

Etude des transitions volume-surface du cobalt polycristallin de haute pureté

Influence de la température et de la transformation allotropique

Gwendoline FLEURIER ⁽¹⁾, Eric HUG ⁽¹⁾, Mayerling MARTINEZ ⁽¹⁾, Pierre-Antoine DUBOS ⁽²⁾

⁽¹⁾ Laboratoire CRISMAT/ENSICAEN/UCBN/CNRS, UMR6508, 6 bd Maréchal Juin 14050 CAEN Cedex 4

⁽²⁾ ENSICAEN, 6 bd Maréchal Juin 14050 CAEN Cedex 4

Mots clés : effets de taille, cobalt polycristallin, loi de Hall-Petch, transformation allotropique.

Résumé

L'étude des propriétés mécaniques des métaux purs pour leurs applications aux nouvelles technologies développées par la miniaturisation, comme les composants électromécaniques (micro-vis ou micro-ressort) est l'une des principales thématiques d'étude de notre groupe de recherche. Plus particulièrement, nous nous intéressons à l'influence du nombre de grains dans l'épaisseur d'une plaque mince vis-à-vis de ses propriétés mécaniques avec influence de la température. Il a été montré qu'il existe un nombre de grains critique dans l'épaisseur de la plaque en dessous duquel les propriétés mécaniques des métaux sont modifiées. On appelle cette modification transition volume-surface.

L'étude réalisée au cours de ce projet s'est portée sur les transitions volume-surface du cobalt en température. Les deux métaux étudiés jusque-là (nickel [1] et cuivre [2]) ont une configuration cubique à faces centrées et ne présentent pas de transformation allotropique alors que le cobalt présente une structure hexagonale compacte à basse température et une structure cubique à faces centrées à haute température. En effet, nous pouvons vérifier l'existence d'une transition volume-surface pour une nouvelle structure dont le mécanisme de déformation est le glissement basal assisté par le maclage et comparer le comportement mécanique du cobalt CFC avec celui des autres métaux bien connus de notre groupe thématique.

En plus d'une méconnaissance des propriétés mécaniques du cobalt, il s'est avéré qu'il existe peu de bibliographie sur sa microstructure. Donc, en parallèle de la caractérisation mécanique assez routinière dans notre équipe, il a fallu effectuer la caractérisation microstructurale du cobalt dans son état initial. L'analyse EBSD nous a permis de localiser la phase secondaire (Figure 1). De plus, des observations au microscope électronique en transmission ont révélé la présence de fautes d'empilement mises en évidence par l'analyse de clichés de diffraction électronique.

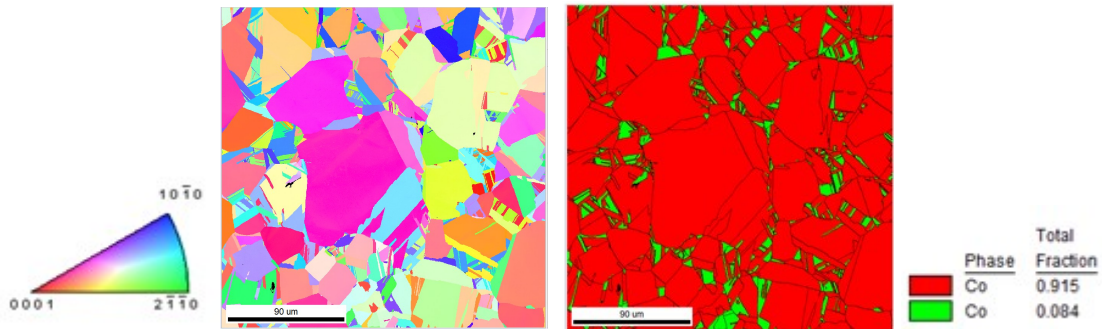


Figure 1 : Analyse EBSD du cobalt dans son état initial avec la microstructure à gauche et la cartographie de phase à droite (Co HC en rouge et Co CFC en vert).

Les essais mécaniques ont démontré l’existence d’une transition volume-surface à toutes les températures étudiées, c’est-à-dire 20 °C et 100 °C lorsque le cobalt est sous forme hexagonale compacte et 500 °C lorsqu’il est sous forme cubique à faces centrées. Pour mettre en évidence cette transition, on trace en Figure 2, la loi de Hall-Petch (contrainte vraie en fonction de l’inverse de la racine carrée de la taille de grains) pour différents niveaux de déformation vraie et elle apparaît lorsqu’on observe une rupture de pente qui correspond à une taille de grains critique. Le nombre de grains critique dans l’épaisseur $(t/d)_c$ est obtenu en divisant l’épaisseur de la plaque t par la taille de grains critique d_c . Il est apparu qu’à température ambiante, ce nombre de grains critique est d’environ 14 mais qu’il évolue avec la température en suivant la même tendance que celle de l’énergie de faute d’empilement.

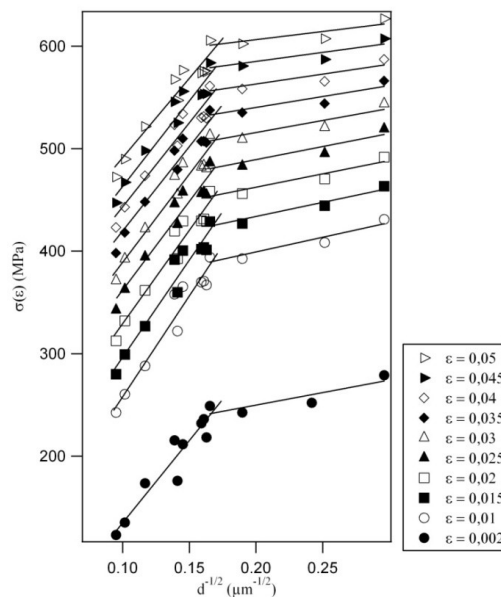


Figure 2 : Mise en évidence du nombre de grains critique par la relation de Hall-Petch.

Références

[1] C. Keller, E. Hug, and X. Feugas, “Microstructural size effects on mechanical properties of high purity nickel,” *Int. J. Plast.*, vol. 27, no. 4, pp. 635–654, avril 2011.
 [2] E. Hug, P. A. Dubos, and C. Keller, “Temperature dependence and size effects on strain hardening mechanisms in copper polycrystals,” *Mater. Sci. Eng.*, vol. 574, pp. 253–261, juillet 2013.