

Influence de l'orientation des grains sur le retour élastique lors de la mise en forme

S. HAKIMI¹, A. SOUALEM²

1. Laboratoire de physique et de mécanique des matériaux métalliques LPMMM, Institut OMP, Université de Sétif, Sétif, Algérie, email: hakimisoumaya@yahoo.fr.
2. Laboratoire de physique et de mécanique des matériaux métalliques LPMMM, Institut OMP, Université de Sétif, Sétif, Algérie, email: a_soualem@yahoo.fr

Résumé

Le retour élastique est un problème important dans le processus de la mise en forme des tôles. C'est un changement dimensionnel de la partie formée après la suppression de l'outil, il résulte par le changement des déformations produites. Ceci a comme conséquence le composant formé étant hors de la tolérance et peut créer des problèmes dans l'assemblage ou l'installation, donc la prévision précise du retour élastique est impérative pour la conception robuste de l'outillage.

L'objet principale de ce travail est l'étude de l'influence de l'orientation des grains sur l'évolution du retour élastique lors de la mise en forme, en utilisant un dispositif d'étirage -pliage en U réalisé au niveau de notre institut.

Mots clefs: mise en forme, retour élastique, orientation des grains, anisotropie.

1. Introduction

La transformation des tôles mécaniques en produits finis a une importance considérable dans de nombreuses industries telles que la construction mécanique, l'automobile ou l'aéronautique. Mais plusieurs problèmes tel que le retour élastique, la striction, plissement... posés actuellement au niveau de l'industrie mécanique lors de la mise en forme (emboutissage, pliage). Plusieurs recherches faites ces 15 dernières années ont montré que la quantification du retour élastique a un rôle très important dans l'industrie de la mise en forme des tôles. Ces études ont été faites dont l'objectif de trouver des techniques et des méthodes pour minimiser ou éviter totalement cette variation physique permanente.

De nombreux travaux ont été proposés dans la littérature pour caractériser le retour élastique des tôles minces. Chatti [1], Sun et al. [2], Jiang et al. [3], Kim & Koç. [4], Regai et al [5] et Dongjuan et al. [6],... etc, ont montré que le niveau du retour élastique est sensible à plusieurs facteurs. Ces facteurs sont liés, d'une part, au procédé de mise en forme et, d'autre part, à la tôle elle-même. Les paramètres du procédé sont l'effort de serrage (d'après les travaux de Papeleux & Ponhot. [7], Wei et al. [8], Lee & Yang. [9], Chen & Koc. [10] et Liu et al. [11]), la vitesse de mise en forme (telles que les expériences de Azaouzi. [12], Joannic. [13], Mori et al. [14], la nature du contact entre les outils et la tôle (d'après Li et al. [15], Kadkhodayan

& Pourhasan. [16], Panthi et al [17], Carden et al. [18], et Andersson. [19]), ainsi que les paramètres géométriques, tels que les rayons de courbure des outils et la course du poinçon (Les travaux de Verma & Haldar. [20], Akrouit & Chaker. [21]). Les paramètres de la tôle sont le matériau (composition chimique, taille des grains, les propriétés mécaniques), la texture et l'épaisseur de la tôle. Donc, dans ce travail nous avons présenté une étude expérimentale où nous avons étudié l'effet d'orientation des grains sur le retour élastique.

2. Etude expérimentale

A cause d'une large utilisation des alliages d'aluminium et l'acier doux dans l'industrie automobile, aviation, électronique on a choisi celui ci comme des matériaux d'étude. Après que les échantillons (tôles) sont écrouis, ils sont découpés en rectangles, dans trois directions différentes (0°, 45°, 90°) par rapport au sens du laminage pour voir l'effet de l'anisotropie sur le retour élastique

2.1 Essai de traction

L'objectif principal de l'essai de traction est de caractériser et analyser l'effet de direction de laminage pour les deux matériaux : l'alliage d'aluminium et l'acier doux. Ces essais sont assurés par la machine de traction (ZWICK).

Matériau	Acier doux			Aluminium		
	0°	45°	90°	0°	45°	90°
Orientation	0°	45°	90°	0°	45°	90°
E [GPa]	51.2	54.3	48.8	28.7	34.5	26.2
A %	39	36	37	30	32	28

Table.1: Caractéristiques de l'acier doux et d'alliage d'aluminium.

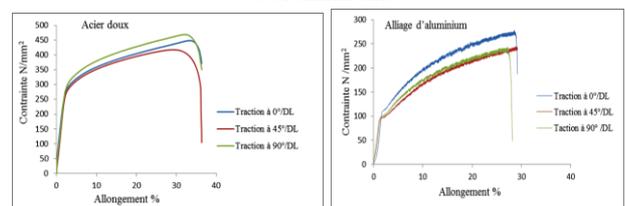


Fig.1: Courbes expérimentales de traction à différentes directions de chargement sur des éprouvettes en acier doux et en alliage d'aluminium.

