

Sujet de thèse (in English: see below)

Fragilisation par l'hydrogène d'un acier lean duplex : interactions hydrogène-microstructure

Contexte et objectifs de la thèse

La présence d'hydrogène dans l'environnement peut causer la rupture brutale et prématurée de pièces et ainsi réduire leur durée de vie : on parle alors de fragilisation par l'hydrogène (FPH). Dans le secteur de l'énergie et plus largement de l'utilisation de l'hydrogène, les risques de FPH sont à prendre en compte au niveau de la production, du stockage (réservoir), du transport (canalisation) et de l'utilisation de l'hydrogène comme vecteur d'énergie (bus, véhicule à l'hydrogène ...) ou lors de mélange hydrogène/gaz naturel. Etudier et comprendre les risques de FPH permet d'élargir et de promouvoir l'utilisation de l'hydrogène, en augmentant la sécurité, la rentabilité et la durabilité des installations.

La FPH d'alliages métalliques monophasés est bien documentée et expliquée en fonction de la métallurgie du matériau considéré. La compréhension des mécanismes de FPH pour les matériaux de structure multiphasés est en revanche encore sujet à discussion.

L'objectif du sujet de thèse est d'étudier et de comprendre les phénomènes de FPH d'un acier inoxydable austéno-ferritique (acier duplex). Pour cet acier, souvent comparé aux aciers inoxydables austénitiques 18Cr8Ni en termes de résistance à la corrosion, la répartition de l'hydrogène dans chacune des phases (austénite et ferrite) complique l'interprétation des effets de l'hydrogène sur la résistance mécanique. En particulier, dans les aciers lean duplex où les teneurs en nickel et en azote sont en moyenne plus faibles que dans les autres duplex, la stabilité de l'austénite risque d'être fortement impactée en présence d'hydrogène.

Le projet se focalisera sur l'étude de la FPH d'un acier lean duplex en prenant en compte l'interaction hydrogène – microstructure. Il s'agit d'interpréter le comportement mécanique macroscopique de cet acier en présence d'hydrogène à partir de l'étude du comportement et de l'endommagement individuel de chacune des phases, et aux interfaces.

Les principaux objectifs scientifiques de la thèse sont les suivants : 1. l'étude des mécanismes de Fragilisation Par l'Hydrogène (FPH) d'un acier lean duplex : il s'agit de comprendre les modes d'actions de l'hydrogène sur la chute de ductilité de cet alliage. 2. l'étude de l'effet de l'hydrogène sur la plasticité cristalline et sur les modes de déformation de chacune des phases, et sur la plasticité et l'endommagement aux interfaces : il s'agit d'apporter des connaissances scientifiques sur les mécanismes menant à la FPH pour deux structures cristallines différentes ; la connaissance de l'effet de l'hydrogène au niveau des interfaces, site préférentiel d'initiation de fissures qui peuvent mener à la ruine des matériaux, sera approfondie. 3. l'étude de l'effet des changements de phase de l'austénite induits par l'hydrogène sur le comportement d'un acier lean duplex ; il s'agit d'étudier la stabilité de l'austénite en fonction des teneurs en hydrogène injectées dans le matériau et de mesurer l'impact sur la ductilité de l'acier duplex. 4. l'étude de l'effet combiné de traitements thermiques et d'introduction d'hydrogène.

Cette thèse s'appuiera sur des essais mécaniques, des analyses fines de la microstructure et des surfaces (MEB, EDX, EBSD, DRX, AFM, ToF-SIMS, ...) et, sur des chargements cathodiques ainsi que des mesures de perméation électrochimique.

Laboratoire

La thèse se fera principalement au sein de l'équipe Métallurgie Physique et Génie des Matériaux de l'Unité Matériaux et Transformations (campus cité scientifique à Villeneuve d'Ascq). Des analyses AFM avancées se feront au sein de l'IEMN (Institut d'Electronique de Microélectronique et de Nanotechnologie), laboratoire présent sur le même campus.

Profil

Ce travail de thèse s'adresse à une personne ayant une formation en sciences des matériaux. Des connaissances en électrochimie-corrosion ou en mécanique seront appréciables et seront nécessaires. La personne devra avoir des aptitudes et la volonté à mener un travail expérimental.

