

Apport du maillage adaptatif pour la simulation de procédés de mise en forme. Application au procédé de clinchage

A.Sahyoun¹, A. Rassineux¹, J.-M Roelandt¹, C. Labergère², K. Saanouni²

¹Laboratoire Roberval-UMR UTC/CNRS 6253, France { Abdallah.sahyoun,alain.rassineux,jean-marc.roelandt}@utc.fr

²CD/LASMIS, FRE CNRS 2848, UTT, France {carl.labergere,khemais.saanouni}@utt.fr

Résumé — Ces travaux menés dans le cadre de la simulation numérique du clinchage ont pour objectif d'améliorer la robustesse du calcul en évitant les fortes distorsions du maillage causées par les non linéarités en adaptant la taille du maillage à la nature de la solution du problème. Nous avons mis au point une stratégie de remaillage couplée à des indicateurs d'erreur basés sur le gradient des champs physiques et sur des considérations géométriques avec une adaptation de la séquence de charge. Le calcul des dérivées des champs et leur transfert font appel à l'approximation diffuse.

Mots clefs — Adaptation de maillage, méthodes sans maillage, procédés

1 Introduction

Le clinchage désigne une technique d'assemblage mécanique sans apport de matière et agissant par déformation et fluage à froid des tôles, à l'aide d'un poinçon et d'une matrice [1]. L'approche proposée permet d'évaluer l'ensemble des outils utilisables pour former correctement des points clinchés variés, mis en œuvre avec des matrices de forme TOX. Nous évaluons ainsi par notre approche la géométrie finale du point clinché et l'effort de mise en forme par comparaison avec des mesures expérimentales. La réalisation du point clinché dépend de paramètres géométriques (diamètres poinçon et matrice, profondeur de gorge et de matrice, angles de dépouilles, épaisseur finale sur l'axe entre autre) mais aussi des conditions mécaniques de réalisation (vitesse de mise en forme, nature des revêtements en contact et des rugosités de surfaces, conditions de contact et de lubrification.). L'objectif des travaux est aussi d'étudier l'influence de la géométrie finale du point sur sa résistance mécanique en statique par des essais de traction cisaillement et d'arrachement.

2 Schéma de résolution

Nous présentons les grandes lignes de la méthodologie d'analyse adaptative qui combine adaptation de maillage 2D et adaptation de séquence de charge. Le remaillage adaptatif fait appel à un mailleur 2D " DIAMESH-2D " développé à l'UTC qui adapte la taille des éléments au cours du chargement en fonction d'indicateurs d'erreur portant sur le rayon de courbure des surfaces de contact et sur les champs thermomécaniques dans la pièce et qui s'appuie sur une bibliothèque d'éléments 2D (triangles et quadrangles bilinéaire et quadratique).

Un schéma de résolution globale dynamique explicite est utilisé pour la résolution du problème thermomécanique couplé. Les équations locales de comportement sont implémentées dans une routine VUMAT d'ABAQUS selon un schéma d'intégration local performant et adapté aux fortes non linéarités du problème. Le modèle de comportement thermo-elasto-visco-plastique utilisé incluant l'endommagement ductile fait appel à la méthode à variables d'état pour décrire l'écoulement élastoplastique avec écrouissage mixte (isotrope et cinématique) non linéaire. Les travaux proposés ici ne reposent pas sur le modèle de comportement mais sur le schéma adaptatif [2].

Le processus de remaillage est piloté par 4 tailles d'éléments correspondant à 4 zones : comportement linéaire, un premier seuil de faible plasticité (10%), un seuil plus critique (80%) et une taille pour l'endommagement si nécessaire.

Les différentes étapes de la procédure de maillage adaptatif [3] sont les suivantes :

1. On construit un maillage initial prenant en compte la proximité des outils et leur courbure
2. On lance le solveur ABAQUS/EXPLICIT pour résoudre le problème thermomécanique sur la

première séquence de charge et on récupère la solution EF à la fin de la séquence de charge sur le maillage déformé

3. La séquence de charge est adaptée suivant un critère lié à la qualité géométrique des éléments et au nombre d'éléments endommagés.
4. On utilise différents indicateurs d'erreur [3][4] basés sur la courbure des outils et ou les valeurs propres du Hessian de la température, de la vitesse de la déformation viscoplastique et de l'endommagement pour obtenir la nouvelle carte de taille des éléments.

L'approximation diffuse nous permet de créer en chaque point une approximation quadratique locale des grandeurs et ainsi d'obtenir leur dérivées sous la forme d'une surface de la forme

$$S_{\text{phys}} = f(x, y) = \left\langle 1, x, y, \frac{x^2}{2}, xy, \frac{y^2}{2} \right\rangle \{\alpha\} = \langle P \rangle \{\alpha\} \quad (1)$$

où $\{\alpha\}$ désigne un vecteur de 6 composantes à déterminer

A partir de ce modèle local, il est possible de déterminer les valeurs propres du Hessian de la grandeur considérée et de construire un indicateur d'erreur sur la courbure de la surface.

Nous avons enrichi ces indicateurs d'erreurs à l'aide d'autres indicateurs d'erreur empiriques prenant en compte les valeurs de ces champs.

5 et 6. Après la création d'un nouveau maillage (Fig1), on transfère les champs aux points de Gauss par approximation diffuse. L'étape de reconstruction d'un champ local est rigoureusement identique à la construction de l'étape 4 mais avec une base d'approximation qui peut se réduire à une base linéaire.

L'approximation diffuse apporte une grande souplesse dans cette étape et permet d'introduire des contraintes lors du transfert comme le respect de l'équilibre.

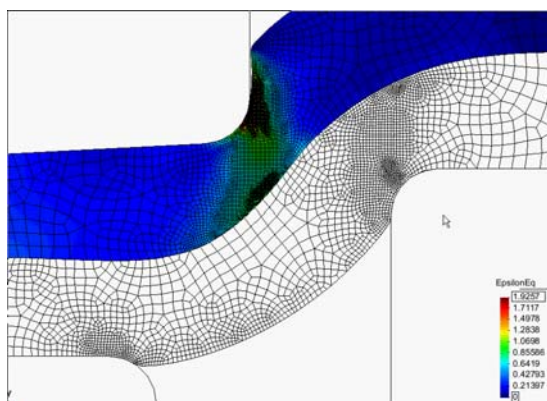


Figure 1 : Procédé de clinchage – adaptation du maillage et transfert de champs

Références

- [1] Hamel V, Roelandt J-M, Gacel, F Schmit, Finite element modeling of clinch forming with automatic remeshing, Computers & structures, 77, 2, pp 185-200, 2000
- [2] K. Saanouni, J.-L. Chaboche, «Application to Metal Forming », Computational Damage Mechanics, Numerical and Computational methods. (Editors: R. de Borst, H. A. Mang), in Comprehensive Structural Integrity, Edited by I. Milne, R.O. Ritchie and B. Karahaloo, ISBN: 0-08-043749-4, Vol 3, n° 7, 2003
- [3] Rassineux A., Saanouni K., Labergère C., 2D/3D adaptative remeshing procedures dedicated to metal forming processes with damageIV European Conference on Computational Mechanics: Solids, Structures and Coupled Problems in Engineering, ECCM 2010, May 16-21, 2010, Paris, France
- [4] R. Boussetta, T. Coupez, L. Fourment, Adaptive remeshing based on a posteriori error estimation for forging simulation, Comp. Meth. Appl. Mech. Engrg., pp 6626-6645, Vol. 195, 2006)