

Influence des conditions d'anodisation sur les mécanismes tribologiques de Stick-Slip

C. BATAILLE^a, M. BIGERELLE^a

a. LAMIH UMR CNRS 8201, 59313 Valenciennes Cedex 9, France,
maxence.bigerelle@gmail.com

Résumé :

Nous proposons d'étudier la réponse topographique de surface sur l'apparition de stick-slip d'une tige coulissante, dont l'étanchéité d'air est assurée par un joint polymérique. Une surface métallique anodisée présente un mécanisme de stick-slip et l'autre non. L'objectif de cette étude est de trouver le(s) paramètre(s) pertinent(s) qui caractérise(nt) ce phénomène ainsi que l'échelle spatiale de rugosité la plus adaptée. Le S_{dq} (pente moyenne des profils de la rugosité) est le paramètre le plus pertinent. En effet, le stick-slip apparaît quand la rugosité augmente sur le calcul des pentes locales (angle d'attaque plus obtus). Ce mécanisme est dû à une faible colmatation des pores qui augmente ainsi la rugosité.

Abstract:

A sliding contact between different anodized rods and a polymeric seal is analysed. Some rods displays a stick-slip phenomenon and others present a continuous sliding contact. The aim of this study is to investigate the topographical difference between these two configurations. The most relevant parameter able to distinguish the stick-slip phenomenon and the relevant scale are being sought. The S_{dq} (mean roughness slope profile) surface roughness parameter enables us to characterize the stick. The stick-slip phenomenon occur when the surface roughness increase on the local slopes calculation (angle of attack is more obtuse). As a conclusion, a low clogged level of pores increase the surface roughness.

Mots clefs : Stick-Slip ; Anodisation ; Etat de surface

1 Introduction

L'objectif de cette étude est de comprendre l'apparition ou non de stick-slip sur la surface des cylindres anodisés et colmatés par la caractérisation de leur état de surface. Cela amène à discerner les signatures des procédés d'usinage sur l'état de surface des pistons testés pour analyser l'homogénéité radiale et axiale des topographies des cylindres. L'article [1] met d'ailleurs en évidence l'impact de la rugosité sur la force radiale qui influence directement le mouvement de stick-slip. La pression de contact amenant à la déformation locale des aspérités. Le paramètre de rugosité le plus pertinent permettant de caractériser le mouvement de stick-slip et l'échelle la plus appropriée pour observer ce phénomène sont recherchés.

2 Matériaux et méthodes

2.1 Matériaux

Les deux cylindres anodisés colmatés étudiés sont en alliage d'aluminium. Ils sont testés en contact avec un joint en Polyéthylène au sein d'un moteur pneumatique. L'un présente du stick-slip l'autre présente un mouvement continu.

2.2 Méthode de mesure

Un interféromètre 3D à lumière blanche (NewView 7300, ZygoTM) équipé d'objectifs x5, x20 et x100 est utilisé afin de réaliser les mesures d'état de surface à différentes échelles. La résolution suivant z obtenue est de 1nm. 3 campagnes de mesures sont ainsi réalisées :

- Un objectif x5 est utilisé pour mesurer les surfaces à échelle macroscopique avec une résolution latérale de 2.19 μm . Un stitch de 1,405 mm x 74.6 mm (1 x 88 images) est réalisé suivant 5 génératrices réparties équitablement autour l'axe de révolution des cylindres (tous les 72°).
- L'objectif x20 est utilisé pour mesurer les surfaces à échelle microscopique avec une résolution latérale de 0.71 μm . Un stitch de 2.04 mm x 2.16 mm (7 x 10 images) est réalisé tous les 25 mm suivant 5 génératrices réparties équitablement autour l'axe de révolution des cylindres (tous les 72°).
- L'objectif x100 est utilisé pour mesurer les surfaces à échelle nanoscopique avec une résolution latérale de 0.34 μm . Un stitch de 0.52 mm x 0.52 mm (9x13 images) est réalisé tous les 35 mm le long de 2 génératrices.

2.3 Méthode d'analyse

Le logiciel MesrugTM [2, 3], développé au sein du laboratoire des auteurs, est utilisé pour réaliser la caractérisation multi-échelle du phénomène stick-slip. On recherche l'échelle la plus appropriée pour caractériser le mouvement stick-slip de par l'utilisation d'un filtre de type Gaussien passe-haut, passe-bas et passe-bande à différentes longueurs de coupure. Une étude multi-échelle de l'état de surface des cylindres est ainsi réalisée. La variance des paramètres de rugosités à différentes échelles est ainsi calculée en fonction de la performance des cylindres (effet stick-slip ou non) permettant de trouver le paramètre de rugosité discriminant le stick-slip.

