

Plasticité haute température de la phase γ' d'un superalliage monocristallin durant des essais *in-situ* en rayonnement synchrotron

R. Tréhorel¹, A. Jacques¹, T. Schenk¹, L. Dirand¹, J. Cormier² & JB. Le Graverend³

¹ Institut Jean Lamour, CNRS UMR 7198, Nancy, France

² Institut Pprime, CNRS UPR 3346, Poitiers, France

³ Texas A&M University, Texas, USA

Pendant le stade secondaire du fluage haute température, un superalliage monocristallin peut être décrit comme un composite formé de couches alternées γ (CFC) et γ' (L12) perpendiculaires à l'axe de traction [001]. Lors de la déformation plastique des dislocations viennent se déposer à l'interface γ/γ' et modifient le désaccord paramétrique perpendiculaire à l'axe de traction. De la mesure de ce désaccord, réalisée toutes les 250 secondes par diffraction haute résolution en rayonnement synchrotron, et avec un modèle composite en série, on peut déduire les contraintes internes et les déformations plastiques de chacune des phases. On peut ainsi suivre *in-situ* l'évolution du matériau dans des conditions stationnaires, ou sa réponse à des sauts de contrainte ou de température^[1,2].

Les dislocations présentes dans γ peuvent se déplacer si la contrainte de Von Mises (contrainte appliquée σ_{zz} moins la contrainte interne σ_{xx}) qu'elles subissent est supérieure à la contrainte d'Orowan, qui dépend entre autres, de la largeur de la couche γ . Après un incrément de la contrainte appliquée, de nouvelles dislocations vont se déplacer dans les couloirs γ et laisser aux interfaces des dislocations supplémentaires. La contrainte de Von Mises est ainsi relaxée jusqu'à revenir à la contrainte d'Orowan.

La déformation plastique de la phase γ' a lieu par la montée de dislocation de types $a' \langle 100 \rangle$. Celles qui ont un vecteur de Burgers parallèle à l'axe de traction $a' [001]$ sont sensibles à la contrainte appliquée σ_{zz} et émettent des lacunes. Les dislocations ayant un vecteur de Burgers perpendiculaire $a' [100]$ et $a' [010]$ absorbent ces lacunes, et sont sensibles à la contrainte interne $\sigma'_{xx} = \sigma'_{yy}$, plus faible que la précédente. A structure et mobilité égale, elles se déplacent donc plus lentement. L'équilibre de la concentration en lacunes impose alors une densité plus grande de dislocations $a' [100]$ et $a' [010]$ que $a' [001]$, ce qui est bien observé^[3]. La vitesse de déformation des radeaux semble corrélée avec l'intensité de la contrainte interne σ'_{xx} , et notamment présenter un seuil à $\sigma'_{xx} \approx 60$ MPa.

Après une chute de la contrainte appliquée ou une baisse de température, les radeaux continuent à se déformer pendant un temps fini. Cela suggère une relation entre densité des dislocations $a' [100]$ et $a' [010]$, longueur des radeaux, et amplitude de la déformation post décharge. L'entrée des dislocations $a' [100]$ et $a' [010]$ (ou leur multiplication) est donc probablement le mécanisme limitant la déformation plastique des radeaux γ' .

1. L.Dirand, J.Cormier, A.Jacques, JP.Chateau-Cornu, T.Schenk, O.Ferry, P.Bastie, *Measurement of the effective gamma/gamma' lattice mismatch during high temperature creep of Ni-based single crystal superalloy*, Materials Characterization, N°77, pages 32-46, 2013
2. JB.Le Graverend, A.Jacques, J.Cormier, O.Ferry, T.Schenk, J.Mendez, *Creep of a nickel-based single-crystal superalloy during very high-temperature jumps followed by synchrotron X-ray diffraction*, Acta Materialia, Volume 84, Pages 65-79, 2015
3. R.Tréhorel *Plasticity of a single crystal superalloy during high temperature creep tests : 17th International Conference on the Strength of Materials*, August 13, 2015, Brno, Czech Republic