

Caractérisation par indentation de tôles épaisses en alliage d'aluminium et de tôles minces en acier

Mohamad IDRIS (1,3), Olivier BARTIER (1,2), Xavier HERNOT (1,2), Gérard MAUVOISIN (1,2), Eddie GAZO-HANNA(3),

1. LGCGM, Université de Rennes 1, 20 avenue des Buttes de Coesmes, 35708 Rennes

2. IUT, Université de Rennes 1, 3 Rue de Clos Courtel, 35700 Rennes

3. ESI-Group, Campus de KerLann, Rue Maupertuis, 35710 Bruz.

Résumé

L'essai d'indentation instrumentée présente plusieurs avantages par rapport aux essais classiques de caractérisation mécanique des matériaux. C'est un essai local quasi non-destructif ne demandant qu'une petite quantité de matière et ne nécessitant que peu de préparation préalable de l'échantillon. Les méthodes de caractérisation mécanique par indentation instrumentée ne cessent de s'améliorer pour déduire les propriétés mécaniques des matériaux et essayer de remonter à leur loi d'érouissage. Pour l'industrie d'automobile, l'essai d'indentation est intéressant mais il doit démontrer son efficacité non seulement pour des pièces massives mais également sur des pièces de faibles épaisseurs (tôles minces). Dans les deux cas, pièces massives et tôles minces, plusieurs facteurs sont à prendre en compte pour que la courbe d'indentation conduise à la détermination des paramètres de la loi de comportement de la pièce, habituellement obtenue par test de traction.

La fabrication des pièces, qui nécessite généralement plusieurs étapes avant l'obtention de la forme finale, peut entraîner une hétérogénéité des propriétés mécaniques dans l'épaisseur de la pièce obtenue. L'essai de traction conduit à la détermination d'une loi de comportement moyenne de celles existantes dans les différentes zones du matériau hétérogène. L'essai d'indentation, qui impose la plastification d'une zone située en surface du matériau, mène à la détermination de la loi de comportement de cette zone uniquement. Les essais de traction et d'indentation ne conduisent donc pas toujours aux mêmes résultats.

Dans le cas des tôles épaisses, telles que celles en alliages d'aluminium AA2017 et AA5764 de 6 mm d'épaisseur que nous avons testées, on montre que leur mode d'obtention par laminage induit une dureté plus élevée en surface (**Figures 1.a. et 1.b.**). En conséquence, l'indentation en surface de ces pièces conduit à l'identification d'un matériau plus résistant que celui caractérisé par traction. On démontre que l'indentation dans la section conduit à des résultats plus proches de ceux obtenus par traction.

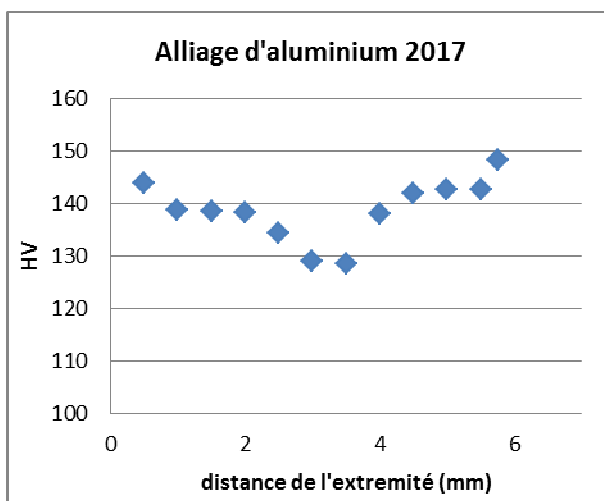


Figure 1.a. : Profil de dureté de l'alliage d'aluminium 2017.

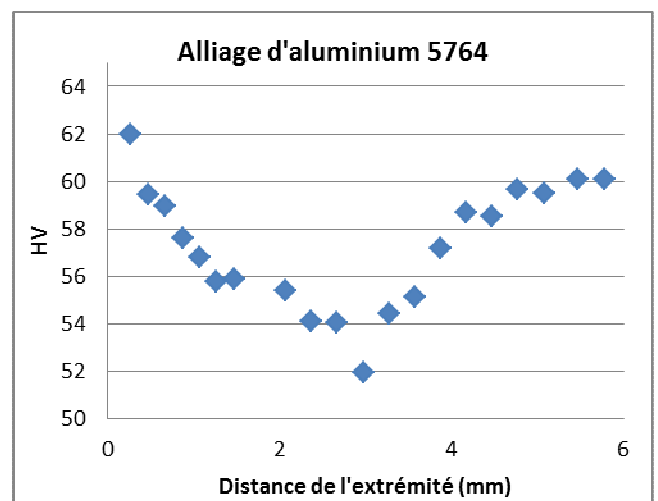


Figure 1.b. : Profil de dureté de l'alliage d'aluminium 5764.