3 Résultats

L'analyse des mesures macroscopiques n'ont pas permis de discriminer le phénomène de stick-slip. A échelle microscopique, le graphique (fig. 1) montre l'évolution multi-échelle du paramètre R_a (rugosité moyenne arithmétique) avec application d'un filtre gaussien passe-haut. Un seuil de pertinence est observé à 100 μm . En dessous de ce seuil, le R_a permet de distinguer les échantillons présentant un mouvement stick-slip et les échantillons présentant un mouvement continu. Au-dessus de ce seuil, les deux types d'échantillons ne sont plus distinguables. D'après l'analyse multi-échelle, les cylindres présentant un mouvement de stick-slip ou non ne peuvent pas être discriminés à une échelle se situant au-dessus de 100 μm .

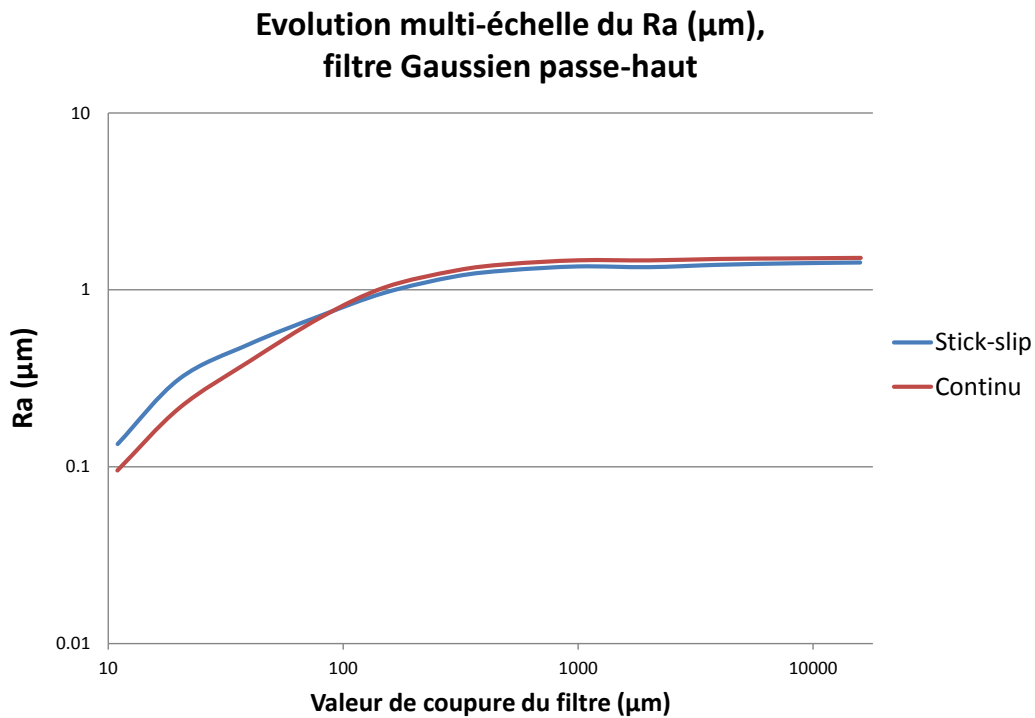


Fig.1 Comparaison multi-échelle des valeurs de Ra pour un cylindre continu et un cylindre présentant du stick-slip avec utilisation d'un filtre gaussien passe-haut.

A échelle nanoscopique, le S_{dq} (pente moyenne des profils de la rugosité) permet de caractériser le stick. Le phénomène de stick-slip apparaît lorsque la rugosité augmente sur le calcul des pentes (avec des angles plus obtus). Par conséquent, l'analyse par segmentation basée sur l'analyse des motifs 3D est investiguée.

