

ÉTUDE NUMÉRIQUE DE LA NOCIVITÉ DES DÉFAUTS DANS LES SOUDURES

Laurent Lacourt ^{a,b,c}, Samuel Forest ^a, Franck N’Guyen ^a, David Ryckelynck ^a, François Willot ^{a,b}, Sylvain Flouriot ^c, Victor de Rancourt ^c, Alexandre Thomas ^c

^a Mines ParisTech PSL Research University, Centre des Matériaux, CNRS UMR 7633, laurent.lacourt@mines-paristech.fr ;

^b Mines ParisTech PSL Research University, Centre de Morphologie Mathématique ; ^c CEA Centre d’Études de Valduc

Mots-clés : défauts, fatigue, soudage par laser pulsé, méthodes de réduction de modèles.

1 Introduction

Au cours du soudage de deux pièces en TA6V par laser pulsé, des bulles de gaz peuvent être piégées dans la zone fondue. Grâce aux progrès des méthodes de contrôle non destructif, il est maintenant possible de détecter, localiser et dimensionner ces défauts sur des pièces en production. Pour éviter le rebut de pièces contenant des défauts non critiques, il est indispensable de développer des méthodes de calcul les prenant en compte. L’objectif de cette thèse est de proposer une méthodologie innovante de dimensionnement de structures avec défauts. Le travail de thèse est découpé en plusieurs volets. Dans un premier temps, le matériau “sain” est caractérisé mécaniquement. Ensuite les populations de défauts dans des soudures sont observées via des analyses par tomographie aux rayons X. À partir de ces données, un modèle statistique est mis en place afin de générer des configurations réalistes de défauts par simulation numérique. Ces populations sont ensuite étudiées par des calculs éléments finis en utilisant des méthodes de réduction de modèles

2 Étude et génération de populations de défauts

L’analyse par tomographie aux rayons X d’une éprouvette prélevée dans la soudure a permis d’acquérir des données sur la population de défauts. Après reconstruction, les images de tomographie sont binarisées en utilisant les outils d’analyse d’images sous MATLAB. Un ensemble d’indicateurs morphologiques a été mis en place afin de caractériser la géométrie des défauts. Une analyse en composantes principales de ces indicateurs suivie d’un clustering ont permis de mettre en évidence différentes familles de défauts. La mise en place d’indicateurs mécaniques permettra par la suite de trancher sur la pertinence de ces familles de défauts. L’étude de la position des barycentres des défauts dans les impulsions a permis de mettre en place un modèle de génération de germes. Le germe est généré dans le repère local de l’impulsion, puis les impulsions sont assemblées périodiquement afin de reconstituer un cordon. Dans ce premier modèle, puisque le germe est tiré à priori, la forme et la position du défaut sont supposées non corrélées.

3 Méthodes de réduction de modèles

Pour l’étude de l’impact de la présence de défauts sur la réponse mécanique du composant, des méthodes basées sur la réduction de modèle sont mises en place. Une démarche d’hyper-réduction est adoptée. Dans ce cadre, des bases réduites de modes empiriques sont construites pour les défauts d’une part et pour les structures d’autre part. Les deux bases réduites sont ensuite assemblées avant de lancer le calcul hyper-réduit. Une correction éléments finis locale permet de prendre en compte les interactions pouvant avoir lieu.

4 Conclusions

Afin de pouvoir être utilisée en bureau d’études, la méthodologie doit donner des résultats fiables dans un temps de calcul réduit. Cette exigence motive l’utilisation de méthodes de réduction de modèles et la mise au point d’un modèle de génération de défauts. En effet, il sera alors possible de réaliser en amont de nombreux calculs et d’en extraire les configurations les plus critiques.