

Etude de l'influence de la direction de laminage sur les courbes limites de micro-formage

N. A. SENE^a, P. BALLAND^b, R. ARRIEUX^c

a. Sénégal, Univ. Cheikh Anta Diop de Dakar, ndsene@gmail.com

b. F - Univ. Savoie Mont Blanc, SYMME, FR-74000 Annecy, pascalle.balland@univ-smb.fr

c. F - Univ. Savoie Mont Blanc, SYMME, FR-74000 Annecy

Résumé :

Cet article présente les courbes limites de micro-formage de l'aluminium 1050A (99,5 %) d'épaisseur 0,2 mm pour 3 orientations par rapport à la direction de laminage. Une micro-presse de type Marciniak, couplée à un dispositif d'analyse d'images pour déterminer les déformations sur toute la surface de l'échantillon, est utilisée pour la caractérisation du matériau [1-2]. Les courbes limites de micro-formage, suivant 3 orientations, sont déterminées avec la méthode des polynômes [1-2] et facilitent ainsi la mise au point de leur mise en forme.

Abstract :

This article presents the forming limit curves of aluminium 1050 A (99.5 %) with a thickness of 0.2 mm for 3 orientations compared to rolling direction. A micro-press, based on the testing principle described by Marciniak, coupled to an image analysis device, is used to characterize the material [1-2]. The micro-forming limit curves, according to 3 orientations, are determined with the polynomial method [1-2] and thus facilitate the development of their shaping.

Mots clefs : micro-formage ; courbe limite de micro-formage ; aluminium

1 Introduction

Actuellement, l'orientation de plusieurs secteurs industriels dans le domaine de la miniaturisation est motivée par l'augmentation considérable de la demande de produits de plus en plus petits. Cependant, peu de travaux ont été réalisés sur les matériaux de faibles épaisseurs. Le problème majeur lié aux opérations de micro-emboutissage est le début de la striction localisée. Généralement, la limite de formabilité du matériau est prédite par les courbes limites de formage. L'objectif de ce travail est de vérifier si l'orientation de la tôle par rapport à la direction de laminage a une influence sur les courbes limites de micro-formage.

Cet article présente d'abord le protocole expérimental original utilisé pour le micro-emboutissage de tôles d'épaisseur maximale 0,2 mm. Ensuite, tout le protocole retenu pour l'obtention des courbes limites de micro-formage ainsi obtenues.

2 Protocole expérimental

Une micro-presse de type Marciniak [1-2] (Figure 1), constituée d'un poinçon à fond plat de diamètre 9 mm, d'une matrice et d'un serre-flan annulaire de diamètre intérieur 10 mm, couplée à un dispositif d'analyse d'images, a été conçue et réalisée pour mener des essais de micro-emboutissage.

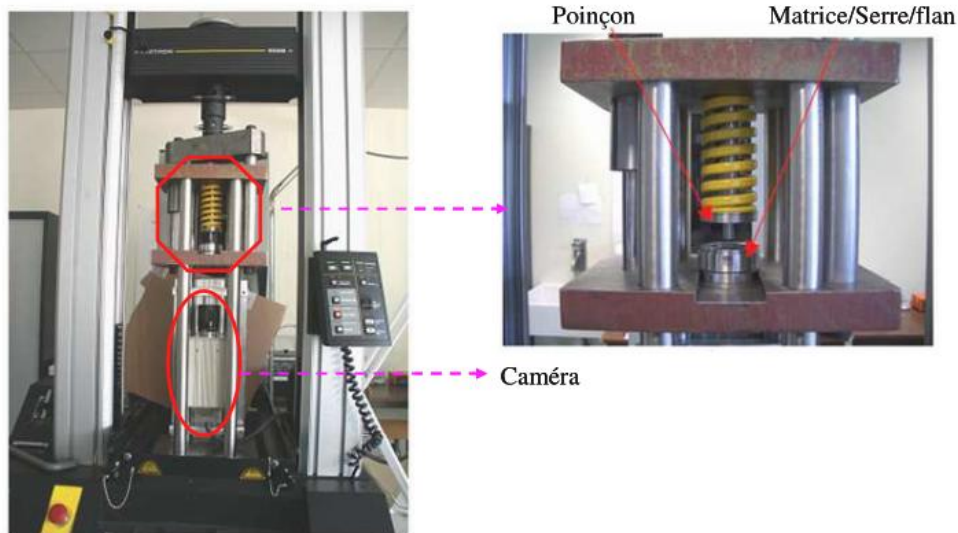


Figure 1 : Dispositif de micro-emboutissage

L'aluminium 1050A (99,5%) d'épaisseur 0,2 mm est testé. Plusieurs essais de micro-emboutissage ont été réalisés pour des échantillons de différentes largeurs (24, 14, 12, 10, 8 et 6 mm) (Figure 2) qui permettent de prendre en compte les différents modes de sollicitations potentiellement présents lors d'une opération d'emboutissage. Une sous-épaisseur de 0,1 mm a été usinée par électroérosion dans la future zone centrale de l'échantillon pour forcer les déformations à localiser au centre et remplace ainsi l'utilisation d'un contre-flan toujours difficile à centrer vu la taille des pièces.



