



**HAL**  
open science

# Caractérisation de l'écoulement plastique instable de type Portevin-Le Chatelier dans l'alliage industriel Al-2.5%Mg

Nouara Chibane, Hakim Ait-Amokhtar

## ► To cite this version:

Nouara Chibane, Hakim Ait-Amokhtar. Caractérisation de l'écoulement plastique instable de type Portevin-Le Chatelier dans l'alliage industriel Al-2.5%Mg. CFM 2015 - 22ème Congrès Français de Mécanique, Aug 2015, Lyon, France. <hal-03446369>

**HAL Id: hal-03446369**

**<https://hal.science/hal-03446369v1>**

Submitted on 24 Nov 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

# Caractérisation de l'écoulement plastique instable de type Portevin-Le Chatelier dans l'alliage industriel Al-2.5%Mg

N. CHIBANE<sup>a</sup>, H. AIT-AMOKHTAR<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Laboratoire de Physico-Chimie des Matériaux et Catalyse (LPCMC), Faculté des Science Exactes, Université de Bejaia, 06000 Bejaia, Algérie.

[Chibane\\_n@hotmail.fr](mailto:Chibane_n@hotmail.fr), [aitamokhtar\\_h@yahoo.fr](mailto:aitamokhtar_h@yahoo.fr)

## Résumé

Dans les procédés industriels de mise en forme des matériaux métalliques, comme l'emboutissage et le laminage, la localisation de la déformation plastique se présente comme un inconvénient majeur. Le phénomène Portevin-Le Chatelier (PLC) est l'une des formes de la déformation plastique hétérogène, observé dans une large gamme de matériaux, en particulier dans les alliages d'aluminium dans différentes conditions de sollicitation mécanique. L'écoulement plastique instable associé se manifeste par des hétérogénéités macroscopiques sous forme de bandes de déformation localisée. Ce phénomène conduit à des caractéristiques mécaniques hétérogènes, limite la ductilité du matériau déformé et crée des zones très sensibles, à la corrosion par exemple. Ces zones de localisation de la déformation sont caractérisées par un comportement dilatant qui peut provoquer la rupture d'un matériau et, par conséquent, la défaillance de structures. L'origine physique du phénomène PLC est le vieillissement dynamique des dislocations mobiles. Ce mécanisme réduit la sensibilité de la contrainte d'écoulement à la vitesse de déformation, qui devient négative et qui conduit, par conséquent, à un écoulement plastique instable.

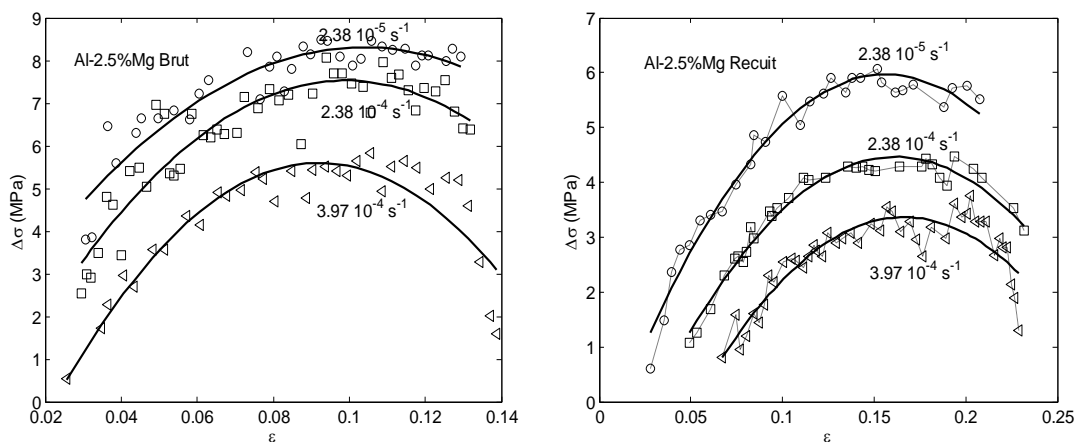
Dans le cadre de ce travail, des essais mécaniques de traction uniaxiale, conduits à vitesse de déformation imposée, nous ont permis de caractériser les instabilités plastiques associées à l'effet PLC dans l'alliage Al-2.5%Mg à température ambiante. Les paramètres caractéristiques des instabilités PLC ont été étudiés dans une large gamme de vitesses de déformation imposée, allant de  $10^{-6}$  à  $10^{-1} \text{s}^{-1}$ , dans deux types d'échantillons : brut de laminage et recuit.

