

Une méthode de prédiction de contrainte résiduelle dans une structure ayant subi un traitement de billage ultrason

Jun Li^{1,2}, Thibaut Chaise², Daniel Nélias², Vincent Robin³, Régis Kubler⁴,
Marc Desvignes⁴, Said Taheri¹

¹ LaMSID UMR EDF-CNRS-CEA 2832, EDF R&D 1, av. du Général de Gaulle, 92141 Clamart cedex, France

² LaMCoS, INSA-Lyon, CNRS UMR5259, F69621, France

³ AREVA NP, 10 rue Juillette Récamier, 69456 Lyon, France

⁴ Arts et Metiers ParisTech, Laboratoire Mecasurf, 2 cours des Arts et Métiers, 13617, Aix-en-Provence, France

Résumé :

Le billage ultrason (US) est un procédé de traitement à froid, qui consiste à projeter des billes de façon aléatoire sur la surface de la pièce afin de générer une zone de compression. La présence de cette zone en compression pourrait réduire les risques d'amorçage et de propagation de défauts. Ce procédé pourrait être utilisé comme une étape de parachèvement sur les liaisons soudées.

Bien que les méthodes de simulation numérique de type éléments finis soient capables d'estimer le niveau de contraintes résiduelles dans une pièce billée, le temps de calculs devient trop important dès lors que l'on souhaite prendre en compte un nombre important d'impacts.

Dans cette contribution, nous proposons une approche numérique semi-analytique 3D permettant de prédire, dans un temps industriellement acceptable, le niveau de contraintes résiduelles dans une structure après un traitement de billage US.

Dans un premier temps, les simulations sont effectuées au moyen d'un code, développé au LaMCoS de l'INSA-Lyon, modélisant l'impact de billes sur massif semi infini. Cet outil est basé sur des méthodes Semi Analytiques (SA)[1], dont les résultats ont été validés par comparaison avec des simulations éléments finis sous Abaqus.

Le principe de la méthode consiste à considérer une zone élémentaire représentative constituée de 3 impacts successifs, dont les centres forment un triangle équilatéral (Fig. 1). L'état des contraintes résiduelles dans la pièce à l'issue du traitement de billage US correspond à la moyenne des contraintes résiduelles dans la zone élémentaire, qui dépend du taux de recouvrement exprimé par le rapport entre la surface billée et la surface à traiter :

$$R = \frac{2\pi}{\sqrt{3}} \left(\frac{a^*}{d} \right)^2$$

avec R le taux de recouvrement, a^* le rayon de l'aire de contact plastique et d la distance entre les centres des impacts.

Dans un deuxième temps, les calculs des champs moyennés (contraintes résiduelles et déformations plastiques) dans la zone élémentaire sont également réalisés, pour comparaison, à l'aide des outils éléments finis tels que Abaqus, Code_Aster[2] et Systus[3]. Les résultats obtenus, leur précision et le temps de calcul nécessaires sont ensuite comparés.

Dans un troisième temps, les champs moyennés issus du code SA sont projetés dans un modèle éléments finis d'une plaque mince de dimension 60 x 18 x 2mm, dans le but d'estimer la courbure de cette plaque après un traitement de billage US. Les résultats sont calculés au moyen des codes Abaqus, Code_Aster et Systus en vue d'être analysés et comparés (Fig. 2). Les déformées obtenues numériquement seront ensuite comparées aux résultats obtenus expérimentalement.

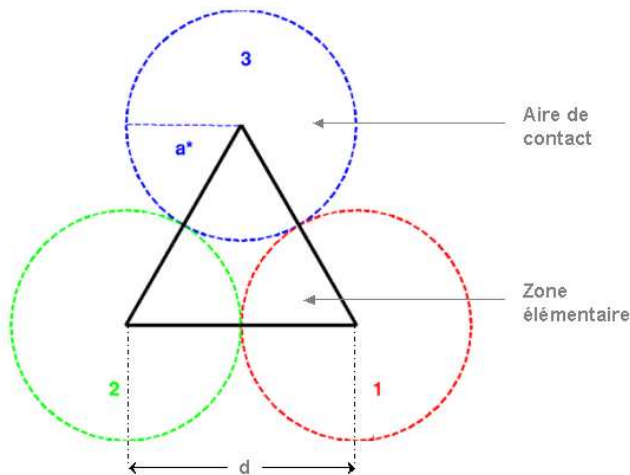


Fig. 1- zone élémentaire avec une configuration de taux de recouvrement à 90%

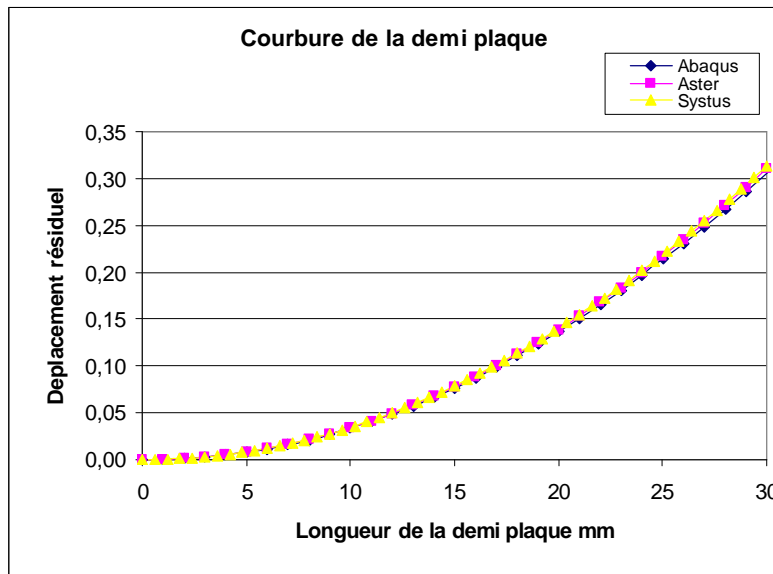


Fig. 2 – courbure de la demi plaque (en mm) obtenue à l'aide des outils éléments finis, après la projection des champs moyennés calculés sous le code SA (les essais seront réalisés très prochainement)

Référence

[1] C. Jacq, D. N'elias, G. Lormand, and D. Girodin. Development of a threedimensional semi-analytical elastic-plastic contact code. Journal of Tribology, 124:653–667, 2002.

[2] www.code_aster.org

[3] www.esi-group.com/products/multiphysics/systus