



ÉMINAIRE du 30 mars 2012
Centre des Matériaux - Évry

La corrosion sous contrainte des aciers inoxydables dans l'industrie nucléaire

F. VAILLANT, P. HUGUENIN, B. DECAMPS, M. LE MILLIER

La Corrosion Sous Contrainte des aciers inoxydables austénitiques dans l'industrie nucléaire

Francois VAILLANT

EDF R&D – Les Renardières

Les aciers inoxydables austénitiques de type AISI304L et 316L sont très employés dans le circuit primaire des centrales nucléaires REP du fait de leur bonne résistance à la corrosion généralisée à haute température. En revanche, ils présentent une sensibilité marquée à la Corrosion Sous Contrainte (CSC) dans certaines situations de milieux ou d'écrouissage.

Ainsi des cas de CSC majoritairement de type intergranulaire ont été rapportés en France pour certains composants (cannes chauffantes, piquages de pressuriseur, épingles de thermocouple) très écrouis et/ou soumis à des sollicitations cycliques en milieu primaire nominal.

De plus, l'IASCC est un phénomène susceptible de toucher les aciers inoxydables fortement irradiés en milieu REP (eau sous pression) ou REB (eau bouillante). Les matériaux concernés par l'IASCC pour les centrales REP (tous paliers confondus) exploitées par EDF sont les matériaux constitutifs des vis d'internes inférieurs de cuve.

Enfin, en présence de pollutions, dues à la concentration d'éléments tels que les chlorures et les sulfates en milieux confinés et à la présence d'oxygène, des cas de CSC ont été observés pour des contraintes de l'ordre de $R_p0.2$.



Amorçage des fissures de corrosion sous contrainte dans les aciers inoxydables austénitiques écrouis exposés au milieu primaire simulé

Pauline Huguenin

Doctorante au Centre des Matériaux – EDF R&D

Les aciers inoxydables de type 304L et 316L sont largement employés dans le circuit primaire des centrales nucléaires REP du fait de leur bonne résistance à la corrosion à haute température. Toutefois, quelques cas de corrosion sous contrainte (CSC) de type intergranulaire ont été rapportés en milieu primaire nominal (hors pollution) dans des zones écrouis des composants en acier inoxydable.

Un précédent programme, lancé au début des années 2000 a identifié les conditions favorables à la CSC des aciers inoxydables. Un niveau de pré-déformation suffisant associé à des sollicitations mécaniques cycliques favorisent la CSC. De plus un chemin de déformation complexe conduit préférentiellement à des fissures intergranulaires alors qu'un chemin de déformation monotone produit des fissures intragranulaires.

La présente étude vise à développer un modèle semi-empirique de l'amorçage de la CSC des aciers inoxydables 304L et 316L en milieu primaire. Des essais d'amorçage de la CSC ont été réalisés sur éprouvettes entaillées soumises à un chargement trapèze. Les effets de la pré-déformation (traction vs laminage), du niveau de pré-déformation et du chemin de déformation sont discutés.



TEM analysis of pure Iron and FeCr Model Alloys Ion Irradiated within the JANNuS platform (in and ex-situ mode)

Brigitte Décamps

Centre de Spectrométrie Nucléaire et de Spectrométrie de Masse (CSNSM/IN2P3/CNRS)/ Univ. Paris Sud, Bâtiment 108, 91405 Orsay Campus – France
brigitte.decamps@csnsm.in2p3.fr

Damage displacement cascades and helium production by transmutation reactions will result from the intense neutron irradiation in the structural materials of future Fusion and GenIV reactors. It is a major concern since the combined effect of helium and cascades may induce strong embrittlement and swelling. In order to predict in-service properties of such materials in the various radiative environments, the microstructural evolution under irradiation of model materials (pure Fe and Fe-Cr alloys) using the JANNuS (Joint Accelerators for Nano-science and Nuclear Simulation) platform has been studied. Such platform is designed to supply a large range of ion irradiation and implantation conditions, allowing in-situ Transmission Electron Microscopy (TEM) and ion beam analysis with single, dual or triple beam combinations. Such a facility has no equivalent in Europe and will play an essential role for multi-scale modelling of irradiation effects in materials.

Single- and dual-beam irradiations (Fe and Fe/He) have been performed at 500°C on pure Fe and Fe (5, 10 wt %) Cr model alloys over a large range of doses. To achieve that purpose, in-situ and ex-situ experiments were combined to access low doses (up to 1 dpa) and high doses (up to 100 dpa) respectively. The evolution of damage (dislocation loops, cavities/bubbles, ...) during and after irradiation has been studied by TEM (bright field and weak beam conditions).

After a description of the JANNuS platform, the presentation will be focused on Cr and/or He effects on the damage formation.



Corrosion sous contrainte assistée par l'irradiation des aciers inoxydables austénitiques en milieu REP

Morgane Le Millier

Doctorante au Centre des Matériaux – Chaire AREVA

La corrosion sous contrainte assistée par l'irradiation (IASCC) a été mise en évidence dans les années 80 sur des internes de cuve en aciers inoxydables austénitiques dans les Réacteurs à Eau Pressurisée (REP). Il s'agit d'un phénomène complexe qui conduit à une fissuration de type intergranulaire de certaines pièces proches du combustible. Ces pièces peuvent atteindre en fin de vie une dose d'irradiation équivalente à 80 dpa¹, irradiation qui entraîne une modification durable des propriétés macroscopiques du matériau et du gonflement.

Afin de garantir la durabilité de ces structures pendant des périodes de plus en plus longues, il est donc nécessaire de comprendre et de définir, à différentes échelles, les effets de l'irradiation sur ces matériaux et notamment le couplage entre irradiation, microstructure et sollicitation mécanique en milieu primaire REP.

Ainsi, le premier objectif de l'étude en cours vise à déterminer les conditions d'amorçage de ces fissures sous sollicitation mécanique via des données quantitatives sur la localisation de la déformation en relation avec la microstructure. Ceci fera l'objet de la première partie de cette présentation.

Dans un deuxième temps, nous avons suivi, à une échelle plus fine, l'évolution microstructurale du matériau sous irradiation et implantation d'hélium (cinétique de création des défauts, interaction joints de grains / défauts / réseau de dislocation, présence de bulles/cavités, etc..). Ces travaux ont été réalisés sur la plateforme d'irradiation JANNuS Orsay (CSNSM). Cette plateforme offre la possibilité, grâce à un couplage double faisceaux / microscope électronique en transmission, de suivre en in situ les conséquences d'une irradiation et d'une implantation simultanée sur le matériau. Une synthèse des premiers résultats sera présentée en seconde partie.

Le couplage de ces deux approches permettra à terme de mieux comprendre la fragilisation et la rupture des joints de grains par IASCC et d'apporter des informations indispensables à la mise en place de simulations prédictives.

Cette étude est financée par la chaire AREVA NP portant sur les matériaux du nucléaire.

1. Déplacement par atome

