

Proposition de projet de Mastère spécialisé

Design des Matériaux et des Structures

Année 2018-2019

Société partenaire : Safran

Lieu de réalisation de l'étude Centre des Matériaux et Safran Aircraft Engines

Encadrement

Moubine AL KOTOB (Safran AE), Tonya Rose (Safran Tech)

Samuel FOREST, Matthieu MAZIERE, Jacques BESSON (Centre des Matériaux -Mines ParisTech)

Titre

Etude expérimentale et numérique de l'évolution de la morphologie des surfaces de charge : formation de coins et localisation de la déformation.

Mots-clés

Numérique, Expérimental, Elastoplasticité, Rupture ductile, localisation, Corrélation calcul/essais.

Contexte de l'étude

La localisation de la déformation plastique dans une fine bande de cisaillement est un type d'instabilité locale qui mène à la ruine des structures métalliques. Pour beaucoup de matériaux ce phénomène n'apparaît que tardivement dans un processus de déformation et est généralement précédé d'instabilités globales ou du chargement maximal supporté par la structure. Par exemple, dans le cas d'une éprouvette de traction, ce phénomène est généralement précédé d'une localisation diffuse, appelée striction, qui apparaît à la force maximale de l'essai. Cependant, il existe certains matériaux, qui intéressent les ingénieurs du domaine aéronautique, pour lesquelles l'apparition de la striction mène à une ruine instantanée de l'éprouvette de traction.

La rupture de ces éprouvettes n'est pas cadrée par les schémas classiques de la rupture ductile : germination de cavités puis localisation ; ou germination de cavités puis coalescence. En effet, les analyses MEB infirment la présence de porosité en dehors de la zone de rupture dans l'éprouvette. Ces observations mènent alors à considérer une autre cause à l'apparition de la rupture : la formation de coins sur la surface de charge. Bien que cette cause ait été identifiée [1-5], voire quantifiée dans certains cas [5], les méthodes de résolution numérique pour la détection de ce phénomène ne sont pas encore adaptées à la conception mécanique aéronautique.

Dans le cadre d'un post-doc à Safran Tech, B. Staber travaille sur les aspects analytiques et numériques pour la détection de la perte d'ellipticité en grandes déformations élastoplastiques en présence de coins sur la surface de charge.

Pour alimenter ce travail et l'appliquer dans le cas de matériaux réels, nous proposons dans ce stage de mener une étude expérimentale et numérique pour la modélisation du comportement complexe des matériaux métalliques poly-cristallins. Le but est d'observer expérimentalement et quantifier la distorsion de la surface de charge au cours du chargement pour un superalliage base nickel.

Objectifs et travail demandé

Le stage sera précédé d'une étude bibliographique sur les lois de comportement permettant de modéliser la distorsion et l'apparition de coins sur la surface de charge pour les poly-cristaux. Cette étude sera complétée par l'identification d'une méthode expérimentale pour l'observation de la distorsion de la surface de charge.

Les grandes étapes du stage sont les suivantes :

- Mise en place du plan d'expérience pour l'observation de la distorsion de la surface de charge sur la base de l'étude bibliographique faite en amont ;
- Mener les expériences nécessaires à l'identification ;
- Dépouiller les essais et identifier une loi de comportement adaptée pour la modélisation de la distorsion observée (identification type point de Gauss) ;
- Simulation d'une éprouvette axi-symétrique lisse et d'une éprouvette plate entaillée pour valider/recaler la loi de comportement.

Si les résultats du stage sont satisfaisants, la mise en place d'une thèse pour l'identification d'un critère de localisation couplant réduction de modèle et loi de comportement virtuelle complexe pour l'application dans l'aéronautique est envisagée.

Profil demandé

De bonnes connaissances en mécanique non linéaire des matériaux et des structures. Un gout prononcé pour la modélisation et l'expérimentation. Autonomie et force de proposition.

Références bibliographiques

[1] J. Rice (1976). The localization of plastic deformation. In W.T. Koiter (Ed.), *Theoretical and Applied Mechanics*, pages 207–220. North-Holland.

[2] H.K. Akpama et al. "Influence of the Yield Surface Curvature on the Forming Limit Diagrams Predicted by Crystal Plasticity Theory" *2233 Latin American Journal of Solids and Structures* 13 (2016) 2231-2250

[3] M. Mear and J. Hutchinson (1985). Influence of yield surface curvature on flow localization in dilatant plasticity. *Mechanics of Materials*, 4:395–407.

[4] H. Petryk and K. Therman "On discretized plasticity problems with bifurcations" *International Journal of Solids and Structures* vol. 29 (1992) 745-765

[5] Abed-Meraim, F. (2009). Contributions à la prédiction d'instabilités de type structure et matériau : modélisation de critères et formulation d'éléments finis adaptés à la simulation des structures minces. Mémoire HDR dissertation, Arts et Métiers ParisTech