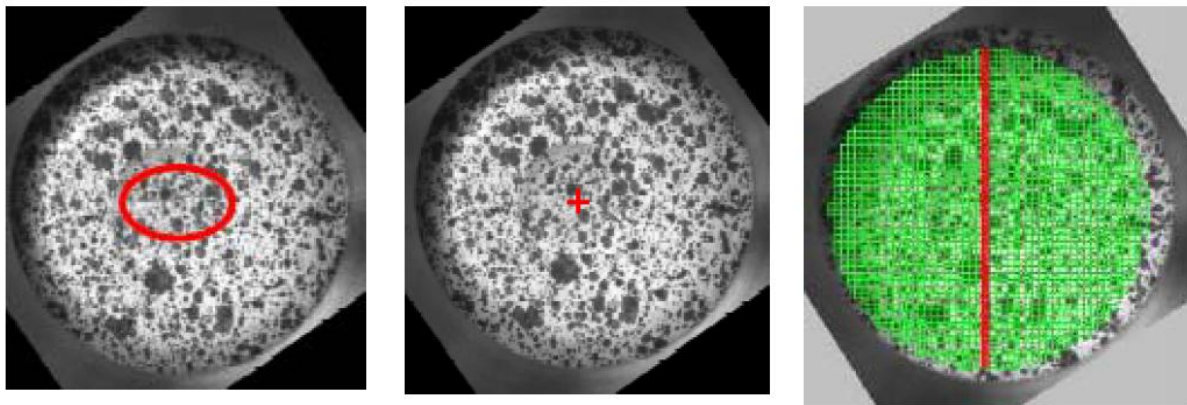
Figure 2 : Echantillons de différentes largeurs

Les échantillons testés ont été découpés suivant trois directions par rapport à la direction de laminage : 0°, 45° et 90°. Chaque échantillon a été embouti jusqu'à rupture. La fréquence d'acquisition des images est de 1 image par seconde et la vitesse de déplacement du poinçon est de 2 mm/min. La

méthode de corrélation d'images [3] est utilisée pour la mesure des déformations majeures et mineures qui seront utilisées pour la détermination expérimentales des micro-courbes de formage.

3 Courbe limite de micro-formage

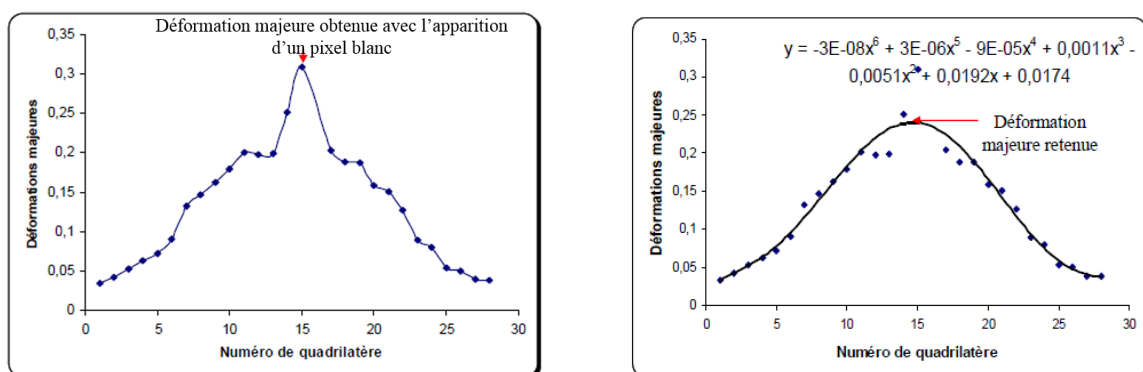
Pour la détermination des courbes limites de micro-formage, la méthode polynômiale a été utilisée [1-2]. La première étape est de détecter l'image pour laquelle apparaît le premier pixel blanc que nous avons défini comme critère de début de striction (Figure 3-a). L'image retenue est alors l'image précédente (Figure 3-b). Les déformations seront alors analysées le long d'un diamètre passant par le point pour lequel le pixel blanc est apparu (Figure 3-c).