2.2 Essai d'étirage-pliage sur la machine de traction

D'une manière générale, les essais assurés en adaptant le dispositif d'étirage (Fig.4) sur la machine de

traction et en utilisant un capteur de déplacement de type SOLARTRON C53 [$\pm 10\text{mm}$] qui traverse l'orifice de la matrice et se met en contact avec l'éprouvette, ce qui permet l'enregistrement de moindre variation de déplacement. L'objectif de ces essais est de quantifier la variation du retour élastique (Δh) en fonction de la profondeur d'étirage (h_d), en montrant l'influence des facteurs cités précédemment. La technique de mesure du retour élastique est schématisée sur Fig.2.

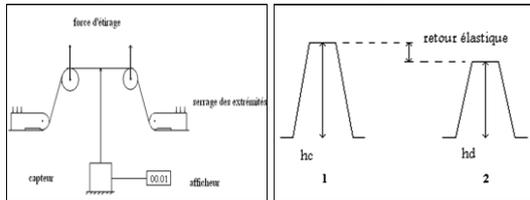


Fig.2 : Schéma expliquant le principe de mesure du retour élastique



Fig.3: forme d'éprouvette avant et après déformation

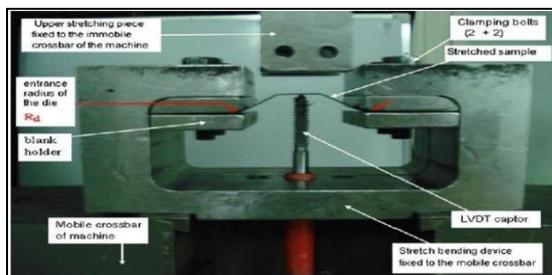


Fig.4 : Dispositif d'étirage-plier adapté sur la machine de traction.

3. Résultat et discussion

3.1 Effet de direction de laminage

3.1.1 Essai d'étirage pour l'acier doux

Nous avons remarqué que les différentes courbes présentées dans Fig.5 prennent une forme décroissante, et que le retour élastique diminue avec l'augmentation de la profondeur d'étirage, ce qui produit une déformation plastique importante. Il a également été remarqué que le retour élastique augmente sensiblement pour la direction de laminage de 90° que pour les 0° et 45° . Cette observation a été faite par Regay et al [5], plus la valeur de la résistance mécanique est grande, plus le retour élastique est grand et l'augmentation du module de Young provoque une diminution du retour élastique.

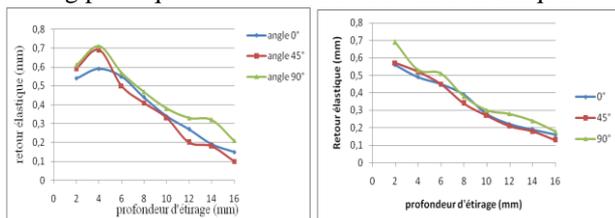


Fig.5.a : Essai continu Fig.5.b : Essai discontinu

Fig.5 : Influence de la continuité de l'essai sur le retour élastique en fonction de la profondeur d'étirage pour les

trois directions de laminage : $0^\circ, 45^\circ$ et 90° /DL de l'acier doux

3.1.2 Essai d'étirage d'alliages d'aluminium

Comme représenté sur la Fig.6, le retour élastique est minimal dans la direction $\varphi=45^\circ$ et augmente quand $\varphi=90^\circ$ et $\varphi=0^\circ$. Ces variations peuvent être dues à la variation des caractéristiques mécaniques (module de Young, la limite d'élasticité et la résistance mécanique d'une manière générale) de l'éprouvette dans les trois directions. Ces résultats ont montré que le module de Young augmente respectivement dans les sens ($\varphi=0^\circ, 90^\circ$ et 45°), et comme il est indiqué dans la théorie et les travaux précédents.

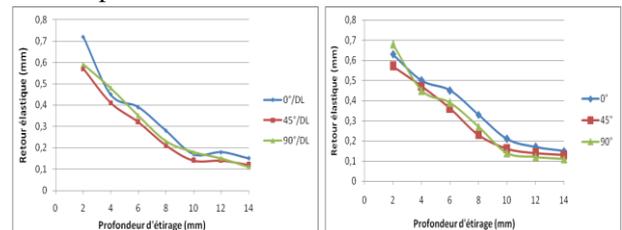


Fig.6.a : Essai continu Fig.6.b : Essai discontinu

Fig.6 : influence de la continuité de l'essai sur le retour élastique en fonction de la profondeur d'étirage pour les trois directions de laminage : $0^\circ, 45^\circ$ et 90° /DL de l'alliage d'aluminium

Conclusion

Les résultats obtenus nous ont permis de tirer les conclusions suivantes :

- Le retour élastique est sensible à plusieurs facteurs, mais cette sensibilité est relative d'un facteur à un autre,
- Plus la profondeur d'étirage est plus importante, plus le retour élastique est plus faible,
- En ce qui concerne l'anisotropie du retour élastique, on a découpé les échantillons suivant trois angles $0^\circ, 45^\circ$ et 90° par rapport au sens de laminage. Quand la profondeur de déformation augmente le retour élastique diminue mais différent pour les trois directions, à partir des résultats obtenus on peut conclure que le retour élastique est anisotrope,
- l'augmentation du module de Young provoque une diminution du retour élastique.

