

Vers une maîtrise de la nanostructuration de surface couplée aux traitements thermochimiques pour une augmentation de la résistance à l'usure.

V. Lacaille^{1,2,3,4}, C. Morel², E. Feulvarch³, V. Peres⁴, G. Kermouche⁴ et J.-M. Bergheau³

1. EIGSI, 26 rue François de Vaux de Foletier, 17001 La Rochelle Cedex 01

2. Winoa, 528 avenue de Savoie, 38570 Le Cheylas

3. Univ. Lyon, ENISE, LTDS, UMR 5513 CNRS, 58 rue Jean Parot, 42023 Saint-Étienne Cedex 2

4. École des Mines de Saint-Etienne, Département Sciences des Matériaux et Structures, LGF UMR 5307 CNRS, 158 Cours Fauriel 42023 Saint-Étienne

MOTS CLES

Nitruration, nanostructuration, usure, thermogravimétrie, méthode des éléments finis

INTRODUCTION

La recherche croissante de performances pour les pièces mécaniques, notamment dans l'industrie aéronautique et automobile, conduit les ingénieurs à optimiser leurs surfaces fonctionnelles, et ce dès l'étape de leur fabrication. Cette optimisation consiste en un renforcement des surfaces fonctionnelles, se traduisant par une augmentation de la dureté, de la tenue en fatigue et de la résistance à l'usure. Parmi les procédés pouvant mener à de tels résultats, on peut citer les traitements de nanostructuration de surface comme le NanoPeening® [1] et les traitements thermochimiques comme la nitruration.

Depuis les quinze dernières années, de nombreuses approches expérimentales ont montré qu'il était possible d'améliorer l'efficacité des traitements thermochimiques comme la nitruration en leur appliquant un prétraitement de nanostructuration mécanique de surface [2]. Cela se traduit par une augmentation de la profondeur nitrurée, une diminution de la température de nitruration [3], une augmentation de la dureté [3] et une augmentation de la résistance à l'usure [4]. On impute cette plus grande efficacité à une multiplication du nombre de joints de grain qui jouent le rôle de canaux de diffusion rapide.

Ces travaux présentent les investigations expérimentales et numériques qui ont été conduites dans le but de prédire le gain représenté par un tel prétraitement sur la nitruration. Dans un premier temps, une étude expérimentale permet de montrer quels en sont les effets *in-situ* durant la nitruration. Dans un second temps, une étude numérique permet de présenter un premier modèle de prévision des effets du traitement de NanoPeening® sur la nitruration et ses principaux résultats.

NITRURATION EXPÉRIMENTALE D'UN FER PUR

La Figure 1 présente les courbes d'analyse thermogravimétrique obtenues durant la nitruration d'échantillons de fer pur traités ou non par NanoPeening®. On y observe que durant les premières minutes de traitement, les échantillons nanostructurés présentent une forte vitesse de prise de masse en azote, contrairement aux échantillons non prétraités. Ce pic de vitesse est dû à la nanostructure obtenue par NanoPeening® qui présente de nombreux joints de grain qui sont autant de canaux de diffusion rapide.

NITRURATION NUMÉRIQUE D'UNE PIÈCE EN FER PUR

La Figure 2 présente les courbes de concentration en azote en fonction du temps obtenues à partir d'une simulation de la nitruration sur une piste de roulements à billes. Ces courbes sont obtenues

pour trois profondeurs différentes sous la piste et pour deux types de prétraitement mécanique : avec ou Sans NanoPeening®. On observe que pour les échantillons traités en NanoPeening®, le temps mis pour atteindre une certaine concentration est bien moins important que pour les échantillons non prétraités. Pour un point situé à 132µm sous la surface, cela signifie par exemple que ce prétraitement permet de réduire de 87% le temps de nitruration nécessaire pour obtenir une certaine concentration en azote.

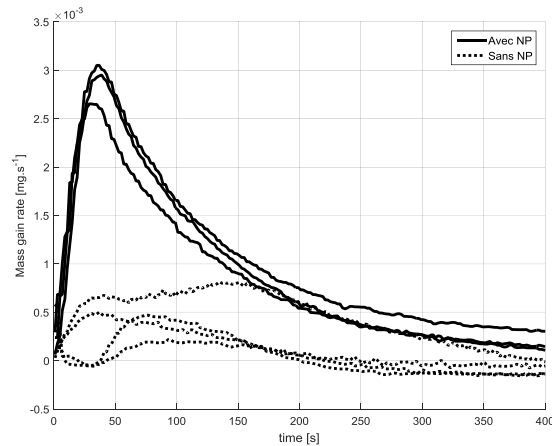


Figure 1 : Analyse thermogravimétrique présentant la vitesse de rentrée de l'azote en fonction du temps pour différents niveaux de nanostructuration.

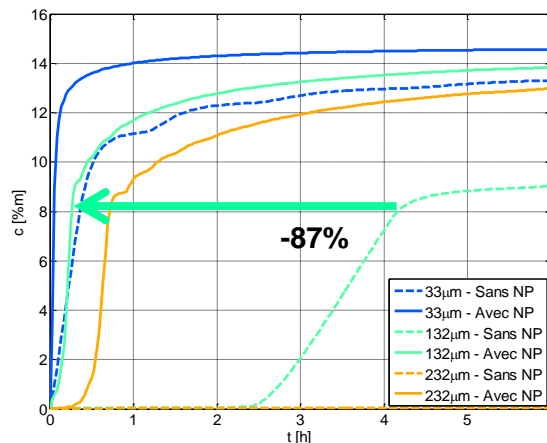


Figure 2 : Évolution temporelle de la concentration en azote dans une piste de roulement à billes à trois profondeurs sous la surface. Influence du prétraitement de NanoPeening®.

Références

- [1] T. Prezeau, T. Muller, M. Baron, J. Samuel, E. Dransart (2014) « *Surface treatment of a metal part* », Google Patents
- [2] J. Gu, D. Bei, J. Pan, J. Lu, K. Lu, (2002) « *Improved nitrogen transport in surface nanocrystallized low-carbon steels during gaseous nitridation* », Mater. Lett., **340**, pp. 340-343.
- [3] W.-P. Tong, N.-R. Tao, Z.-B. Wang, J. Lu, K. Lu, (2003) « *Nitriding iron at lower temperatures* », Science, **299**, pp. 686-688.
- [4] Y. Lin, J. Lu, L. Wang, T. Xu, Q. Xue, (2006) « *Surface nanocrystallization by surface mechanical attrition treatment and its effect on structure and properties of plasma nitride AISI 321 stainless steel* », Acta Mater., **54**, pp. 5599-5605