

Ténacité des CFC irradiés : rupture ductile et effets d'échelle

B. Tanguy¹, J. Hure¹, P-O Barrioz¹, J-M Scherrer^{1,2}, S. Forest², J. Besson²

a. CEA Saclay, Université Paris-Saclay, DEN, Service d'Etudes des Matériaux Irradiés, 91191 Gif-sur-Yvette, France, benoit.tanguy@cea.fr

b. MINES ParisTech, PSL Research University, MAT –Centre des matériaux, CNRS UMR 7633, BP 87 91003 Evry, France, samuel.forest@mines-paristech.fr

L'irradiation neutronique conduit à une modification de la microstructure des matériaux métalliques fonction des conditions d'irradiation et du matériau (état métallurgique, composition chimique). Les alliages métalliques de structure cristallographique Cubique à Face Centrée (CFC) sont largement utilisés et/ou envisagés comme matériaux de structure dans les installations nucléaires - par exemple les aciers austénitiques inoxydables dans les réacteurs à eau légère (LWR) et les réacteurs à neutrons rapides (FBR), les alliages de cuivre pour le projet de réacteur à fusion (ITER) - pour leurs bonnes propriétés mécaniques, notamment de ductilité / ténacité. A l'état non irradié, le mode de rupture des alliages CFC est généralement de type ductile par un mécanisme de nucléation, croissance et coalescence de cavités internes micrométriques. Dans ces aciers, l'irradiation neutronique conduit à la création de défauts cristallins qui induisent un durcissement, une perte de la capacité d'écoulement, une chute marquée de la ténacité et un mode de déformation localisé à l'échelle intragranulaire. La compréhension des mécanismes physiques élémentaires de la rupture ductile est indispensable au développement de modèles quantitatifs pour prédire la ténacité des matériaux CFC irradiés. Après un rappel des effets d'irradiation sur les matériaux étudiés, la première partie de l'exposé s'intéressera à la présentation de la méthodologie développée et des principaux résultats de la caractérisation expérimentale de l'évolution de la croissance de cavités micro- et nanométriques [1]. Les différents phénomènes induits par l'irradiation (durcissement, perte de la capacité d'écoulement, localisation de la déformation à l'échelle Intragranulaire) ont conduits à développer une stratégie de modélisation progressive [2,3] avec pour objectif la réalisation de calculs E.F. finis de structures fissurées. La modélisation développée sera présentée succinctement dans la deuxième partie de l'exposé qui s'attachera à illustrer l'application de ces modèles, notamment à rendre compte des effets d'échelle rencontrés. L'exposé sera terminera par la présentation des perspectives de ces travaux.

Mots clés : Effets d'irradiation ; matériaux CFC ; plasticité cristalline ; effets d'échelle, rupture ductile ; Ténacité.

Références

[1] Rupture ductile des matériaux CFC irradiés, Thèse CEA de P-O Barrioz, Université Paris Saclay, 8/01/2019.

[2] Modélisation de la fragilisation due au gonflement dans les aciers inoxydables austénitiques irradiés, Thèse CEA de X. Han, Ecole Nationale des Mines de Paris, 14/12/2012

[3] Simulation de la rupture ductile intragranulaire des aciers irradiés. Effets de l'anisotropie cristalline et du gradient de déformations. Thèse CEA de C. Ling, Ecole Nationale des Mines de Paris, 24/01/2017