

22^{ème} Congrès Français de Mécanique

Lyon, 24 au 28 Août 2015

Effet de la vitesse de déformation en traction simple et équi-biaxiale

V. LAFILE ^a, V. GROLLEAU^b, L. MAHEO ^c, A. PENIN ^d, B. GALPIN ^e

a. LIMATB - Université de Bretagne Sud - vincent.lafile@univ-ubs.fr

b. LIMATB - Université de Bretagne Sud - vincent.grolleau@univ-ubs.fr

c. LIMATB - Université de Bretagne Sud - Ecoles de Saint-Cyr Coëtquidan - laurent.maheo@univ-ubs.fr

d. LIMATB - Université de Bretagne Sud - arnaud.penin@univ-ubs.fr

e. LIMATB - Université de Bretagne Sud - Ecoles de Saint-Cyr Coëtquidan - bertrand.galpin@univ-ubs.fr

Résumé

La compréhension du comportement des structures minces sous différentes sollicitations est un enjeu en matière de sécurité. L'état de contrainte et la vitesse de déformation peuvent avoir une influence majeure sur la réponse du matériau. Pour l'illustrer, les comportements de l'aluminium AA-2024-T3 et de l'acier DP450 sont étudiés. Les matériaux sont caractérisés au travers d'essais de traction simple et de traction équi-biaxiale à différentes vitesses de déformation. Les paramètres de pilotage et la géométrie des éprouvettes sont optimisés afin d'obtenir différentes vitesses de déformation et des états de contrainte constants au cours du chargement ; ainsi que des vitesses de déformation identiques pour les deux états de contraintes.

Abstract

The understanding of thin structures behaviour under various stress states is a current issue. Stress state and strain rate can strongly affect the material behaviour. The aluminium alloy AA-2024-T3 and the steel DP450 behaviours are studied. Materials are analyzed through uniaxial tensile tests and equi-biaxial tensile tests at different strain rates. Specimens are specially designed in order to study the effect of the strain rate and to keep the stress state as constant as possible during the test. Strain rates are as close as possible for both stress states

Mots clefs : vitesse de déformation, traction simple, traction équi-biaxiale, aluminium 2024-T3, acier DP450

1 Introduction

Les matériaux utilisés dans les transports, la défense ou la protection d'équipement sont sollicités sous une palette de conditions de chargements très diverse que ce soit lors d'une utilisation normale en quasi-statique ou en conditions ponctuelles extrêmes comme un impact. Il est donc important de comprendre la réponse d'un matériaux à la fois sous les états de contraintes variés mais aussi pour des vitesses de sollicitations étendues.

Dans [Johnson and Cook, 1985] les résultats sur l'acier 4340, le fer et le cuivre montrent qu'en torsion la vitesse de déformation affecte à la fois l'évolution de la contrainte et la déformation à rupture pour des vitesses allant de 10^{-2} à $10^2 s^{-1}$. En 2010, [Penin, 2010] observe aussi une augmentation des contraintes sur un acier DP450 en fonction de $\dot{\epsilon}$ mais cette fois-ci en traction simple et bi-axiale pour des vitesses allant de 10^{-3} à $10^3 s^{-1}$. Des conclusions similaires en traction simple sont présentées par [Dunand, 2013] à propos de l'acier TRIP780.

Pendant [Seidt and Gilat, 2013] apportent des observations différentes concernant l'aluminium AA-2024-T351. En traction et en torsion, ils ne notent pas de sensibilité à la vitesse de déformation, et en compression elle n'est visible que pour $\dot{\epsilon} > 5 \cdot 10^3 s^{-1}$. Il est aussi présenté que pour un même niveau de déformation et sur toute la plage des vitesses testées, la contrainte est plus élevée en compression qu'en traction de 4% et qu'en torsion de 19%.

Dans l'objectif de comparer l'effet de la vitesse de déformation sur le comportement mécanique pour différents états de contrainte, il est indispensable de maîtriser ce dernier au cours de la sollicitation, et de s'assurer que les effets possibles de l'anisotropie ne biaisent pas les résultats. Ainsi, une même géométrie optimisée d'éprouvette sera systématiquement utilisée pour les essais quasi-statiques et dynamiques.

2 Description de l'étude

2.1 Matériaux

Les matériaux étudiés sont l'alliage d'aluminium AA-2024-T3 d'épaisseur 1.2mm couramment utilisé en aéronautique et l'acier Dual Phase DP-450 d'épaisseur 0,85mm. Ces deux matériaux présentent une faible anisotropie (tab.1).

