HAL
open science

UTILISATION DES CARBONES POUR LA LUBRIFICATION : PARAMÈTRES CLÉS POUR LA RÉDUCTION DU FROTTEMENT

P. Thomas, R. Sellik, Farid Begarin, Marc Dubois, Katia Guérin, Jean-Louis Mansot, Laurence Romana

▶ To cite this version:

P. Thomas, R. Sellik, Farid Begarin, Marc Dubois, Katia Guérin, et al.. UTILISATION DES CARBONES POUR LA LUBRIFICATION : PARAMÈTRES CLÉS POUR LA RÉDUCTION DU FROTTEMENT. Société Francophone d'Etude des Carbones SFEC 2017, 2017, Oléron, France. hal-02429599

HAL Id: hal-02429599

https://hal.univ-antilles.fr/hal-02429599v1

Submitted on 10 Jan 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Utilisation des carbones pour la lubrification : Paramètres clés pour la réduction du frottement

P. Thomas[1], R. Sellik[1], F. Begarin[2], M. Dubois[3], K. Guérin[3], J.L. Mansot[1,2], L. Romana[1]

[1]Groupe de Technologie des Surfaces et Interfaces (G.T.S.I.), E.A. 2432, Faculté des Sciences Exactes et Naturelles, Université des Antilles, 97159 Pointe-à-Pitre Cedex (France)

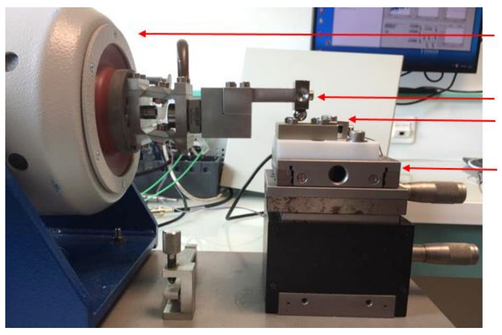
[2]Centre Commun de Caractérisation des Matériaux des Antilles et de la Guyane (C³MAG), Faculté des Sciences Exactes et Naturelles, Université des Antilles, 97159 Pointe-à-Pitre Cedex (France)

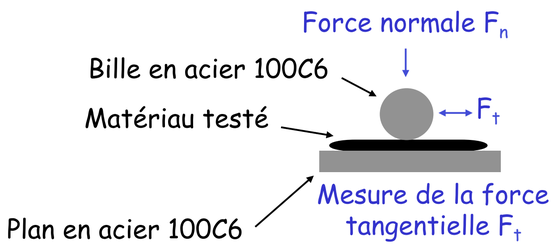
[3]Institut de Chimie de Clermont-Ferrand, UMR 6002, Université Blaise Pascal Clermont-Ferrand, 63177 Aubières (France)

Introduction

Un lubrifiant liquide actuel est composé d'une base (huile minérale ou de synthèse) à laquelle sont ajoutés des additifs améliorant ses propriétés physico-chimiques et ses propriétés réductrices de frottement et d'usure (additifs réducteurs de frottement, additifs anti-usure). Les additifs conventionnels (dithiophosphates ou dithiocarbamates de métaux de transition) sont performants dans le cas de surfaces frottantes en alliages ferreux mais deviennent inefficaces si les substrats sont peu réactifs. De plus, les surfaces subissent une usure importante lors de la période de formation du tribofilm (période d'induction). Ainsi les nouvelles stratégies de lubrification utilisent des particules colloïdales en dispersion dans la base. L'approche consiste à approvisionner le contact glissant en particules solides, susceptibles de constituer instantanément le film tribologique sans réactions chimiques avec les substrats. Les matériaux lamellaires, en raison de leur structure en feuillets, présentent de bonnes propriétés tribologiques. Ainsi, le graphite a longtemps été considéré comme le meilleur lubrifiant mais il devient abrasif en l'absence d'humidité, rendant son utilisation limitée. L'objectif de ce travail est d'identifier les paramètres clés conduisant à l'amélioration des propriétés réductrices de frottement et des propriétés anti-usure des carbones.

