



FR0300903
2MS-ER-1816

Colloque 2003 du GFAC, Ensam Metz, 9 et 10 avril 2003

Modélisation de l'écrouissage intragranulaire en fatigue des métaux à haute température avec temps de maintien

M. Sauzay, M. Mottot, M. Noblecourt, L. Allais, I. Monnet, J. Périnet
Service de Recherche en Métallurgie Appliquée, CEA Saclay, France

Certains composants de centrales nucléaires sont sollicités en fatigue (déformation cyclique imposée) ou en fatigue-relaxation (ajout d'un temps de maintien à déformation maximale lors de chaque cycle) à haute température. Le comportement cyclique des métaux et alliages à haute température est difficile à modéliser car de nombreux mécanismes entrent en jeu (viscoplasticité, restauration, précipitation...). En l'absence de temps de maintien, un écrouissage cyclique est observé dans certains alliages (CFC à l'état revenu, aciers austénitiques revenus par exemple). Si l'essai a lieu à déformation cyclique imposée, le niveau de contrainte maximal mesuré croît avec le nombre de cycles jusqu'à un éventuel palier. Cet écrouissage est en partie dû à l'apparition de microstructures de dislocations caractéristiques [1] (murs/canaux, cellules...). Si la température est suffisamment haute, un temps de maintien prolongé peut provoquer un abaissement du niveau de contrainte mesuré lors d'un essai sans maintien (cyclage pur) [2], ce qui peut être en partie relié à l'absence de microstructure de fatigue [3].

Ce exposé comprend deux parties :

- une estimation des contraintes internes (cinématiques) intragranulaires induites par une microstructure de dislocations donnée caractéristique de la fatigue (phase « dure » dense en dislocation et peu déformée + phase « molle » pauvre en dislocations et très déformée) [4]. Cette estimation est basée sur les modèles de contraintes internes induites par les cellules de dislocations de Lemoine et Berveiller [5] et de localisation de Berveiller et Zaoui [6]. Des comparaisons avec des mesures sur monocristaux issues de la littérature seront présentées.
- une modélisation simple de la restauration intervenant pendant le maintien qui explique l'absence de microstructure si le maintien est suffisamment long. Des temps caractéristiques de restauration seront introduits et discutés.

Cette étude peut aider à prédire le comportement de certains alliages en fatigue-relaxation (fluage) à haute température dans le cas de longs temps de maintien (de l'ordre d'un mois lors de chaque cycle) pour lesquels les essais en laboratoires sont difficiles à mener (très longs temps d'immobilisation des machines).

Références

- [1] Gerland M., Mendez, J., Violan, P., Ait Saadi, B., Mater. Sci. Eng. A118, 83-95, 1989.
- [2] Mottot, M., Pétrequin, P., Amzallag, C., Rabbe, P., Grattier, J., Masson, S. In: Amzallag, C., Leis, B. N., Rabbe, P. (Eds), Low-Cycle Fatigue and Life Prediction, ASTM STP 770, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 152-168, 1982.
- [3] Tavassoli, A. A, Phil. Mag. A 54, n°4, 521-538, 1986.
- [4] Sauzay M., 9th International Congress on The Mechanical Behavior of Materials, Geneva, Switzerland, May 25-29, 2003.
- [5] Lemoine X., Thèse de l'Université de Metz, 1995.
- [6] Berveiller M., Zaoui A., J. Mech. Phys. Solids, 26, 325-344, 1979.