

Textures and microstructures in Al, Cu and Mg

under severe plastic deformation

Severe plastic deformation (SPD) is an efficient technique to transform the microstructure of bulk metals into ultra fine grained structure with grain sizes less than 1 μm or even into nanostructure with nano-grains of less than 100 nm in diameter. The very small grain size attributes excellent mechanical properties to the material. In present thesis work, two recently developed SPD techniques, namely, High Pressure Tube Twisting (HPTT) and Cyclic Expansion and Extrusion (CEE) were performed on different metallic materials at room temperature. Details of fragmentation of microstructure and metallographic texture evolution were investigated by electron backscattered diffraction (EBSD), transmission electron microscopy (TEM), transmission kichuchi diffraction (TKD) and X-ray diffraction (XRD).

Shear strain gradient across the thickness of the HPTT deformed Al tube sample was found by a local shear measurement method. This shear strain gradient induced the inhomogeneity of microstructure and texture in HPTT deformed pure Al, solid solution alloy Al-4%Mg and pure Mg. The microhardness and average grain size in different zones as a function of shear strain were measured. The limiting steady grain sizes in the steady state for these different materials produced by HPTT were 700 nm, 100 nm and 900 nm, respectively.

The texture evolution of pure Mg in HPTT up to a shear strain of 16 was simulated in simple shear using the self-consistent (VPSC) polycrystal model and showed good agreements with the experimental results measured by XRD.

Based on the measured disorientation distribution function in HPTT deformed Al, a new technique for the magnitude of local shear strain in SPD was proposed. This new technique was applied to a protrusion produced in twist extrusion (TE) and to an Al sample deformed in free-end torsion.

Cu and pure Al samples were intensively deformed by the CEE SPD technique. The microstructure and texture evolutions were measured by EBSD, showing a gradient from the center-zone to the edge part of the rod sample. The texture evolution of CEE deformed Cu was simulated by the VPSC polycrystal model using a flow line function. The simulation results confirmed the experimental texture features observed in the CEE process.

The tensile testing behavior of large strain torsion pre-processed Cu was examined. In spite of the shear strain gradient existing in the bar, a technique was proposed to obtain the tensile stress-strain curve of such gradient material.

Textures et microstructures dans l'aluminium, le cuivre et le magnésium après hyperdéformation.

L'hyperdéformation est une technique efficace pour transformer la microstructure des métaux en une structure de grain de taille inférieure au micron ou même en nanostructure (<100 nm). Cette très petite taille de grain confère d'excellentes propriétés mécaniques au matériau. Dans ce travail de thèse, deux techniques d'hyperdéformation récemment développées, appelées High Pressure Tube Twisting (HPTT) and Cyclic Expansion and Extrusion (CEE) ont été appliquées à température ambiante sur différents matériaux métalliques. La fragmentation de la microstructure ainsi que le développement de la texture cristallographique ont été analysés en détails par la diffraction d'électrons rétrodiffusés (EBSD), par microscopie électronique en transmission (TEM), par transmission Kikuchi diffraction (TKD) ainsi que par diffraction des rayons X (XRD).

Le gradient de déformation de cisaillement dans l'épaisseur des tubes d'aluminium déformés par HPTT a été déterminé par une méthode de mesure locale du cisaillement. Ce gradient de cisaillement induit une hétérogénéité aussi bien de microstructure que de texture dans les échantillons d'aluminium et de magnésium purs ainsi que dans l'alliage Al-4%Mg en solution solide. La micro-dureté et la taille de grain dans différentes zones ont été mesurées et analysées en fonction du taux cisaillement local. Les tailles de grain limites atteintes de façon stationnaire pour ces différents matériaux produit par HPTT sont respectivement de 700 nm, 900 nm et 100 nm. L'évolution de texture du magnésium pur après HPTT jusqu'à un cisaillement de 16 a été simulée par cisaillement simple par le model auto-cohérent (VPSC), le résultat de simulation a montré de bons accords avec les mesures de texture obtenues par XRD.

Sur la base des mesures de distribution de désorientation dans l'aluminium déformé par HPTT, une nouvelle technique de détermination du taux de cisaillement local dans les procédés d'hyper déformation a été proposée. Cette nouvelle technique a été appliquée sur deux échantillons d'aluminium produit par twist extrusion (TE) et par torsion à extrémités libres.

Les échantillons d'aluminium et de cuivre ont été déformés intensément par CEE. Les évolutions de texture et de microstructures ont été mesurées par EBSD, montrant un gradient du centre à la périphérie des échantillons cylindriques. L'évolution de texture dans le cuivre

déformé par CEE a été simulée par le modèle VPSC en utilisant un modèle de ligne de courant pour décrire la déformation dans le procédé. Les résultats de simulation confirment les caractéristiques de la texture expérimentale observées après CEE.

Le comportement en traction du cuivre pré-déformé par grande déformation en torsion a ensuite été testé. En dépit du gradient de cisaillement existant dans la barre, une technique a été proposée pour obtenir la courbe contrainte-déformation pour ce type de matériau.