



Institut de physique

Actualités scientifiques

Vers des matériaux à grains nanométriques à très haute résistance mécanique

Août 2017

Des chercheurs ont mis en évidence le rôle de la chimie locale des joints de grains sur le comportement mécanique d'alliages métalliques nanocristallins. Ces résultats, publiés dans la revue *Science*, offrent de nouvelles perspectives pour la conception de matériaux à très haute résistance mécanique.

Les alliages métalliques sont généralement polycristallins, c'est-à-dire formés de grains cristallins dont la taille peut être millimétrique, micrométrique ou nanométrique. Les interfaces entre ces grains – ou joints de grain – jouent, avec les défauts d'empilement cristallin tels que les dislocations, un rôle important dans les propriétés mécaniques de ces alliages. Par exemple, leur résistance mécanique est le plus souvent proportionnelle à l'inverse de la racine carrée de la taille des grains. C'est la loi de Hall et Petch qui rend compte du lien entre la contrainte nécessaire au mouvement des dislocations – permettant la déformation du matériau – et la taille de grains : plus ces derniers sont petits, plus il y a d'obstacles au mouvement des dislocations et plus la contrainte à fournir est importante. Ainsi, on observe généralement un accroissement important de la résistance mécanique lorsque la taille de grains est réduite jusqu'à des

dimensions de l'ordre d'une dizaine de nanomètres. Pour des tailles encore plus petites, d'autres mécanismes entrent en jeu pouvant conduire au contraire à une diminution de la résistance mécanique. Ces mécanismes mettent cette fois-ci en œuvre les joints de grain eux-mêmes, comme par exemple leur mobilité (migration, rotation, glissement...). L'étude présentée ici montre que ces mécanismes alternatifs sont fortement affectés par la chimie locale des joints de grains et que ce phénomène peut être exploité pour contrôler la résistance des alliages métalliques nanocristallins.

L'étude a été réalisée par l'équipe du professeur Ke Lu du Shenyang National Laboratory for Materials Science (Chine) en collaboration avec le Groupe de Physique des Matériaux (GPM, CNRS/Univ. Rouen Normandie/INSA Rouen). Des alliages modèle Ni-Mo (nickel-molybdène) avec des tailles de grains comprises entre 5 et 30 nanomètres ont été étudiés et un accroissement significatif de la résistance mécanique (de 5 à 11 GPa) a été mis en évidence après traitement thermique. Grâce à la sonde atomique tomographique développée au GPM, les chercheurs ont pu quantifier et localiser les modifications de la composition chimique au sein du matériau et montrer un enrichissement en molybdène au niveau des joints de grains.

Ces travaux apportent un regard nouveau sur les mécanismes conduisant aux limites de la loi de Hall et Petch pour des tailles de grains nanométriques. Par ailleurs, ils offrent de nouvelles perspectives pour la conception de matériaux à très haute résistance mécanique grâce au contrôle de la chimie locale des joints de grains.

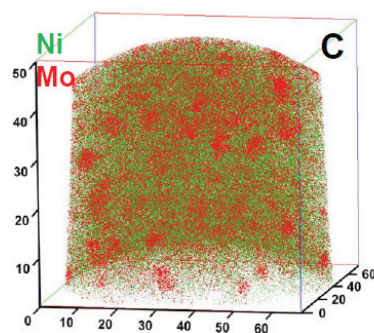


Image tridimensionnelle (nm) obtenue par sonde atomique tomographique de la distribution de nickel (Ni) et de molybdène (Mo) d'un alliage Ni-14.2 % Mo montrant la ségrégation du molybdène (en rouge) au niveau des joints de grains apparue après chauffage à 500 °C.

En savoir plus

Grain boundary stability governs hardening and softening in extremely fine nanograined metals

J. Hu, Y. N. Shi, X. Sauvage, G. Sha et K. Lu

Science (2017), doi:10.1126/science.aal5166

Contact chercheur

Xavier Sauvage, directeur de recherche CNRS

Informations complémentaires

Groupe de physique des matériaux (GPM, CNRS/INSA Rouen/Univ. Rouen Normandie)

cnrs

www.cnrs.fr

Institut de Physique

CNRS - Campus Gérard Mégie

3 rue Michel-Ange, 75794 Paris Cedex 16

T 01 44 96 42 53

inp.com@cnrs.fr

www.cnrs.fr/inp

Illustration du bandeau : © Emmanuel Perrin/CNRS Photothèque