Encadrement

Cette thèse sera dirigée par I. Proriot Serre et J.-B. Vogt (UMET)
Elle sera co-encadrée par T. Melin (IEMN)

Rémunération, début de thèse, durée de la thèse :

La rémunération sera d'environ 1400 euros.

Début de thèse : 1^{er} Octobre 2019

Durée de thèse : 3 ans (36 mois)

Contact

CV et lettre de motivation à envoyer à Ingrid PRORIO SERRE – ingrid.proriot-serre@univ-lille.fr et à Jean-Bernard VOGT – jean-bernard.vogt@univ-lille.fr

PhD Thesis topic

Hydrogen embrittlement of a lean duplex steel: hydrogen-microstructure interactions

Context and objectives of the thesis

When materials are exposed to an environment containing hydrogen, the risk of hydrogen embrittlement (HE) is to be considered. When HE occurs, the ductility of the material can decrease and a brittle fracture is even possible. This can reduce the service life of some installations at different levels especially in the field of energy where hydrogen appears to be an energy vector (bus, hydrogen vehicle ...), production, storage (tank), transport (pipe). In order to increase the reliability and safety of such systems using hydrogen, it is necessary to understand the mechanisms of HE according to the material exposed to hydrogen.

HE of single phased metallic alloys is well documented and explained according to the metallurgy of the considered material. Understanding HE mechanisms of multiphased structural materials is however still open to discussion.

The objective of the PhD topic is to understand HE mechanisms of an austeno-ferritic stainless steel (duplex steel). For this alloy, often compared to austenitic stainless steels 18Cr8Ni in terms of corrosion resistance, partitioning of hydrogen in each phase (ferrite or austenite) makes the interpretation of hydrogen effects more complicated. Especially, in lean duplex steels where nickel and nitrogen content are in average lower than for other duplex steels, austenite stability may be strongly affected in presence of hydrogen.

The PhD project will focus on HE of a lean duplex steel by taking into account the interaction hydrogen-microstructure. It aims at providing an explanation of the macroscopic mechanical behaviour of this steel in presence of hydrogen from the investigation of the individual behaviour and of the damage of each phase and at interfaces.

The main scientific objectives of the PhD are as follows: 1. the study of hydrogen embrittlement mechanisms of a lean duplex steel: understanding the effect of hydrogen on the decrease in ductility of this alloy, 2. the study of the effect of hydrogen on the crystalline plasticity and on the modes of deformation of each phase, and on the plasticity and the damage at the interfaces (phase and grain boundaries). 3. the study of the stability of the austenite as a function of hydrogen content injected into the material and the impact on the ductility of the steel. 4. the study of the combined effect of heat treatments and hydrogen.

This thesis will be based on mechanical tests, fine analyzes of the microstructure and of the surfaces (SEM, EDX, EBSD, DRX, AFM, ToF-SIMS, ...) and on cathodic loading as well as electrochemical permeation measurements.

The laboratory

The PhD work will be conducted in the Métallurgie Physique et Génie des Matériaux team of Unité Matériaux Et Transformations laboratory - UMET (Villeneuve d'Ascq – Lille University). Advanced AFM analyzes will be carried out in the IEMN (Institute of Electronics, Microelectronics and Nanotechnology), laboratory located on the same campus.

Profile

The candidate should have a background in materials science. Knowledge in electrochemistry-corrosion or mechanic will be valuable and will be necessary. The person will have skills and willingness to carry out experimental work.

Supervisors and collaboration

Supervisors: I. Proriol Serre and J-B. Vogt (UMET)

Collaboration: T. Melin (IEMN)

Grant, beginning of the thesis, duration of the thesis:

Grant will be around 1400 euros.

Start of the PhD thesis: October 1th. 2019

Duration: 3 years (36 month)

Contact

Send a CV and a motivation letter to Ingrid PRORIOLE SERRE – ingrid.proriol-serre@univ-lille.fr
and to Jean-Bernard VOGT – jean-bernard.vogt@univ-lille.fr