Dans le cas des tôles minces en aciers DC01 et DC04 de 2 mm d'épaisseur que nous avons testées, le problème est plus compliqué. L'indentation en surface des tôles minces nécessite l'utilisation d'un montage expérimentale spécifique [1, 2] pour éviter les perturbations dues au manque de planéité de échantillons testés (**Figure 2**). On observe que, comme dans le cas de l'indentation des tôles épaisses, l'indentation en surface surestime la résistance globale du matériau. Cette surestimation est due à la dureté plus élevée en surface mais aussi à l'existence d'un champ de contraintes résiduelles de compression en surface. Ces contraintes sont introduites lors de l'élaboration de ces tôles (laminage à froid, recuit, bobinage...). Contrairement à l'indentation sur tôles épaisses, l'indentation effectuée sur la section de la tôle mince ne permet pas la détermination de la résistance globale du matériau notamment à cause de l'influence des effets de bord. Des simulations numériques montrent en effet qu'une perte de rigidité due aux effets de bords perturbe l'essai d'indentation. Les résultats montrent que la meilleure solution pour obtenir la loi de comportement moyenne des tôles minces est de retirer, par rectification ou polissage, une certaine épaisseur de matière en surface. Le but est d'indenter la nouvelle surface obtenue.

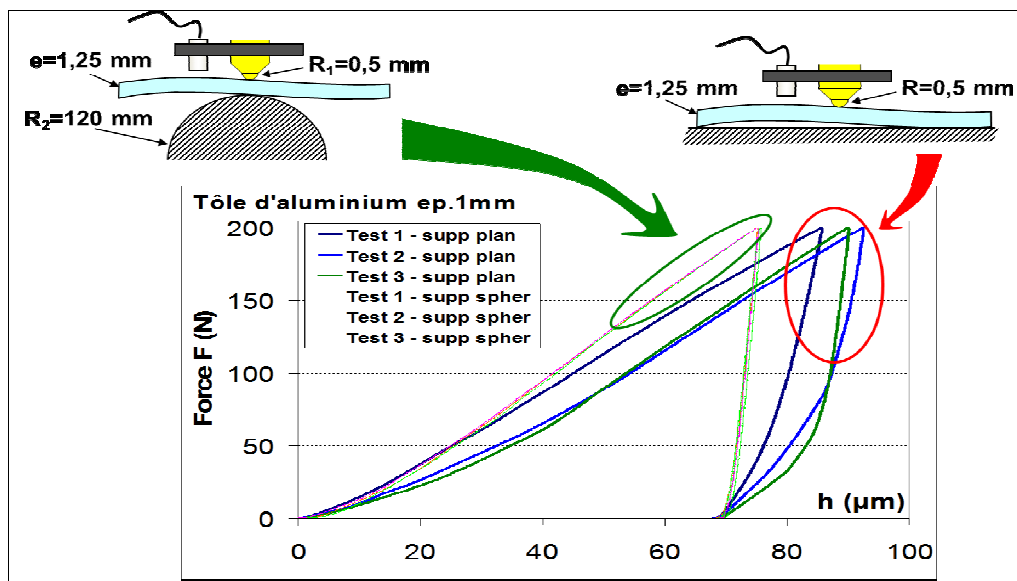


Figure 2 : Comparaison entre les courbes d'indentation obtenues par montage spécifique d'indentation des tôles et les courbes d'indentation obtenues par le montage classique.

En conclusion, plusieurs facteurs peuvent avoir pour conséquence l'obtention de courbes d'indentation qui ne permet pas la détermination du comportement mécanique global des tôles. On présente dans cette étude les différents facteurs pouvant influencer les résultats d'indentation. On présente de même les meilleures conditions sous lesquelles doit être fait l'essai d'indentation instrumentée.

Mots clés :

Indentation instrumentée, tôles épaisses et fines, profil de dureté, contraintes résiduelles.

Références:

- [1] P. Brammer, G. Mauvoisin, O. Bartier, X. Hernot and S.-S. Sablin. "Influence of sample thickness and experimental device configuration on the spherical indentation of AISI 1095 steel". J. Mater. Res. Vol. 27, 2012, pp 76-84
- [2] G. Mauvoisin. "Dispositif d'indentation continue ou instrumentée à surface de support convexe et son utilisation, notamment pour l'indentation de tôles ». Brevet FR2936056 - WO2010/029179. 2009