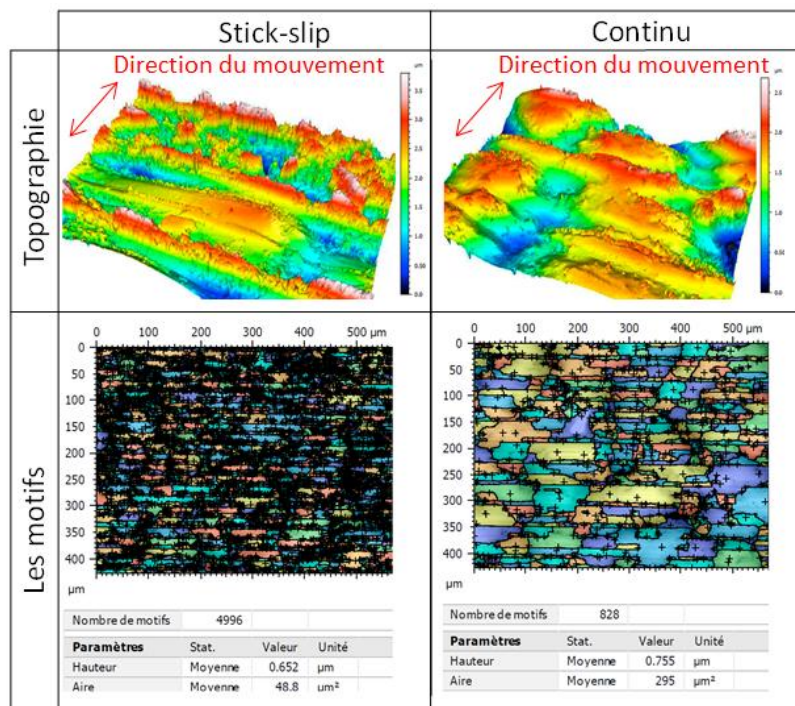


Fig.2 Topographies et analyse des motifs 3D pour une surface présentant du stick-slip et une surface à mouvement continu.

Les surfaces présentant du stick-slip (fig. 2) présentent un plus grand nombre de motifs que les surfaces présentant un mouvement continu. De plus, les aires des motifs de la surface présentant un mouvement continu sont plus larges. Cela permet d'augmenter l'aire de contact entre les aspérités. Un plus grand nombre de pics sont également observés pour les surfaces du cylindre présentant du stick-slip.

4 Interprétation et conclusion

Une analyse par segmentation de la topographie de surface permet de préciser l'origine morphologique de ce phénomène. En effet, en utilisant la méthode de la norme 3D des motifs, il apparaît clairement que les motifs de taille plus importante s'opposent au stick-slip. De plus, les surfaces présentant le phénomène de stick-slip présentent un nombre de motifs 6 fois supérieur à celui des échantillons à mouvement continu. Il est démontré, à échelle nanoscopique, que l'augmentation du nombre de pics et de la dimension fractale engendre la structure de type stick-slip.

Par contre, à échelle microscopique, le S_a (moyenne arithmétique du niveau de rugosité) permet une discrimination sur le phénomène de stick-slip seulement pour des échelles inférieures à 100 μm .

Il est alors montré que le traitement de colmatage change fortement la morphologie de surface. On observe un faïençage de la couche de colmatation. Durant le colmatage, le faïençage est le plus souvent mis sur le compte de la différence entre les propriétés physiques et mécaniques du substrat et de la couche d'oxyde, notamment la différence entre les coefficients de dilatation et les modules d'élasticité. Il ressort que le mécanisme de stick-slip est dû à une faible colmatation des pores, ce qui augmente la rugosité. La bibliographie [4] confirme la taille de 10 μm sur les structures poreuses sur l'aluminium qui est confirmé par l'analyse multi-échelle.

Références

- [1] P.J. Wei, P.J. Tsai, J.F. Lin. Analysis based on microcontact mechanism for the roughness dependent stick – slip motion. *Wear* 2009, 266, pp.310–315.
- [2] R. Deltombe, K.J. Kubiak, M. Bigerelle. How to select the most relevant 3D roughness parameters of a surface. *Scanning* 2014, 36, pp. 150–60.
- [3] M. Bigerelle, D. Najjar, T. Mathia, A. Iost, T. Coorevits, K. Anselme. An expert system to characterise the surfaces morphological properties according to their tribological functionalities: The relevance of a pair of roughness parameters. *Tribology International* 2013, 59, pp.190–202.
- [4] Shahzad M. Influence de la rugosité et des traitements d'anodisation sur la tenue en fatigue des alliages d'aluminium aéronautique. Thesis, Toulouse University, 2011.