

## Résumé

Les modèles de COULOMB et de TRESCA sont insuffisants pour décrire correctement le frottement à l'interface entre le lopin et l'outil durant une opération de forgeage. Après avoir montré l'influence du frottement sur la simulation par la méthode des éléments finis, il est exposé le modèle de la vague plastique formalise avec les théorèmes des lignes de glissement et de la borne supérieure. Ce modèle a été étendu à un modèle de lubrification mixte en prenant en compte la contribution hydrostatique du fluide emprisonné entre la vague plastique du lopin et l'aspérité de l'outil. Après l'énumération des différentes méthodes expérimentales pour la caractérisation du frottement, il est présentée une description de l'outil dynamométrique et de la manipulation expérimentale qui ont été mis au point pendant ce travail de recherche. En s'appuyant sur des exemples simples, il est montré à quel point la simplicité de la mise en équation d'un problème inverse est opposée aux difficultés de la résolution à partir de mesures expérimentales entachées d'erreurs. Il est ensuite exposé deux méthodes inverses, la première étant sur les coefficients des polynômes d'approximation des contraintes de surface, la seconde étant sur la répartition des contraintes de surface sur chaque couronne de l'outil (méthode des moindres carrés avec une régularisation spatiale en dérivées premières et/ou secondes). Enfin, à partir des résultats expérimentaux des déformations élastiques de l'outil dynamométrique et en se servant des méthodes inverses, les contraintes normales et tangentielles de surface expérimentales obtenues lors de l'écrasement de lopins cylindriques sont présentées.

## Résumé

The COULOMB-AMONTON friction law and the TRESCA constant shear model are not sufficiently accurate to predict the friction stress between a die and a workpiece for bulk forming processes simulation. Once the influence of the friction law on finite element modelling is demonstrated, the wave theory is discussed with the upper bound method and the slip lines theory. Then, this friction model is improved for the mixed lubrication regime with a hydrostatic balance of the fluid trapped between the plastic wave of the workpiece and the tool asperity. After a review of the existing experimental methods used for the friction force evaluation, a design of an original dynamometric tool and of experimental tests are presented. In order to show the real problems of the inverse methods applied to numerical values with experimental errors, some simple analytical cases of contact with normal and shear stress are presented. Next, two inverse methods are compared, the first one approximates the surface stresses with polynomial functions and the second one is based on constant stress distributions on small rings coupled to a space smoothing of the first and second derivatives. These inverse techniques are applied to the elastic strain measured in the tool from which the friction stress and the normal stress of the tool on the workpiece are deduced for different upsetting of aluminum

cylinders.