	\bar{r}	r_{moy}
AA-2024-T3	0,883	0,827
DP450	0,919	0,913

Table 1: Coefficients d'anisotropie normale et moyenne de l'aluminium AA2024-T3 [Janbakhsh et al., 2014] et de l'acier DP450 [Penin, 2010]

2.2 Essais

Les essais sont choisis afin de comparer l'effet de la vitesse de déformation sur la contrainte équivalente pour deux états de contrainte différents. Le comportement des matériaux est abordé au travers d'essais de traction simple et d'essais de traction équi-biaxiale. Ces essais sont effectués pour des vitesses de déformation allant de 10^{-3} à quelques $10^2 s^{-1}$.

Les essais quasi-statiques sont réalisés sur une machine d'essais hydraulique universelle de capacité 500kN, les essais de traction uniaxiale dynamiques sur barres de Hopkinson en acier, diamètre 30mm, et les essais de traction biaxiale dynamique sur un banc de compression de type Hopkinson, avec des barres en Nylon de diamètre 50mm. La traction équi-biaxiale est effectuée par l'intermédiaire d'un dispositif de bulge test ([Grolleau et al., 2008]) dans lequel la pression est appliquée par la poussée d'un piston dans une cavité fermée remplie d'eau afin d'éviter tout problème de frottement. Le même montage est utilisé en quasi-statique et en dynamique.

Les éprouvettes de traction simple et de traction biaxiale (fig.1), choisies délibérément identiques pour les essais quasi-statiques et dynamiques, ainsi que les paramètres d'essais, sont optimisés afin d'obtenir des vitesses de déformation proches de $10^3 s^{-1}$ en dynamique.

En plus des mesures de force en traction simple ou de pression de bulge en traction bi-axiale, des caméras rapides sont utilisées pour enregistrer un mouchetis déposé sur les éprouvettes et analysé par intercorrélation d'image avec le logiciel Aramis.

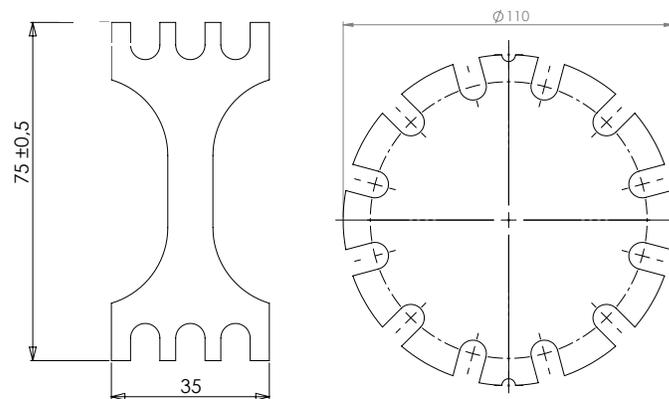


Figure 1: Plans des éprouvettes de traction uniaxiale et équi-biaxiale

Remerciements

Recherches soutenues financièrement par le Ministère de la Défense - Direction Générale de l'Armement ; et par une allocation régionale de recherche de la Région Bretagne.

Références

- [Dunand, 2013] Dunand, M. (2013). *Effect of strain rate on the ductile fracture of Advanced High Strength Steel Sheets: Experiments and modeling*. PhD thesis, Polytechnique.
- [Grolleau et al., 2008] Grolleau, V., Gary, G., and Mohr, D. (2008). Biaxial testing of sheet materials at high strain rates using viscoelastics bars. *Experimental Mechanics*, 48(3):293–306.
- [Janbakhsh et al., 2014] Janbakhsh, M., Loghmanian, S. M. R., and Djavanroodi, F. (2014). Application of different hill's yield criteria to predict limit strains for aerospace titanium and aluminium sheet alloys. *International Journal of Advanced Design and Manufacturing Technology*, 7(1):35 – 44.
- [Johnson and Cook, 1985] Johnson, G. R. and Cook, W. H. (1985). Fracture characteristics of three metals subjected to various strains, strain rates, temperatures and pressures. *Engineering Fracture Mechanics*, 21(1):31–48.
- [Penin, 2010] Penin, A. (2010). *Etude sous chargement dynamique biaxial d'une tôle en acier DP450 : influence sur le comportement et la formabilité*. PhD thesis, Université de Bretagne Sud.
- [Seidt and Gilat, 2013] Seidt, J. and Gilat, A. (2013). Plastic deformation of 2024-t351 aluminium plate over a wide range of loading conditions. *International Journal of Solids and Structures*, 50:1781–1790.