



HAL
open science

Prediction des champs de contraintes et dedeformations induits par l'impact de bandes deglisement persistantes aux joints de grains

J. Hazan, M. Sauzay

► **To cite this version:**

J. Hazan, M. Sauzay. Prediction des champs de contraintes et dedeformations induits par l'impact de bandes deglisement persistantes aux joints de grains. Colloque MECAMAT - Fatigue des Structures et des Matériaux, Jan 2017, Aussois, France. Colloque MECAMAT - Fatigue des Structures et des Matériaux, 2017. hal-02419629

HAL Id: hal-02419629

<https://hal.science/hal-02419629v1>

Submitted on 19 Dec 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Prédiction des champs de contraintes et de déformations induits par l'impact de bandes de glissement persistantes aux joints de grains

J. Hazan^{1,2}, M. Sauzay¹

1. DEN-Service de Recherches Métallurgiques Appliquées, CEA, Université Paris-Saclay, F-91191, Gif-sur-Yvette, France

2. Sorbonne Universités - Université Pierre et Marie Curie, 75005, Paris, France

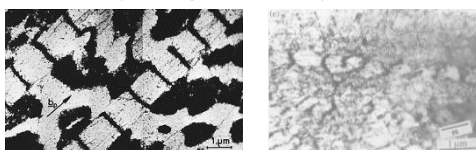
E-mail : jerome.hazan@cea.fr

Résumé : La prédiction des champs de contraintes et de déformations induits par l'impact de bandes de glissement persistantes (BGP) contre des joints de grains est nécessaire pour prédire l'initiation (intergranulaire) de microfissures de fatigue. Les simulations sont fondées sur des modèles physiques, prenant en compte (i) l'élasticité cubique et le comportement cyclique basés sur des résultats pour des monocristaux et (ii) la production, l'annihilation et la diffusion de lacunes induisant une dilatation des BGPs. Ces champs locaux seront ensuite couplés à un modèle de prédiction de l'endommagement pour déterminer un nombre de cycles à initiation des microfissures de fatigue en fonction du matériau, de la taille de grain, des dimensions des BGPs et de l'environnement.

Mots-clés : BGP, joint de grain, polycristaux, déformation cyclique, endommagement

Contexte et objectifs :

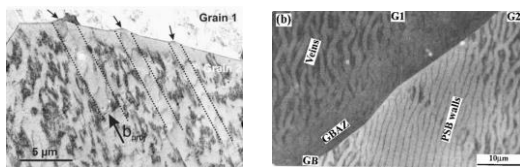
La déformation cyclique des métaux cubiques à faces centrées (cfc) engendre une localisation du glissement plastique => Formation de bandes de glissement persistantes (BGP) dans les grains orientés préférentiellement pour le glissement simple [1],[2].



Formation de lacunes au sein des BGPs par annihilation de dislocations coins de signes opposés. Diffusion des lacunes vers la matrice élastique environnante dû au gradient de concentration.

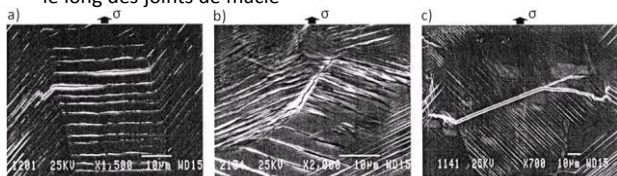
=> Dilatation des BGPs au cours du chargement cyclique.

De grandes déformations apparaissent dans le matériau, notamment au niveau des joints impactés par les BGPs [3],[4].