Détermination des paramètres tribologiques

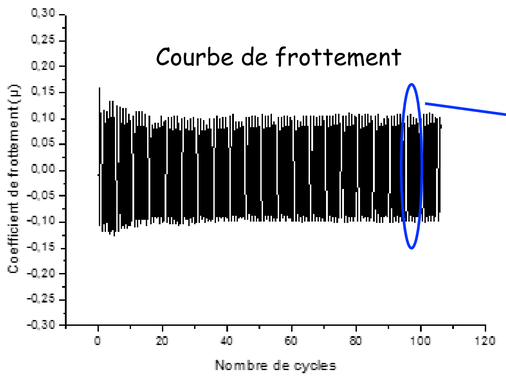


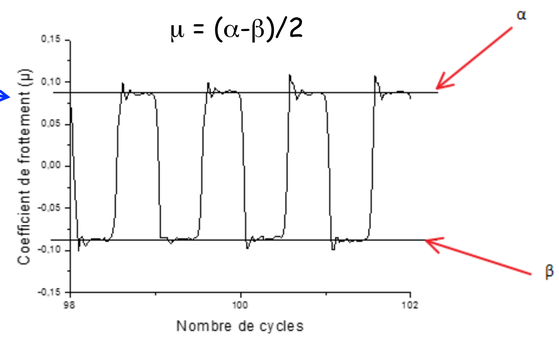


Conditions expérimentales :

- Force normale : 10 N
- Aire de contact : 140 µm
- Pression moyenne dans le contact : 0.65 GPa
- Vitesse de glissement de la bille : 6 mm/s

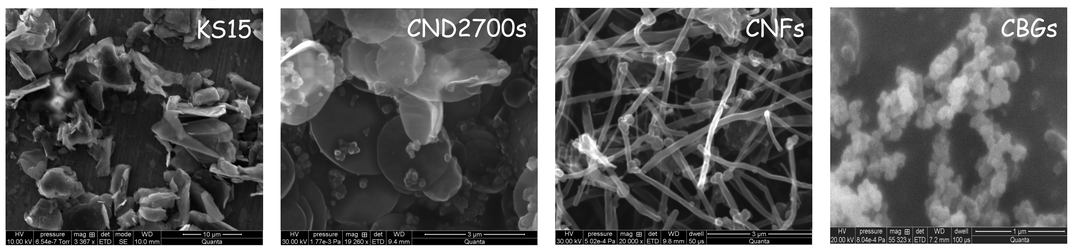
Coefficient de frottement : $\mu = F_t / F_n$





