Titre :

Etude des phénomènes de grippage dans le cas d’un contact acier-acier phosphaté et graissé : application au domaine OCTG

Résumé :

Dans le domaine OCTG (Oil Country Tubular Goods), les colonnes servant à extraire le pétrole ou le gaz dans les puits sont constituées de tubes vissés les uns aux autres. La partie vissée, appelée la connexion est conçue de manière à supporter les contraintes mécaniques et garantir l’étanchéité de la colonne. Pour ce faire, la connexion comprend notamment une zone de contact sous haute pression appelée la portée. Des traitements de surface et graisses de vissage sont appliqués sur les surfaces pour les préserver. Néanmoins, dans certains cas, les conditions de glissement et de chargement à la portée occasionnent de l’usure et du grippage. Le grippage est une forme d’usure sévère qui modifie macroscopiquement la rugosité des surfaces. En connexion, son apparition peut entrainer des fuites. Ce travail de thèse porte sur la mise au point d’une démarche expérimentale permet d’analyser le scénario d’endommagement d’une interface dans des conditions représentatives de celles subies par la portée des connexions. Également, le comportement d’une interface acier carbone contre acier carbone avec traitement de phosphate manganèse et une graisse de vissage est étudié. Ce dernier se base sur le principe de la norme ASTM G196, deux échantillons cylindriques sont mis en contact section contre section. La procédure de test consiste à appliquer une charge normale et une rotation alternée sur l’un des échantillons. Lors de ces travaux de thèse, un critère de grippage simple et robuste a été mis au point pour détecter l’apparition du grippage dans l’interface. Ce critère se base sur le suivi quantitatif des fluctuations de la force de frottement, l’amplitude de ces fluctuations devenant plus grande avec l’apparition du grippage. Le scénario d’endommagement de l’interface phosphate manganèse – graisse a été étudié grâce au test de grippage dans le cas de deux graisses de vissage. La première est une graisse contenant, entre autres, des particules de plomb, la seconde est sans métaux lourds. Le scénario d’endommagement varie considérablement selon la graisse employée. Dans le cas de la graisse sans plomb, on observe la formation de tribofilms à partir des débris de phosphate manganèse et des additifs solides de la graisse. Après une phase de rodage assez longue, l’interface connait un équilibre entre destruction et reformation des tribofilms jusqu’à épuisement de la couche de phosphate manganèse. Dans le cas de la graisse au plomb, les tribofilms sont épais et se forment également à partir de débris de phosphate manganèse et des additifs solides de la graisse. Leur formation est rapide et la tenue de ces couches protectrices ne dépend ensuite pas de la présence de la couche de phosphate manganèse. L’impact de l’application de graisse fraîche périodique sur les surfaces a été étudié pour chaque graisse. Le protocole de regraissage a été calqué sur celui appliqué en connexion entre chaque dévissage et vissage. Dans le cas de la graisse au plomb, aucun impact n’a été observé. Dans le cas de la graisse sans plomb, l’application de graisse fraîche interfère dans la reformation des tribofilms en chassant du contact les particules d’usure et de graisse mélangée mécaniquement. Cela conduit à une consommation plus rapide de la couche de phosphate manganèse et donc une durée de vie moins grande. Une analyse paramétrique sur la configuration avec la graisse sans plomb a permis la formalisation de la durée de vie en fonction du produit de la pression de contact et de la vitesse de glissement pv. L’analyse paramétrique pourrait être approfondie, notamment par l’étude de la fréquence des regraissages, et élargie à la graisse au plomb et d’autres configurations de traitement de surface et/ou graisse.

Mots clefs :

Grippage, usure, phosphate manganèse, graisse, tribofilm, OCTG

Title :

Study of galling phenomenon in a phosphate carbon steel interface with grease : application to OCTG field

Abstract :

In the OCTG (Oil Country Tubular Goods) sector, the tubular goods used to extract oil or gas from wells are made up of tubes screwed together. The screwed part, known as the connection, is designed to withstand mechanical stresses and guarantee the column's tightness. To this end, the connection includes a high-pressure contact zone called the seal. Surface treatments and thread compounds are applied to the surfaces to preserve them. However, in some cases, sliding and loading conditions at the seal can lead to wear and galling. Galling is a severe form of wear that macroscopically modifies surface roughness. In connexions, it can lead to leakage. The aim of this thesis is to develop an experimental approach for analyzing the damage scenario of an interface under conditions representative of those experienced by the seal of connexions. It also investigates the behavior of a carbon steel/carbon steel interface treated with manganese phosphate and a grease by using the galling test. Based on the principle of ASTM G196 test, two cylindrical samples are brought into contact with ends mated. The test procedure consists in applying a normal load and alternating rotation to one of the samples. During this thesis work, a simple and robust galling criterion was developed to detect the onset of galling in the interface. This criterion is based on the quantitative monitoring of friction force fluctuations, the amplitude of which increases with the onset of galling. The damage scenario for the manganese phosphate - grease interface was investigated using the galling test for two different greases. The former is a grease containing, among other things, lead particles, while the latter is free of heavy metals. The damage scenario varies considerably depending on the grease used. In the case of lead-free grease, tribofilms are formed from manganese phosphate debris and solid grease additives. After a long running-in phase, the interface undergoes an equilibrium between tribofilm destruction and reformation, until the manganese phosphate layer is fully consumed. In the case of lead grease, tribofilms are thick and are formed from manganese phosphate debris and solid grease additives as well. They form rapidly, and the durability of these protective layers is not dependent on the presence of the manganese phosphate layer. The impact of periodic application of fresh grease on the surfaces was studied for each grease. The regreasing protocol was modelled on that applied in connection between each break-out and make-up. In the case of lead grease, no impact was observed. In the case of lead-free grease, the application of fresh grease interferes with tribofilm reformation by driving wear particles and mechanically mixed grease out of contact. This leads to faster consumption of the manganese phosphate layer, and consequently shorter lifetime. A parametric analysis of the lead-free grease configuration has enabled us to formalize lifetime as a function of the product of contact pressure and sliding velocity *pv*. The parametric analysis could be extended to lead grease and other surface treatment and/or grease configurations, in particular by studying relubrication frequency.

Key words :

Galling, scuffing, wear, manganese phosphate, grease, tribofilm, OCTG