Un grand nombre de fissures est créé pendant la déformation cyclique [5]. En fonction de l'amplitude de déformation et de l'environnement, les fissures sont principalement situées :

- interface BGP-grain (intragranulaire)
- interface BGP-joint de grain (intergranulaire)
- le long des joints de macle



Pour prédire l'initiation des microfissures intergranulaire : prédiction des champs locaux de contraintes et de déformation induits par l'impact de BGPs contre les joints de grains

Méthode :

Calcul par éléments finis (logiciel Cast3m) des champs locaux de déformations et de contraintes à l'interface entre la BGP et le joint de grain impacté :

- Elasticité cubique anisotrope ;
- Modèle cinématique non-linéaire Armstrong-Fredericks :

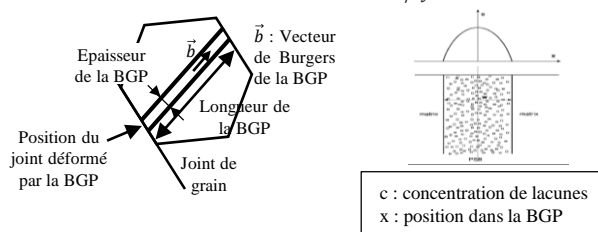
$$\delta\chi_i = C \left(\frac{2}{3} A \delta\gamma_i^p - \chi_i \delta\gamma_{cum,i}^p \right)$$

- Production, annihilation et diffusion de lacunes au sein des BGPs.

La dilatation des BGPs est simulée par une dilatation thermique.

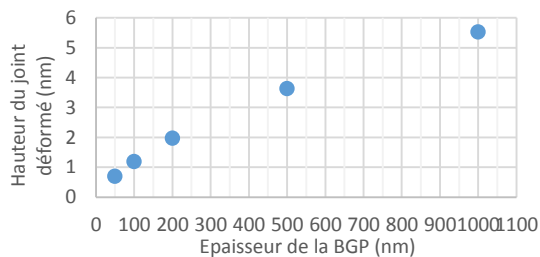
=> **Terme p de production de lacunes par cycle [6], [7].**

$$\varepsilon_{th} = p \cdot N_{réel} = \alpha_{th} \cdot N_{virt} \cdot \Delta T / \text{cycle}$$

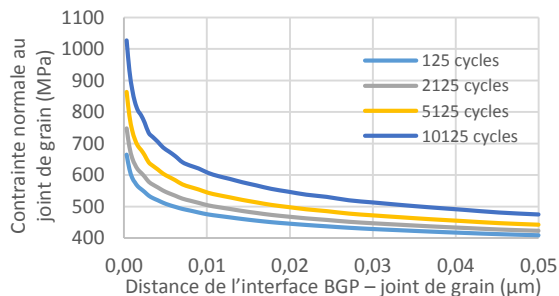


Résultats :

- 1) Prédiction des hauteurs de joints de grains déformés dans le cuivre par production de lacunes après 30 000 cycles en fonction de l'épaisseur des BGPs. Taille de grain de 10µm.



- 2) Prédiction des champs de contraintes à l'interface entre la BGP et le joint de grain en fonction du nombre de cycles par chargement cyclique avec production de lacunes. BGP de 200 nm d'épaisseur, taille de grain de 10µm.



Perspectives :

Intégration d'un modèle de prédiction de l'endommagement (zones cohésives) pour la prédiction du nombre de cycles à initiation des microfissures de fatigue en fonction de :

- La taille de grain ;
- Les dimensions des BGPs ;
- L'environnement.

[1] H. Mughrabi, *Mater. Sci. Eng.*, vol. 33, n° 2, p. 207-223, mai 1978.

[2] T. Kruml, J. Polak, K. Obrtlík, et S. Degallaix, *Acta Mater.*, vol. 45, n° 12, p. 5145-5151, déc. 1997.

[3] A. Weidner et W. Skrotzki, *Int. J. Fatigue*, vol. 32, n° 5, p. 851-855, mai 2010.

[4] Z. F. Zhang et Z. G. Wang, *Philos. Mag. Lett.*, vol. 80, n° 3, p. 149-156, mars 2000.

[5] M. Mineur, Thèse, Poitiers, 2000.

[6] M. Sauzay et J. Liu, *Adv. Mater. Res.*, vol. 891-892, p. 542-548, 2014.

[7] J. Polák et M. Sauzay, *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 500, n° 1-2, p. 122-129, janv. 2009.