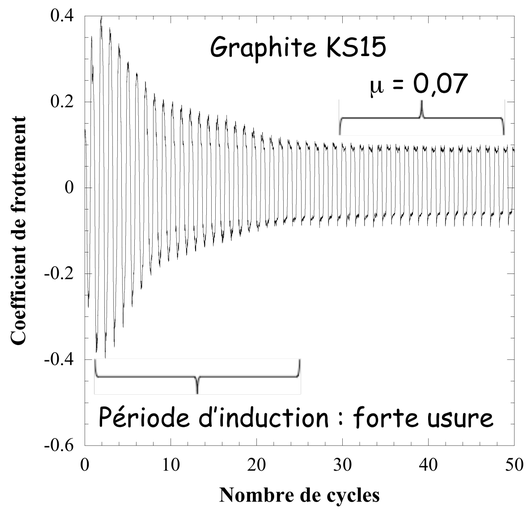
Carbones testés

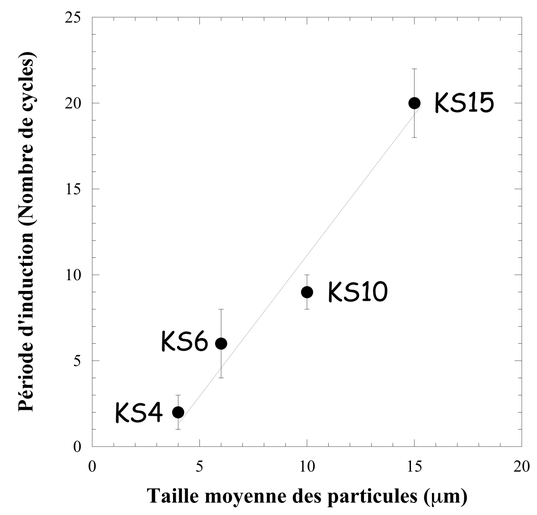
- Graphites synthétiques Timcal Timrex® KSx (où x correspond à la taille moyenne des particules)
- Nanodisques de carbone (NTech) non graphités (CNDs) et après traitement de graphitation à 2700°C sous atmosphère d'argon (CND2700s)
- Nanofibres de carbone CNFs (MER)
- Noirs de carbone graphités CBGs (Superior graphite)



Les nanocarbones sont fluorés sous atmosphère de fluor à des températures sélectionnées de manière à obtenir des taux de fluoration, exprimés par le rapport atomique F/C, compris entre 0,08 et 1.

Influence de la taille des particules

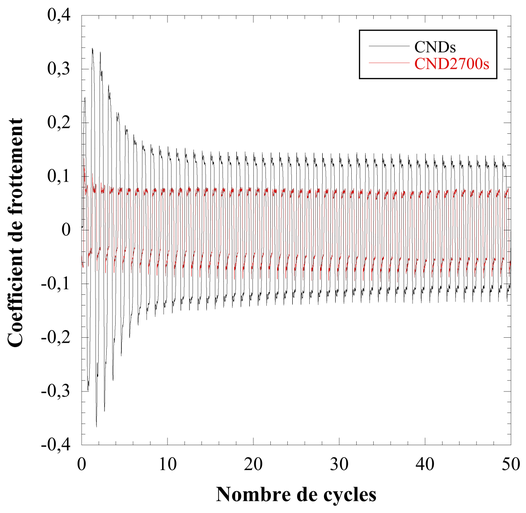




➡ La période d'induction (usure) diminue avec la taille des particules

Propriétés réductrices de frottement des nanocarbones

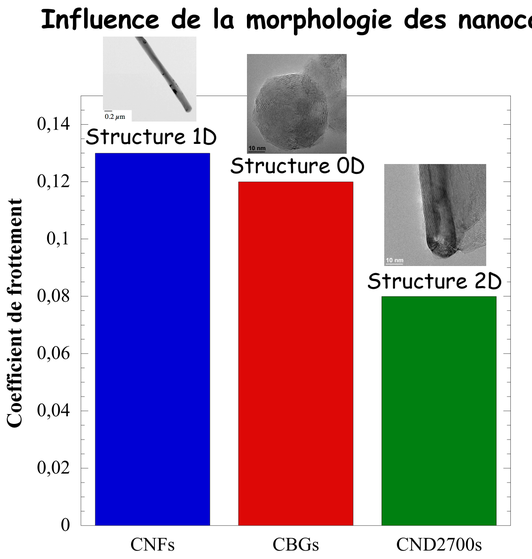
Influence de la nanostructuration



➡ La graphitation entraîne une diminution de l'usure

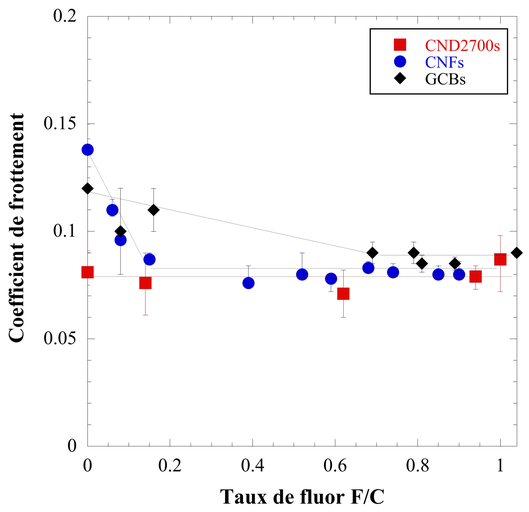
➡ Nette amélioration des propriétés réductrices de frottement pour le composé graphité

