

# Modèle de comportement pour la modélisation du grenailage et de la fatigue de l'Inconel 718

V. Boyer<sup>a,b</sup>, J.-P. Goulmy<sup>a,c</sup>, E. Rouhaud<sup>b</sup>, D. Retraint, L. Toualbi<sup>c</sup>,  
P. Kanouté<sup>c</sup>, S. Kruch<sup>c</sup>

<sup>a</sup>IRT-M2P, 4, rue Augustin Fresnel 57070 Metz, France

<sup>b</sup>Université de Technologie de Troyes (LASMIS), 12 rue Marie Curie, 10010 Troyes, France

<sup>c</sup>Onera- The French Aerospace Lab, F-92322 Châtillon, France

## Résumé :

*Le traitement de grenailage a pour but de créer des contraintes résiduelles de compression à la surface d'une pièce pour retarder l'amorçage des fissures de fatigue. Comprendre et modéliser l'impact du grenailage sur la durée de vie de disques Haute Pression fabriqués en Inconel 718 permettra, à terme, d'optimiser le procédé de traitement de surface. Un premier objectif est donc de réaliser un chaînage de simulations pour le grenailage puis la fatigue thermomécanique de l'Inconel 718. Il est alors nécessaire de proposer un modèle de comportement qui prenne en compte à la fois la sensibilité aux forts taux de déformation subit pendant le grenailage et l'évolution des différents écrouissages liée au grenailage puis à la fatigue thermomécanique subie par la pièce en service.*

## Abstract :

*The objective of shot peening is to generate a field of compressive residual stresses on the surface of a mechanical part to delay the onset of fracture. Understand the impact of shot peening on the fatigue life of disks made of Inconel 718 will enable to optimize the pre-stressing surface treatment. The objective is to propose a simulation of shot peening chained to a simulation of the thermomechanical fatigue life of Inconel 718. A constitutive model that could be used for both applications is then necessary. This study presents a elasto-visco-plastic constitutive model accounting for both the high deformation rates occurring during shot peening and the variation of the hardening parameters necessary to model shot peening and fatigue.*

**Mots clefs : Grenailage, fatigue thermomécanique, modèle de comportement**

## 1 Introduction

Le grenailage a pour but de créer des contraintes résiduelles de compression à la surface de la pièce traitée et retarde ainsi l'amorçage des fissures de fatigue. L'objectif de ce travail est d'étudier l'évolution, sous sollicitation thermomécanique, des contraintes résiduelles issues du grenailage pour un disque de turbine en Inconel 718. Cette pièce présente des hétérogénéités de microstructure dues

aux différentes étapes de fabrication de la pièce : forgeage, traitements thermiques, usinage. La dernière étape correspond au grenailage. L'état microstructural avant grenailage peut avoir un impact significatif sur l'efficacité de ce traitement de surface. Il s'agit donc de proposer un modèle de comportement qui puisse servir pour la modélisation du grenailage et de la fatigue en prenant, à terme, les effets microstructuraux en compte.

## 1 Modèle de comportement

Le modèle de comportement est construit à partir de formalismes proposés pour prédire la durée de vie [1] en fatigue. Ces modèles reposent notamment sur une superposition d'écroissements isotropes et cinématiques à seuil adaptés pour la modélisation des phénomènes d'adoucissement cyclique et de relaxation partielle de la contrainte moyenne lors d'essais de sollicitations cycliques dissymétriques.

## 2 Prise en compte du taux de déformation

Le grenailage de précontraintes consiste à projeter des billes dures de faible diamètre sur la surface de la pièce traitée à des vitesses généralement inférieures à 100 m/s. L'ordre de grandeur des taux de déformations qui sont atteints au niveau de la surface tourne autour de  $10^4 \text{ s}^{-1}$ . Le comportement plastique du matériau est donc largement modifié par les effets visqueux associés. Les modèles utilisés pour la fatigue ci-dessus sont adaptés pour prendre en compte la sensibilité à des taux de déformations plus élevés.

## 3 Prise en compte de la micro-structure

La fabrication d'un disque de turbine engendre une microstructure hétérogène en termes de forme, de taille, et de répartition des grains et des précipités. L'écroissage est également très variable d'une zone à l'autre. L'étude de Prevey [1] montre que l'impact de l'écroissage est primordial pour la relaxation des contraintes résiduelles introduites par grenailage. Une augmentation du taux d'écroissage peut conduire à une forte relaxation thermique des contraintes introduites par grenailage quelque soit la température et le temps de maintien investigués. Dans le cadre de notre étude, l'impact de l'écroissage est étudié et un modèle de comportement proposé.

## Conclusion

Cette étude, couplée à des essais mécaniques sur éprouvettes grenillées permet d'adapter le modèle pour le grenailage et d'introduire la sensibilité aux paramètres microstructuraux dans le modèle de comportement. Il est alors possible d'estimer l'efficacité du grenailage sur la tenue en fatigue des disques de turbine.

## Références

- [1] J.-L. Chaboche, P. Kanouté, F. Azzouz Cyclic inelastic constitutive equations and their impact on the fatigue life predictions, *International Journal of Plasticity*, 35, 44-66 (2012).
- [2] Prevey, Paul S. *The Effect of Cold Work on the Thermal Stability of Residual Compression in Surface Enhanced IN718*. *Lambda Research*, (2000).