

# 10<sup>ème</sup> Colloque national de calcul des Structure

## Modélisation de la fissuration à chaud en soudage d'un acier inoxydable austénitique

Gonghao Qiu<sup>1</sup>, Jean-michel Carpreau<sup>2</sup>, Michel Bellet<sup>3</sup>, Jean Angles<sup>4</sup>, A Robineau<sup>5</sup>

1 EDF R&D- Ecole des Mines (option matériaux),

2 LaMSID UMR EDF-CNRS-CEA 2832, jean-michel.carpreau@edf.fr

3 CEMEF – MINES ParisTech, UMR CNRS 7635, Sophia Antipolis, michel.bellet@mines-paristech.fr

4 EDF R&D, Ingénieur chercheur,

5 Institut de soudure R&D

Lors de la fabrication ou de la réparation de certains composants par soudage TIG, des problèmes de fissuration à chaud peuvent apparaître. Le défaut de fissuration à chaud est observé lors du soudage à l'arrière du bain de fusion pendant la solidification du métal fondu.

L'objectif de cette contribution est de présenter un modèle thermomécanique local permettant de prédire le risque de fissuration à chaud. Il est basé sur un critère thermomécanique en déformation [1] associé à une analyse complémentaire du critère par une approche phénoménologique RDG [2]. Ce modèle a été établi au moyen d'une approche couplée : « essais instrumentés et simulation numérique ».

L'analyse de la littérature a montré que le risque de fissuration dépend de nombreux paramètres qui peuvent être, en première approximation, regroupés en deux familles, d'une part le niveau de chargement mécanique (champ thermique et bridage) ou plus précisément la déformation et d'autre part la capacité du joint soudé à supporter ce chargement mécanique en fin de solidification (composition chimique, chemin solidification, etc).

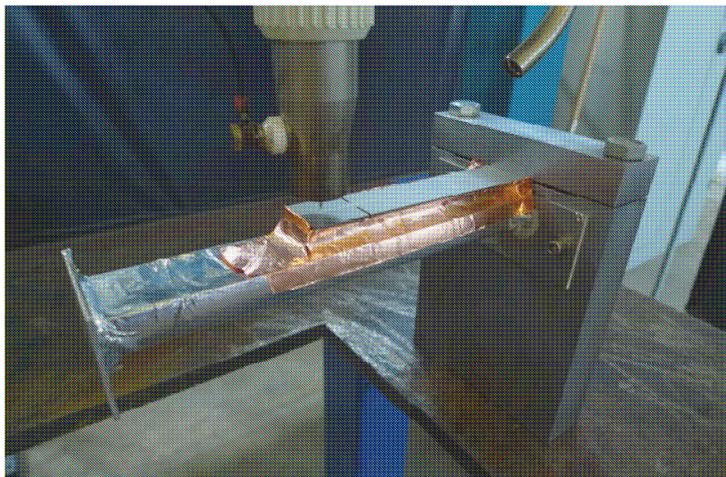


Fig.1 Montage de l'essai JWRI

Pour une nuance donnée (acier inoxydable austénitique) la déformation et la vitesse de déformation critiques sont déterminées par des essais de fissuration à chaud sur des éprouvettes bridées (essai JWRI, Fig.1). En faisant varier les conditions de soudage (forme des éprouvettes, bridage, vitesse, énergie) on constate ou non la fissuration des éprouvettes. L'essai thermomécanique est alors modélisé numériquement en vue d'identifier la valeur critique des paramètres permettant de distinguer un cas fissurant d'un cas non fissurant. Le code de calcul par éléments fins développé par EDF R&D, Code\_Aster[3], est utilisé dans la partie simulation numérique de cette étude. La loi de Chaboche à un écrouissage cinématique est utilisée pour modéliser le comportement élastoviscoplastique de l'acier à haute température. L'identification des paramètres de la loi de comportement s'est faite par extrapolation au delà de 900°C. La chaleur apportée à la plaque par l'arc de soudage est modélisée comme un flux thermique volumique ayant la forme d'un puits hémisphérique. La source étant définie dans un repère lagrangien, elle se déplace à la vitesse d'avancement du soudage et les calculs sont effectués jusqu'à ce que le régime thermique permanent soit établi. De plus, des expertises métallurgiques ont été conduites afin de caractériser la zone fondue (nature, ségrégation de soufre, etc).

Inspirée par les travaux de Kerrouault [4], l'étude a permis de définir un critère de séparation entre un cas fissurant et un cas non fissurant en appliquant le critère thermomécanique basé sur la déformation viscoplastique durant la solidification. Pour l'acier considéré, et selon les simulations numériques effectuées, il apparaît que le seuil de déformation entraînant la fissuration à chaud est de l'ordre de 0,8 à 1% dans un intervalle de température de 1350 à 1415 °C. Un autre critère de type RDG est aussi proposé en comparant la chute de pression interdendritique entre un cas fissurant et un cas non fissurant. Les résultats obtenus sont interprétés avec notamment une discussion sur l'influence de la taille des éléments utilisés et le niveau de déformation atteint dans le modèle et la détermination de l'intervalle de solidification.

#### Références

- [1] N.N. Prokhorov. Resistance to hot tearing of cast metals during solidification, Russian casting production, 1962, pp. 172-175
- [2] J.-M. Drezet et al. A new hot tearing criterion for steel, 4th ECCO, Birmingham, UK, 14-16 Oct. 2002
- [3] <http://www.code-aster.org>
- [4] N.Kerrouault, Fissuration à chaud en soudage d'un acier inoxydable austénitique, thèse CEA, 2001