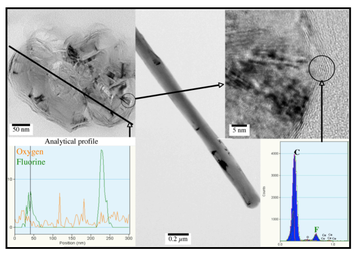
Influence de la morphologie des nanocarbones

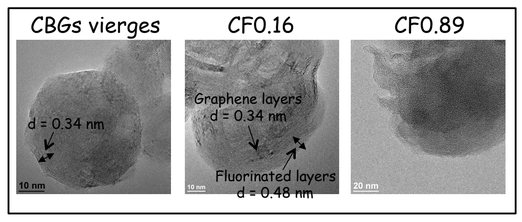


➡ La structure « plate » des CNDs est plus favorable → alimentation plus facile du contact glissant en nanoparticules

Influence de la modification de l'état de surface par fluoration







➡ La fluoration améliore les propriétés réductrices de frottement des CNFs et CBGs. On ne constate plus d'évolution du coefficient de frottement à partir d'une valeur seuil de F/C [1,2].

➡ Pas d'évolution du coefficient de frottement pour les CNDs fluorés [3].

➡ Fluoration des couches externes puis progression vers le cœur des particules pour les CNFS et CBGs. Dans le cas des CNDs, la fluoration se produit par la tranche et concerne tout le volume dès le début du processus.

Le mécanisme de réduction du frottement résulte d'effets de surface dans les cas des CNFs et CBGs et d'effets de « bulk » dans les cas des CNDs [4].

Conclusion

La détermination des propriétés tribologiques de diverses structures carbonées a permis l'identification de paramètres clés pour l'amélioration des propriétés réductrices de frottement. La taille des particules ainsi que l'état d'organisation de la structure a une grande influence sur la période de formation du film tribologique protecteur. Ainsi, l'usure des surfaces frottantes sera limitée au début du processus de frottement par l'emploi de nanoparticules graphitisées. La fluoration des nano-objets carbonés entraîne une optimisation des performances lubrifiantes des composés se traduisant par de très faibles valeurs du coefficient de frottement. Les mécanismes de réduction du frottement diffèrent selon la morphologie des nanostructures carbonées impliquant des effets de surface ou de volume. Les nanocarbones apparaissent ainsi comme une famille d'additifs prometteurs pour la réduction du frottement et de l'usure.

Références

[1] P. Thomas, D. Himmel, J.L. Mansot, M. Dubois, K. Guérin, W. Zhang, A. Hamwi,Tribol. Letters 34, 49 (2009)
[2] P. Thomas, J.L. Mansot, A. Molza, F. Bégarin, M. Dubois, K. Guérin,,Tribol. Letters 56, 259 (2014)
[3] P. Thomas, D. Himmel, J.L. Mansot, W. Zhang, M. Dubois, K. Guérin, A. Hamwi,Tribol. Letters 41, 353 (2011)
[4] P. Thomas, P. Bilas, A. Molza, L. Legras, J.L. Mansot, K. Guérin, M. Dubois, Fluorinated Nanocarbons for Lubrication, chapter 14 in New Fluorinated Carbons: Fundamentals and Applications, ed. Olga Boltalina, Tsuyoshi Nakajima and Alain Tressaud, 325 (2016)

ACKNOWLEDGEMENTS:
The authors would like to thank the Conseil Régional de la Guadeloupe, the European Regional Development Fund and the European Social Fund for their financial supports.