

THÈSE

Pour l'obtention du titre de :

DOCTEUR de L'UNIVERSITÉ DE LORRAINE

Spécialité: Sciences des Matériaux

Présentée par :

AMANDINE ROTH

Etude multi-échelles de l'hétérogénéité et de l'anisotropie de la déformation plastique : cas des aciers TWIP et du Ti- α .

Thèse soutenue publiquement le 07 avril 2014 à Metz devant le jury composé de :

Samuel Forest	Directeur de Recherche, CNRS, Centre des Matériaux, Mines Paristech, Evry	Rapporteur
Laurent Delannay	Chercheur qualifié FNRS, Université Catholique de Louvain, Belgique	Rapporteur
Ladislav Kubin	Directeur de Recherche Emérite CNRS, LEM – ONERA, Châtillon	Examineur
Jean-Philippe Chateau-Cornu	Maître de Conférences HDR, Université de Lorraine, IJL, Nancy	Examineur
Mikhail Lebedkin	Directeur de Recherche CNRS, LEM3, Metz	Directeur de thèse
Thiebaud Richeton	Chargé de Recherche CNRS, LEM3, Metz	Co-directeur de thèse

Etude multi-échelles de l'hétérogénéité et de l'anisotropie de la déformation plastique : cas des aciers TWIP et du Ti- α .

Résumé

Les mécanismes de glissement des dislocations et de maclage se manifestent et interagissent lors de la déformation plastique de nombreux matériaux mais n'induisent cependant pas toujours le même comportement. Le rôle de ces deux mécanismes dans l'hétérogénéité et l'anisotropie de la déformation plastique est discuté dans cette thèse au travers d'une étude multi-échelles de deux matériaux à fort potentiel industriel : un acier austénitique présentant l'effet TWIP (TWinning Induced Plasticity) et le titane- α commercialement pur. Si dans les deux cas, le glissement des dislocations reste prépondérant pour accommoder la déformation plastique, le rôle de chaque mécanisme n'est pourtant pas clairement établi. La caractérisation de chaque matériau s'est faite grâce à des essais de traction à température ambiante (échelle macroscopique), couplés à des mesures d'extensométrie locale à haute résolution et d'émission acoustique (échelles mésoscopique) ainsi que des analyses de microstructure. Ces études ont notamment montré que l'instabilité plastique qui se manifeste dans l'acier TWIP étudié émerge de manière progressive, bien avant la déformation critique pour l'apparition des premières fluctuations de contrainte sur les courbes de déformation. Par ailleurs, le rôle du maclage apparaît comme essentiel pour pouvoir expliquer le mécanisme de cette instabilité plastique. Concernant le titane- α , un écrouissage en trois stades dans des conditions de traction a été mis en évidence avec un effet inverse de la vitesse de déformation suivant la direction de traction par rapport à la texture initiale (sens laminage ou transverse). Le maclage ne semble ici jouer qu'un rôle secondaire. Une hypothèse de sensibilité à la vitesse de déformation différente entre glissement prismatique et pyramidal a alors été proposée pour expliquer nos observations. Enfin, cette hypothèse a été confrontée à l'estimation des systèmes de glissement actifs par des mesures de traces de glissement à différents taux de déformation.

Mots clés : plasticité cristalline, dislocations, maclage, multi-échelles, extensométrie locale, émission acoustique

Multiscale study of heterogeneity and anisotropy of plastic deformation: case of TWIP steels and Ti- α .

Abstract

Dislocation glide and twinning mechanisms occur and interact during plastic deformation of many materials, often leading to diverse behaviors. The role of both mechanisms on heterogeneity and anisotropy of plastic deformation is discussed in this thesis through a multiscale study of two materials with strong industrial potential: an austenitic steel displaying the TWIP (TWinning Induced Plasticity) effect, and commercially pure α -titanium. If in both cases, dislocation glide remains the dominating mechanism to accommodate plastic deformation, the role of each mechanism is still not well understood. Materials characterization consists of tensile tests at room temperature (macroscopic scale) associated with high resolution local extensometry and acoustic emission measurements (mesoscopic scales), as well as microstructure analyses. It is shown that plastic instability which takes place in the studied TWIP steel appears progressively, long before the critical strain for the onset of stress serrations on deformation curves. Moreover the role of twinning seems to be essential for the mechanism of plastic instability. Concerning α -titanium, a three-stage character of strain hardening in tension conditions is highlighted with an inverse effect of strain-rate regarding the tensile direction in relation with the initial texture (rolling or transverse direction). Twinning seems to play here only a secondary role. To explain these observations it is conjectured that the strain-rate sensitivity of stress is different for prismatic and pyramidal glide. Finally, this hypothesis is compared to the estimation of active slip systems based on the slip lines analysis at different strain levels.

Keywords : crystal plasticity, dislocations, twinning, multi-scale, local extensometry, acoustic emission