a) Détection du premier pixel blanc b) Image précédente c) Définition d'un diamètre

Figure 3 : Détermination de la zone et du temps retenu pour le calcul des déformations majeures et mineures

La méthode de détermination des déformations majeure et mineure est fondée sur l'ajustement par un polynôme de degré 6 de la courbe déformation majeure le long du diamètre défini précédemment, calculée sur la dernière image avant l'apparition d'un pixel blanc (Figure 4). La valeur maximale du polynôme est la limite recherchée pour la déformation majeure. La déformation mineure est la valeur correspondant au numéro de quadrilatère de la déformation maximale du polynôme. La méthode a été appliquée à chaque échantillon et les courbes limites de micro-formage, associées à chaque orientation, ont été obtenues en traçant les déformations majeures en fonction des déformations mineures.



a) Courbe fournie par l'analyse d'images

b) Interpolation

Figure 4 : Détermination de la déformation majeure de la striction avec la méthode des polynômes

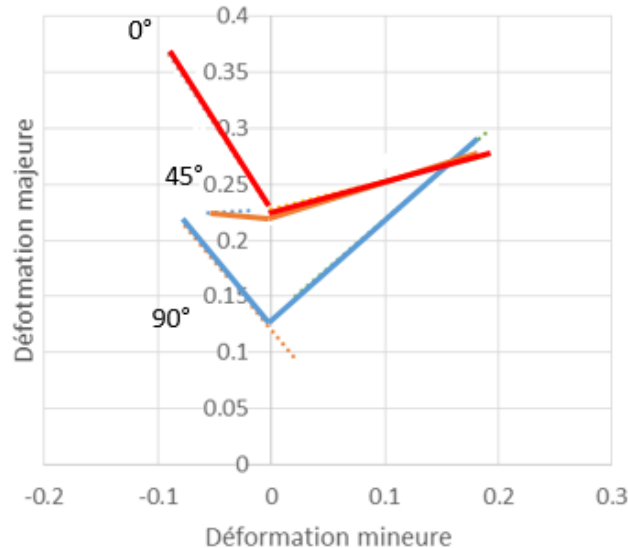


Figure 5 : Comparaison des courbes limites de micro-formage pour les 3 orientations par rapport à la direction de laminage

Les courbes obtenues avec les trois orientations sont superposées sur un même graphique (Figure 5). Les résultats montrent que la courbe limite de micro-formage à 0° est proche de celle de 45° en particulier dans le domaine de l'expansion ($\varepsilon > 0$), par contre celle de 90° est éloignée des deux autres. Les courbes se rejoignent bien dans le domaine de l'expansion biaxiale équilibrée ($\varepsilon_{\text{mineure}} \cong \varepsilon_{\text{majeure}}$). Nous pouvons observer qu'il y a une influence forte de la direction de laminage sur les courbes limites de formage pour ce matériau de faible épaisseur.

4 Conclusion

Dans cet article, une campagne d'essais de micro-emboutissage a été réalisée sur l'aluminium 1050A (99,5%) de faible épaisseur (0,2 mm) dont les échantillons ont été découpés suivants différentes orientations par rapport à la direction de laminage. Les déformations majeures et mineures sont déterminées par corrélation d'images. Les courbes limites de micro-formage ont été déterminées avec la méthode des polynômes avec comme critère de début de striction l'apparition du premier pixel blanc. La comparaison de ces courbes montre une différence de formabilité entre les courbes à 0°, 45° et 90°. La direction de laminage influe sur la prédiction de l'apparition de la striction pour des matériaux de faible épaisseur et cette connaissance permet de mieux anticiper la forme du flan et surtout l'orientation de la tôle à privilégier pour la mise en forme du produit final.

Références

- [1] N. A. Sène, P. Balland, R. Arrieux. Determination and validation of micro-forming limit diagram of very thin materials, *International Journal of Material Forming*, 10 (2011) 422-434.
- [2] N. A. Sène, P. Balland, R. Arrieux, K. Bouabdallah. An experimental study of the micro-formability of very thin materials, *Experimental Mechanics* 53 (2013) 155-162.
- [3] P. Vacher, S. Dumoulin, F. Morestin, S. Mguil-Touchal. Bidimensional strain measurement using digital images. *Proc Inst Mech Eng C* (1999) 213-811.