

Développement d'un modèle éléments finis thermomécanique macroscopique pour l'estimation de l'impact du meulage sur les contraintes résiduelles dans les assemblages soudés

Composition du jury

M. Daniel NELIAS – Professeur des Universités (INSA Lyon) – Examineur
Mme Auriane PLATZER – Maître de Conférences (INSA Lyon) – Examinatrice
M. Sofiane HENDILI – Ingénieur de Recherche (EDF R&D) – Examineur
M. Michel CORET – Professeur des Universités (École Centrale de Nantes) – Rapporteur
M. Thomas POTTIER – Maître de Conférences HDR (École Nationale Supérieure des Mines d'Albi) – Rapporteur
Mme Véronique FAVIER – Professeur des Universités (Arts et Métiers Sciences et Technologies) – Examinatrice
M. Josselin DELMAS – Chef de projet (EDF R&D) – Invité
M. Alexandre BROSE – Ingénieur expert simulation des procédés (Framatome) – Invité

Mots-clés

Meulage, Modélisation, Thermomécanique, Contraintes résiduelles, Soudage

Résumé

Le meulage, une opération d'enlèvement de matière utilisée dans diverses industries, notamment dans le secteur nucléaire (EDF), est principalement appliqué aux composants soudés. Ce procédé, impliquant un outil de meulage composé de liants et de particules abrasives, fait partie des procédés de parachèvement visant à améliorer la qualité des pièces soudées. Cependant, la nature manuelle du meulage introduit une variabilité due à plusieurs facteurs, tels que le type d'outil, le savoir-faire de l'opérateur, les matériaux utilisés et les paramètres opératoires. De plus, le meulage influence les contraintes résiduelles près de la surface traitée et, selon la nature des matériaux, peut favoriser les mécanismes de fissuration par Corrosion Sous Contrainte (CSC).

Cette thèse examine l'impact du meulage sur l'état des contraintes résiduelles, façonné par l'historique thermomécanique du composant. Afin de mieux comprendre cet impact, nous avons développé une chaîne numérique complète, validée par des essais expérimentaux sur un banc de meulage semi-automatique conçu par Framatome. L'objectif est d'évaluer l'interaction complexe entre les paramètres opératoires du meulage et l'évolution des contraintes résiduelles dans les composants soudés.

Le défi de la modélisation du meulage réside dans la diversité des phénomènes physiques impliqués, allant de l'enlèvement de matière aux interactions thermomécaniques durant le contact outil-pièce.

Pour répondre aux exigences industrielles d'EDF, une approche macroscopique a été adoptée afin d'analyser les effets du meulage à l'échelle du composant. Cette recherche a conduit au développement d'un modèle tridimensionnel de meulage, basé sur Code_Aster, un code open source d'éléments finis développé par EDF. Le procédé de meulage est modélisé comme une charge thermomécanique équivalente, pré-calculée à l'aide du code de contact semi-analytique ISAAC développé au LaMCoS. Ces simulations prennent en compte plusieurs étapes successives d'enlèvement de matière.

Afin de valider le modèle, des essais ont été réalisés sur une maquette soudée pour anticiper l'impact du meulage sur les contraintes résiduelles des soudures. Les résultats obtenus permettent non seulement d'évaluer l'effet du meulage sur les soudures en termes de contraintes résiduelles, mais aussi de démontrer la capacité du modèle à reproduire les tendances observées expérimentalement.