References

- [1] S. Chatti, "Choix d'un algorithme explicite ou implicite pour la simulation du retour élastique", 19^{ème} Congrès Français de Mécanique Marseille, France, 2009, pp. 1-6.
- [2] P.Sun, J.J. Gracio, J.A. Ferreira, "Control system of a mini hydraulic press for evaluating springback in sheet metal forming, J Mater Process Technol, 2006, vol. 176, pp. 55-61.

- [3] C. Jiang, X. Han, G.R. Liu, Li. G.Y., "The optimization of the variable binder force in U-shaped forming with uncertain friction coefficient", *J Mater Process Technol*, 2007, vol. 182, pp.262-267.
- [4] H.S. Kim, M.Koç, "Numerical investigations on springback characteristics of aluminum sheet metal alloys in warm forming conditions", *J Mater Process Technol*, 2008 ,vol. 204, pp. 370-383.
- [5] I. Ragai, D. Lazim, J.A. Nemes, "Anisotropy and springback in draw-bending of stainless steel 410: experimental and numerical study", *J Mater Process Technol*, 2005, vol. 166, pp.116–127.
- [6] Z. Dongjuan, C. Zhenshan, R. Xueyu, L. Yuqiang, "An analytical model for predicting springback and side wall curl of sheet after U-bending", *Comp Mater Sci*, 2007, vol. 38, pp. 707–715.
- [7] L. Papeleux, J.P. Ponthot, "Finite element simulation of springback in sheet metal forming", *J Mater Process Technol*, 2002, vol. 125-126, pp.785–791.
- [8] L. Wei, Y. Yuying, X. Zhongwen , Z. Lihong, "Springback control of sheet metal forming based on the response surface method and multi-objective genetic algorithm", *Mater Sci Eng A*, 2009, vol. 499, pp. 325–328.
- [9] S.W. Lee, D.Y. Yang, "An assessment of numerical parameters influencing springback in explicit finite element analysis of sheet metal forming process" , *J Mater Process Technol*, 1998, vol. 80-81, pp. 60–67.
- [10] P. Chen, M. Koc, "Simulation of springback variation in forming of advanced high strength steels", *J Mater Proc Technol*, 2007, vol. 190, pp.189-198.
- [11] G. Liu, Z. Lin, W. Xu, Y. Bao, "Variable blank holder force in U-shaped part forming for eliminating springback error". *J Mater Process Techno*, 2002, vol. 120, pp. 259–264.
- [12] M. Azaouzi, "Modélisation et optimisation numérique de l'emboutissage de pièces de précision en tôlerie fine", Thèse de Doctorat, INPL Nancy, 2007.
- [13] D. Joannic, "Modélisation mécanique et simulation numérique du retour élastique en emboutissage des tôles minces et optimisation paramétriques", Thèse de Doctorat, université de Franche-Comté des Sciences et Techniques, France, 1998.
- [14] K. Mori, K. Akita, Y. Abe, "Springback of high strength steel and aluminium alloy sheets in bending using CNC servo press". *Int Conf on Technol of Plast*, 2005, Italy, pp. 87-88.
- [15] K.P. Li, W.P. Carden, R.H. Wagoner, "Simulation of springback", *Int J Mech Sc*, 2002i, vol. 44, pp.103-122.
- [16] M. Kadkhodayan, R. Pourhasan, "Springback simulation of friction aided deep drawing process". In: *Proceedings: Iran international aluminum conference*, 2009, IIAC, Tehran, Iran, pp. 404–409.
- [17] S.K. Panthi, N. Ramakrishnan, A. Meraj, S.S. Shambhavi, M.D. Goel, "Finite Element Analysis of sheet metal bending process to predict the springback", *Mater Des*, 2010, vol. 31, pp. 657–662.
- [18] W.D. Carden, L.M. Genga, D.K. Matlock, R.H. Wagoner, "Measurement of springback", *Int J Mech Sci*, January 2002, Vol. 44, Issue 1, , pp.79–101.
- [19] A. Andersson, " Numerical and experimental evaluation of springback in a front side member", *J Mater Process Technol*, 2005, vol. 169, pp.352–356.
- [20] R.K.Verma, A. Haldar, "Effect of normal anisotropy on springback", *J Mater Process Technol*, 2007, vol. 190, pp. 300–304.
- [21] M. Akrouf, C. Chaker, "Emboutissage de tôles minces et calcul du retour élastique par élément finis", *Int J Mech Prod Syst Eng*, 2007, vol. 3, pp. 3-9.