Science Arts & Métiers (SAM)
is an open access repository that collects the work of Arts et Métiers Institute of Technology researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in: https://sam.ensam.eu
Handle ID: .http://hdl.handle.net/10985/9803

To cite this version :

Hadrien WEIL, Alice COURLEUX, Guillaume BECK, Laurent BARRALLIER, Sébastien JÉGOU - Modélisation de la fatigue pour la nitruration gazeuse : méthodologie - In: Modélisation de la fatigue pour la nitruration gazeuse : méthodologie, France, 2015-05-27 - Modélisation de la fatigue pour la nitruration gazeuse : méthodologie - 2015

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository Administrator : scienceouverte@ensam.eu

Modélisation de la fatigue pour la nitruration gazeuse : méthodologie

Hadrien Weil[1,2,a], Sébastien Jégou[1], Laurent Barrallier[1], Alice Courleux[2] and Guillaume Beck[2]

[1]Laboratoire MSMP – Arts & Métiers ParisTech, 13617 Aix-en-Provence, France
[2]Hispano-Suiza – Groupe SAFRAN, 92707 Colombes Cedex, France

Résumé. Le but de cette étude est de mettre en place un modèle de calcul en fatigue prenant en compte les caractéristiques mécaniques d'un matériau nitruré. Le travail est réalisé sur acier de nuance 32CrMoV13 utilisé dans la conception de pignon de transmission de puissance par Hispano-Suiza.

1 Caractéristiques mécaniques des couches nitrurées

Lors de la nitruration gazeuse, un apport en azote dans les couches superficielles du matériau entraine une modification importante de la microstructure de l'acier. En effet, la présence de plusieurs types de nitrures et de carbures est à noter :
- Nitrures semi-cohérents résultant de l'association d'azote avec des éléments d'alliages ;
- Nitrures globulaires résultant de la transformation des carbures de revenu du matériau de base ;
- Cémentite alliée résultant des atomes de carbone libérés par la consommation des carbures de revenu.

Ces transformations microstructurales ont pour effet un durcissement des surfaces traitées ainsi que la genèse de contraintes résiduelles de compressions dans les couches [1].

2 Propriétés en fatigue des matériaux nitrurés

Les propriétés mécaniques générées par la nitruration sont bénéfiques pour une meilleure résistance à la fatigue du matériau. Ces propriétés peuvent être prises en compte dans des critères de fatigue multiaxiaux de type Crossland [2] par exemple :

$$E(\sigma_a^*, P_H^*) = \frac{\sigma_a^* + \alpha(N) P_H^* - \beta(N)}{\beta(N)} \times 100 \quad (1)$$

Le critère de Crossland est basé sur les contraintes alternées σ_a^* composante des contraintes appliquées au matériau indépendantes du temps et la pression hydrostatique maximum P_H^* associée. L'influence des propriétés mécaniques locales du matériau est présente sur les coefficients $\alpha(N)$ et $\beta(N)$ déterminés à partir d'essais de fatigue du matériau de base et de la dureté de la couche nitrurée [3].

[a] Corresponding author : hadrien.weil@ensam.fr

Il suit par exemple que si $E \geq 1$ il y a un risque de rupture avant que la durée de vie N soit atteinte pour une probabilité p donnée [4].

3 Modélisation du calcul en fatigue pour un matériau nitruré

Les propriétés mécaniques des couches nitrurées évoluant en fonction de la profondeur, il est important de pouvoir prédire la rupture pour chaque couche nitrurée. Un algorithme est conçu afin de calculer la durée de vie N, pour chaque profondeur, dans le cas d'un massif semi-infini et d'un chargement donné. Il sera par la suite transposé dans le cas d'une pièce plus complexe en faisant l'hypothèse que le coefficient $\alpha(N)$ et les paramètres matériaux restent les mêmes pour chaque profondeur. La relaxation des contraintes résiduelles lors du chargement sera aussi considérée comme négligeable. Un exemple de profils de durée de vie obtenu par cet algorithme, pour un chargement de type pression de Hertz, est visible sur la Figure 1 à différentes probabilités de rupture :

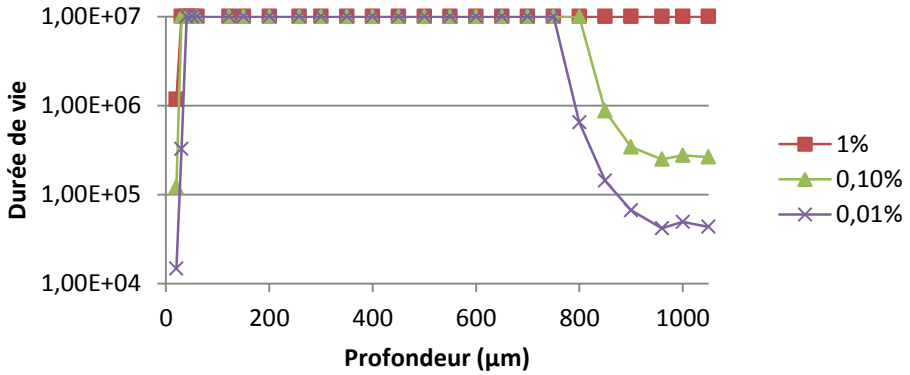

Figure 1. Profils de durée de vie, pour une pression de Hertz appliquée sur un massif semi-infini, à différentes probabilités de rupture.

Pour chaque profondeur, la valeur de N pour laquelle le critère E est égal à 0 (c'est-à-dire la limite de fatigue est atteinte) est recherchée à partir :
- d'une part de deux courbes de Wöhler, de rapports de charges différents, en supposant une faible variation du module d'Young lors de la nitruration;
- et d'autre part des profils de contraintes résiduelles et de dureté suite au traitement de nitruration.

Conclusion

A partir des critères de fatigue multiaxiaux (Crossland, Dang Van…), la rupture est prédite pour un matériau nitruré. La durée de vie pour chacune des couches nitrurées est calculée tout en tenant compte de leurs caractéristiques mécaniques.

Références

1. L. Barrallier, *Genèse des contraintes résiduelles de nitruration, étude expérimentale et modélisation*, Thèse ENSAM d'Aix-en-Provence, (1992)
2. B. Crossland, *Effect of large hydrostatic pressures on the torsionnal fatigue strengh of an alloy steel.* Fatigue of Metals-International Conférence-SEP 138 (1956)
3. A. Deperrois, *Sur le calcul de limite d'endurance des aciers*, Thèse Ecole Polytechnique, (1991)
4. B. Weber, *Fatigue multiaxiale des structures industrielles sous chargement quelconque*. Thèse INSA Lyon (1999)