfondie des phénomènes physiques associés s'avère essentielle.

Le présent travail de thèse se concentre sur l'étude des sources de pertes et des transferts thermiques au sein d'un roulement à billes. Un banc d'essais a permis de tester deux roulements à billes à gorge profonde de dimensions différentes, et de mesurer leurs couples de pertes ainsi que les évolutions de température de leurs bagues pour différentes conditions opératoires.

Dans la première phase de l'étude, les roulements sont lubrifiés par injection. L'influence de plusieurs paramètres, tels que la vitesse de rotation, le débit et la température de l'huile injectée, sur les dissipations de puissance dans le roulement est analysée. Une modélisation thermo-mécanique du roulement est proposée en associant des modèles de calcul des pertes et un réseau thermique.

Dans une seconde phase, les roulements sont lubrifiés par barbotage. Pour une hauteur faible du bain d'huile, correspondant à une demi-bille immergée, les pertes générées par les roulements lubrifiés par barbotage sont égales à celles obtenues pour ces mêmes roulements lubrifiés par injection dans des conditions opératoires similaires. Pour des niveaux d'huile plus élevés, le comportement du bain change, entraînant une augmentation des pertes par traînée. Les modèles de pertes ne prennent pas en compte la hauteur du bain et un nouveau modèle de pertes par traînée est donc proposé. Les échanges et les écoulements n'étant pas les mêmes entre les deux modes de lubrification, des modifications ont également été apportées au réseau thermique.

Les résultats numériques sont en accord avec les résultats expérimentaux. Une modélisation locale du roulement permet d'avoir une bonne précision sur les valeurs de pertes et de températures prédites, mais nécessite une connaissance de la géométrie interne du roulement. Tandis que les modèles globaux fournissent de bons résultats avec un minimum d'information.

Mots clés : Palier à éléments roulants, Expérience, Echange de chaleur, Perte de puissance, Traînée, Lubrification par injection, Lubrification par barbotage.

Abstract

In order to address current environmental challenges, new technological solutions are emerging. In the transportation sector, the electrification of vehicles has been a rapidly growing solution for several years, aiming to reduce mobility pollution. However, this transition to electric vehicles imposes higher speeds within mechanical transmissions, increasing power losses, primarily in rolling element bearings. To enhance the energy efficiency of mechanical transmissions, and particularly of ball bearings, a deep understanding of the physical phenomena is essential.

This thesis focuses on the study of power losses and heat transfers within a ball bearing. A test rig was employed to evaluate two deep groove ball bearings of different dimensions, measuring the loss torques and temperature changes in their rings under various operating conditions.

In the initial phase of the study, the bearings were lubricated by injection. The influence of several parameters, such as the rotational speed, the flow rate, and the temperature of the injected oil, on power loss dissipation into the bearing was analyzed. A thermo-mechanical model of the bearing is proposed by combining power loss calculation models and a thermal network.

Subsequently, the bearings were lubricated by oil-bath lubrication. For a low oil bath height, corresponding to half-immersed ball, the losses generated by oil-bath lubricated bearings were equivalent to those obtained for the same bearings lubricated by injection under similar operating conditions. At higher oil levels, the behavior of the oil bath changes, resulting in an increase in drag losses. As existing loss models do not account for the oil bath height, a new drag loss model is proposed. Considering the differences in heat exchanges and flows between the two lubrication modes, adjustments were also made to the thermal network.

Good agreements are found between numerical and experimental results. Local modeling of the bearing provides high precision for predicted power loss and temperature values but requires a good knowledge of the internal geometry of the bearing. On the other hand, global models yield satisfactory results with minimal information.

Key words: Rolling element bearing, Experiment, Heat exchange, Power loss, Drag, Oil-jet lubrication, Oil-bath lubrication.