L'analyse des courbes de traction à différentes vitesses de déformation a permis de déterminer le domaine d'existence du phénomène PLC et les différents types d'instabilités associées dans l'alliage à l'état brut et à l'état recuit. Le domaine d'apparition des instabilités est plus étendu quand l'alliage a subi un traitement de recuit.

La déformation plastique critique nécessaire pour l'apparition des instabilités PLC manifeste un comportement normal aux vitesses de déformation élevées, où les instabilités sont de type A, et un comportement inverse aux faibles vitesses de déformation, où les instabilités sont de type B ou C, l'étude de l'évolution de la déformation plastique à la rupture en fonction de la vitesse de déformation nous a permis de mettre en évidence une chute de ductilité de l'alliage Al-2,5%Mg dans le domaine des vitesses de déformation où l'effet PLC apparaît.

L'aspect et l'amplitude des chutes de contraintes dépendent de la vitesse de déformation imposée, de la déformation et de l'état du matériau (brut ou recuit). Pour une vitesse de déformation donnée, la croissance de l'amplitude des chutes de contrainte avec la déformation peut être attribuée à l'augmentation de la densité des dislocations qui rend le mouvement de celles-ci de plus en plus difficile [9]. Ceci entraîne une augmentation du temps d'attente des dislocations aux obstacles de la

foret qui favorise, par conséquent, le vieillissement dynamique. Pour une déformation donnée, l'amplitude des chutes de contrainte diminue quand la vitesse de déformation augmente. Cette diminution s'explique par la réduction du temps d'attente aux obstacles et par conséquent la réduction de l'intensité de vieillissement dynamique. Ceci traduit la sensibilité négative de l'amplitude des instabilités à la vitesse de déformation imposée [1,6]. Comme le traitement thermique atténue la texture de laminage, augmente la taille des grains donc il modifie les conditions d'existence et l'amplitude des chutes de contraintes, l'étude comparative montre que pour une vitesse de déformation donnée, le traitement de recuit a donné lieu à une augmentation de ductilité accompagnée d'une réduction de l'amplitude des instabilités dans l'alliage Al-2,5%Mg. L'amplitude des chutes de contraintes est nettement plus élevée dans le cas des alliages brut de laminage figure 1.



**Figure 1.** Evolution de l'amplitude des chutes de contrainte en fonction de la déformation pour différentes vitesses de déformations imposées dans l'alliage Al-2.5%Mg :  
(a) Etat brut de laminage et (b) Etat recuit

En plus de l'analyse des caractéristiques de l'écoulement plastique instable (domaine d'apparition, amplitude et type d'instabilité, déformation critique, déformation à la rupture, sensibilité à la vitesse,...) à température ambiante, une analyse statistique de l'amplitude des chutes de contrainte a été réalisée dans le domaine plastique instable des alliages Al-2,5Mg brut et recuit. Les résultats obtenus sont représentés par des histogrammes, correspondant respectivement aux alliages Al-2,5%Mg à l'état brut et à l'état recuit. On constate qu'il n'y a pas de différence appréciable entre les deux groupes d'histogrammes. Dans le domaine de faibles vitesses de déformations (instabilités de type C), la forme des histogrammes se rapproche d'une distribution de type gaussienne. Quand on augmente la vitesse de déformation l'histogramme devient asymétrique et se décale vers les petites valeurs des chutes de contraintes. Aux vitesses de déformation élevées, la distribution tend vers une loi puissance décroissante et monotone correspondant aux instabilités de type A.

L'apparition de l'effet PLC est donc accompagnée par la perte de symétrie des histogrammes quand on augmente la vitesse de déformation. Cette perte de symétrie constitue un indicateur du degré de corrélation spatiale entre les sections adjacentes de l'éprouvette.

**Mots clés:** Effet Portevin–Le Chatelier ; Déformation localisée ; Vieillissement dynamique ; sensibilité négative à la vitesse de déformation.

## Références Bibliographiques

- [1] K. Chihab, Y. Estrin, L.P. Kubin and J. Vergnol, Scripta Metall., Vol.21, (1987), p.203
- [2] L.P. Kubin and Y. Estrin, Acta Metall., Vol.38, (1990), p.697
- [9] A. Van Den Beukel, Phys Status Solidi A 30, (1975), p. 197-206
- [4] H. Ait-Amokhtar, C. Fressengeas, S. Boudrahem, Mat.Sci.Eng.A, Vol.488, (2008), p.540
- [6] L.P. Kubin, Y. Estrin, , J.Phys III 1, (1991), p.929
- [8] L. Ziani, S. Boudrahem, H. Ait-Amokhtar, M. Mehenni, B. Kedjar, Mater.Sci.Eng.A 536, (2012), p. 239