

## SUJET DE THESE

### **Nitruration et nitro-carburation gazeuse d'aciers à outils : influences des paramètres matériaux et procédés sur les propriétés en service des surfaces.**

#### **CONTEXTE ET PROJET D'ETUDE**

LISI Automotive, filiale du groupe LISI rassemblant plus de 11 000 collaborateurs au niveau mondial, est un acteur important du monde automobile et fournit aux différents acteurs du marché des solutions d'assemblages sous différentes formes (vissées et clippées) ainsi que des composants mécaniques de sécurité comme les barres de torsion pour le système d'enrouleur de ceinture de sécurité, ou les freins électriques de parking.

Les solutions vissées ou les composants mécaniques de sécurité sont mis en forme par déformation plastique à froid (frappe à froid) de différentes nuances d'acier alliés au chrome ou au bore. Une opération de traitement thermique (trempe et revenu) permet ensuite de contrôler la structure et par conséquent les propriétés mécaniques finales des pièces. Enfin, un traitement de surface est généralement appliqué pour garantir une protection sacrificielle contre la corrosion et/ou pour garantir des conditions de frottement optimales.

Lors de la déformation par frappe à froid de l'acier, les outils de mise en forme peuvent être fortement sollicités avec des niveaux de pression de contact qui peuvent atteindre plusieurs giga pascals. Dans ces conditions un traitement thermique et un traitement de surface des outils sont souhaités pour garantir leur longévité et ainsi optimiser les coûts de fabrication (quelques dizaines d'euros maximum par millier de pièces).

Les exigences sur les propriétés mécaniques des composants mécaniques de sécurité par exemple, allant toujours croissant, les outils de mise en forme sont de plus en plus sollicités. Dans certains cas particuliers qui atteignent des niveaux de dureté de l'ordre de 420 HV pour satisfaire les exigences des constructeurs, l'obtention du filetage par roulage est de plus en plus problématique, avec des durées de vie d'outil (molette de roulage) de 5 000 pièces environ alors que l'outil pourrait normalement rouler environ 100 000 pièces. Dans ces conditions l'optimisation des traitements de surface actuellement mis en œuvre sur les molettes de roulage semble une priorité pour LISI Automotive et constitue l'objet de ce travail de recherche. L'étude a pour objectif d'étudier les traitements thermo-chimiques de nitruration et nitro-carburation appliqués à des pièces en aciers à outils, dans le but d'améliorer les propriétés mécaniques (résistance à la fatigue superficielle et à l'usure) sans dégrader les propriétés géométriques (rugosité) des surfaces.

Dans un premier temps, le travail consistera à réaliser un état de l'art, d'une part, sur les sollicitations et endommagements des pièces en aciers à outils de l'étude, et d'autre part, des traitements thermiques et thermo-chimiques appliqués aux aciers à outils afin d'en dégager les paramètres matériaux (composition chimique, métallurgie, états microstructural et microgéométrique) et procédés les plus influents sur les propriétés d'usage.

Les paramètres ainsi identifiés seront, dans un second temps, étudiés expérimentalement à l'aide d'une thermobalance afin de suivre les cinétiques de traitements sur des échantillons modèles. Les échantillons seront caractérisés par spectroscopie d'émission optique à source étincelle (composition chimique), microscopie optique et électronique à balayage, filiation de dureté et diffraction des rayons X (analyses de phase, contraintes résiduelles). Les résistances à l'usure seront étudiées par des essais de frottement et scratch tests représentatifs en fonction des paramètres procédés et matériaux. Une attention particulière sera apportée à la caractérisation et à l'influence des états microgéométriques avant et après traitements thermo-chimiques sur les propriétés des surfaces (frottement, usure). Cette deuxième partie permettra de mettre en évidence des solutions d'optimisations potentiels de paramètres matériaux et procédés qui seront appliquées dans un troisième temps à des pièces représentatives. Ces dernières seront caractérisées

métallurgiquement mais aussi mécaniquement grâce à des essais représentatifs des conditions réelles de service.

L'optimisation des paramètres matériaux et procédés s'appuiera sur des outils numériques de simulations thermodynamiques (Thermo-Calc) et de traitements thermochimiques développés au sein du laboratoire.

## PROFIL

75% du temps environ de l'étude sera consacré à l'expérimentation et 25% à la simulation du procédé.

Cette thèse fait partie d'un financement de type CIFRE (Conventions Industrielles de Formation par la Recherche) avec la société LISI Automotive (Groupe LISI).

Le doctorant sera employé par la société. Il sera détaché au laboratoire MSMP, Arts et Métiers ParisTech, Aix-en-Provence à 80 % de son temps. Les 20% du temps restant seront passés sur des sites de LISI Automotive (région de Franche Comté), notamment en début de thèse pour prendre connaissance du contexte de l'étude et pour faire l'état des lieux des outils utilisés et des traitements de surface actuellement en place.

Le candidat devra avoir de solides compétences dans les domaines Sciences des matériaux, Métallurgie et Mécanique des matériaux. De bonnes connaissances dans ces disciplines sont indispensables à la recevabilité de toute candidature. Le candidat devra faire preuve d'une grande autonomie et de curiosité.

**Date** : Septembre 2019

**Durée** : 3 ans

## PERSONNES A CONTACTER



### Laurent BARRALLIER

Laboratoire MSMP  
Professeur des Universités  
F-13617 Aix-en-Provence  
Tél. : +33(0)442938154  
[laurent.barrallier@ensam.eu](mailto:laurent.barrallier@ensam.eu)

### Sébastien JÉGOU

Laboratoire MSMP  
Maître de Conférences  
F-13617 Aix-en-Provence  
Tél. : +33(0)442938174  
[sebastien.jegou@ensam.eu](mailto:sebastien.jegou@ensam.eu)



### David MERCS

Directeur de la Recherche  
2 rue Juvénal Viellard  
90600 Grandvillars  
Tél. : +33 384585382 / +33 787856540  
[david.mercs@lisi-automotive.com](mailto:david.mercs@lisi-automotive.com)

### Joël ROSTAING

Materials and Treatments Manager  
2 rue Juvénal Viellard  
90600 Grandvillars  
Tél. : +33 384586326  
[joel.rostaing@lisi-automotive.com](mailto:joel.rostaing@lisi-automotive.com)