

Vers une meilleure maîtrise de la céramique dans les roulements hybrides

De nouvelles recherches menées par SKF devraient accroître la rentabilité et la fiabilité de ses roulements hybrides et élargir les possibilités d'utilisation.

Montigny, le 09 janvier 2019

Constitués de bagues en acier trempé associées à des éléments roulants en matériaux céramiques haute performance, les roulements hybrides sont de plus en plus plébiscités pour des applications exigeantes.

Ils offrent, en effet, des performances supérieures en cas de vitesses ou de températures élevées ou encore d'une lubrification marginale.

Ces caractéristiques leur valent d'être utilisés au sein de moteurs à réaction et dans d'autres équipements aéronautiques critiques. Leur résistance électrique élevée se révèle, par ailleurs, particulièrement utile dans des applications comme les moteurs électriques et générateurs où des courants vagabonds risqueraient d'endommager les surfaces en acier des roulements.

Les matériaux céramiques offrent de nombreuses propriétés tribologiques qui en font la solution idéale pour maximiser la performance des roulements. Les céramiques modernes, comme le nitrure de silicium, allient dureté et légèreté et permettent d'obtenir un état de surface extrêmement fin. Ces matériaux présentent toutefois certains inconvénients. Malgré des efforts constants d'amélioration de leur ténacité, ils peuvent poser des problèmes de tolérance aux dommages, autrement dit de sensibilité aux imperfections pré-existantes en sous-couche ou en surface, d'où un risque d'altération de l'intégrité des éléments roulants en céramique utilisés dans les roulements hybrides.

Pour lutter contre la survenue de ces problèmes en service, les éléments en céramique des roulements font l'objet de la plus grande attention lors des opérations de fabrication et d'assemblage, avec un contrôle qualité extrêmement strict, et d'une inspection rigoureuse avant leur départ de l'usine. Les produits ainsi obtenus présentent d'excellentes performances en service. Cependant, cette approche entraîne des coûts qui freinent l'adoption plus large de la technologie des roulements hybrides.

Une difficulté rencontrée par les fabricants réside dans le manque de modèles satisfaisants pour évaluer la tolérance aux dommages des roulements en céramique. Certains défauts superficiels sont si légers qu'ils n'ont aucun impact sur les performances ou la longévité du roulement, mais faute de connaître avec exactitude les limites acceptables, les fabricants se montrent prudents et sont ainsi amenés à rejeter des composants qui auraient pu donner l'entière satisfaction en service.

Désormais, une équipe du département Recherche et Technologie de SKF au Pays-Bas aide à lever les zones d'incertitudes relatives au contrôle qualité des produits en céramique. Cette équipe a mis au point un nouveau modèle prédictif de la tolérance aux dommages des éléments roulants en céramique utilisés dans les roulements hybrides pour permettre aux fabricants de connaître avec précision le seuil à partir duquel une imperfection microscopique devient problématique.

L'équipe s'est appuyée sur une vaste série de tests réalisés avec des roulements hybrides présentant des défauts introduits artificiellement sur la surface de leurs éléments roulants en céramique. Une variété d'imperfections courantes ont ainsi été étudiées dans le cadre de ce projet : marques de contact, rayures superficielles pouvant être causées par les opérations de polissage, fissures circulaires ou en C produites par un choc ou encore les cavités dans la surface pouvant résulter de défauts des matériaux céramiques. Les imperfections artificielles ont été créées selon plusieurs méthodes consistant par exemple à frapper la surface des billes en céramique d'une manière contrôlée pour provoquer une fissure, ou à recourir à l'usinage au laser pour créer une cavité de dimensions et de formes précises.

Ces roulements ou composants en céramique ont ensuite été soumis à des tests sur un banc d'essai d'endurance dans des conditions de charge et de lubrification extrêmement variées, jusqu'à la défaillance ou l'écoulement de la durée fixée. L'équipe a répété ses expériences avec différents types et tailles d'imperfections. Certains roulements ont été poussés jusqu'à la défaillance, tandis que d'autres ont été retirés du banc d'essai avant d'atteindre ce stade pour que l'équipe puisse étudier au microscope l'apparition et la propagation des fissures dans le matériau.

Les résultats des tests ont ensuite été exploités pour créer un nouveau modèle permettant, sur la base de la mécanique de la rupture, de prédire la tolérance aux dommages des éléments roulants en céramique.

« Nous avons basé nos travaux sur la mécanique de la rupture, en ajoutant quelques éléments pertinents supplémentaires pour tenir compte des propriétés uniques et des mécanismes de défaillance des matériaux céramiques dans les conditions de service des roulements hybrides au cœur des applications. Notre nouveau modèle tient notamment compte des interactions entre le matériau du roulement et le lubrifiant. Le lubrifiant qui pénètre dans une fissure ou une cavité dans un roulement est comprimé sous l'effet des charges du roulement. Cette compression peut générer une contrainte de traction indésirable susceptible d'altérer la résistance à la fatigue d'un matériau. » explique Junbiao Lai, scientifique senior chez SKF.

Junbiao Lai et son équipe sont confiants sur la capacité de leur nouveau modèle à refléter avec précision le comportement des roulements hybrides en conditions de service réelles et travaillent actuellement avec les ingénieurs de fabrication SKF pour mettre en application les résultats de leurs recherches. « Le modèle nous permet de prédire si une imperfection restera stable ou peut conduire à l'apparition et à la propagation de fissures. »

Au final, ces travaux devraient accroître la rentabilité des roulements hybrides haute performance et élargir les applications susceptibles de tirer profit de leurs propriétés uniques, particulièrement intéressantes.

SKF figure parmi les premiers fournisseurs mondiaux de roulements, joints, composants mécatroniques, systèmes de lubrification et services incluant l'assistance technique, les services de maintenance et de fiabilité, le conseil technique et la formation. SKF est représenté dans plus de 130 pays et dispose d'un réseau d'environ 17 000 distributeurs à travers le monde. En 2017, SKF France a réalisé un chiffre d'affaires de 1 milliard d'euros avec un effectif de plus de 3 000 collaborateurs en France. www.skf.fr

© SKF est une marque déposée du Groupe SKF.