

Approche multiéchelles de la plasticité des agrégats polycristallins : plasticité cristalline et migration des joints de grains

Samuel Forest

Centre des Matériaux, Mines Paris PSL University, CNRS UMR7633

samuel.forest@minesparis.psl.eu

L'objet du cours est la modélisation du changement d'échelle de la plasticité cristalline intra-granulaire au comportement du polycristal par une approche d'homogénéisation faisant appel à la mécanique des milieux continus. En partant d'une loi de comportement du monocristal introduisant les systèmes de glissement et l'évolution des densités de dislocations, on considère des volumes élémentaires d'agrégats polycristallins au sein desquels se développent de fortes hétérogénéités de déformation plastique. Le cours s'attardera sur les conditions aux limites à appliquer à ces volumes élémentaires, au calcul de la réponse moyenne mais également à la caractérisation de ces hétérogénéités. Les interfaces que sont les joints de grains jouent un rôle majeur dans cette analyse des incompatibilités de déformation. On s'intéressera aux matériaux cubiques à faces centrées (superalliages à base de nickel) mais aussi au cas hexagonal (zinc). Les chargements mécaniques monotones mais également cycliques seront considérés.

On s'interrogera enfin sur la modélisation continues des phénomènes de migration de joints de grains à haute température lors de traitements thermomécaniques. Une approche thermodynamique faisant appel à la méthode des champs de phase sera présentée pour décrire le rôle de l'énergie stockée par les dislocations sur la migration des joints de grains et la recristallisation. Le lien avec la mécanique se fait au travers du tenseur densités de dislocations, dit tenseur de Nye, qui est au coeur de la modélisation. On fera le lien avec la notion de courbure de réseau cristallin mesurable expérimentalement, par exemple par EBSD, et la mécanique des milieux de Cosserat.

Bibliographie :

S. Forest et M. Amestoy *Mécanique des milieux continus, Théorie et pratique*, 2 volumes, Presses des Mines, ISBN: 978-2-35671-840-2, 754 pages, 2022. www.pressesdesmines.com/produit/mecanique-des-milieux-continus

J. Besson, G. Cailletaud, J.-L. Chaboche, S. Forest, M. Blétry, Springer, 2010: *Non-linear mechanics of materials* Series: Solid Mechanics and Its Applications, Vol. 167, 433 p. doi:10.1007/978-90-481-3356-7

F. Barbe, S. Forest and G. Cailletaud, *Intergranular and Intragranular Behavior of Polycrystalline Aggregates. Part 2: Results*, International Journal of Plasticity, vol. 17, pp. 537-563, 2001.

H. Farooq, G. Cailletaud, S. Forest, D. Ryckelynck, *Crystal plasticity modeling of the cyclic behavior of polycrystalline aggregates under non-symmetric uniaxial loading: Global and local analyses*, International Journal of Plasticity, vol. 126, pp. 102619, 2020. 10.1016/j.ijplas.2019.10.007

G. Abrivard, E.P. Busso, S. Forest and B. Appolaire, *Phase field modelling of grain boundary motion driven by curvature and stored energy gradients. Part I: theory and numerical implementation*, Philosophical Magazine, vol. 92, pp. 3618-3642, 2012. doi:10.1080/14786435.2012.713135

A. Ask, S. Forest, B. Appolaire, K. Ammar, O.U. Salman, *A Cosserat crystal plasticity and phase field theory for grain boundary migration*, Journal of the Mechanics and Physics of Solids, vol. 115, pp. 167-194, 2018. doi:10.1016/j.jmps.2018.03.006

Samuel Forest est directeur de recherches au CNRS et professeur de mécanique des milieux continus à l'Ecole des Mines de Paris. Ses travaux visent à introduire les aspects physiques de la déformation et de la rupture des matériaux dans le cadre de la modélisation mécanique continue. Ils concernent en particulier la plasticité des alliages métalliques, notamment pour les applications industrielles aéronautiques. Il a dirigé de 2009 à 2018 la Fédération Francilienne de Mécanique, Matériaux, Structures et Procédés. De 2015 à 2018 il a été responsable de l'International Associate Laboratory créé entre le CNRS et l'University dell'Aquila (Italy). Il est devenu récemment *Fellow of the Euromech Society* pour ces contributions en métallurgie mécanique. Il est éditeur associé pour les journaux *International Journal of Solids and Structures* et *Comptes Rendus Mécanique*. Il est membre de l'Académie des Sciences dans la section Sciences mécaniques et informatiques.

