



A. FLEURENTIN

Novembre 2014

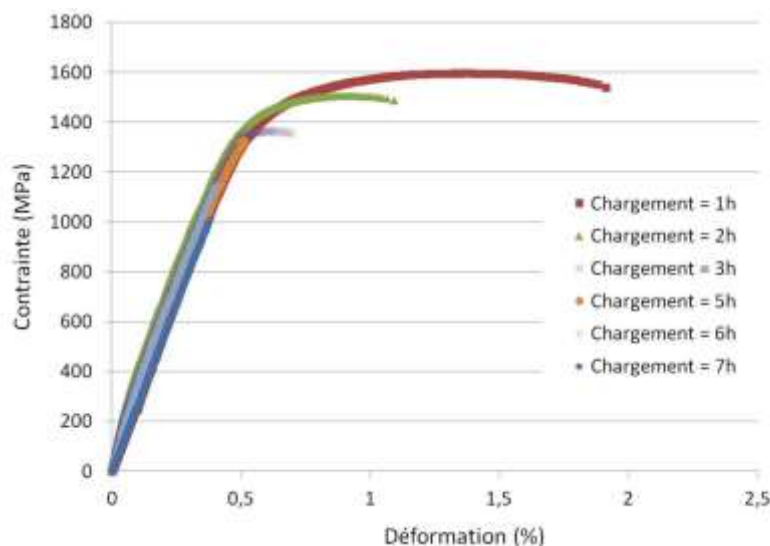
Newsletter N°10 : LES RUPTURES DIFFEREES ASSOCIEES A LA FRAGILISATION PAR L'HYDROGENE D'ACIERS HAUTES RESISTANCES.

En ce mois d'anniversaire pour **Métallo Corner**, son collectif d'expert a décidé pour cette 10^{ème} newsletter d'aborder un sujet qui leur tient beaucoup à cœur : la fragilisation par l'hydrogène concernant les aciers ($R_m > 1000\text{MPa}$). Nous tenterons au travers de ce document synthétique de rappeler les principaux aspects métallurgiques et mécaniques (comme à notre habitude) associés à ce phénomène.

Il est important de rappeler en matière de préambule, que l'hydrogène atomique est un élément interstitiel de très petites dimensions ($\approx 0,053\text{ nm}$). Il s'adsorbe et peut diffuser assez facilement à l'état solide dans la structure cristalline des métaux et de leurs alliages.

Celui-ci va interagir avec la structure métallurgique du matériau, principalement avec les dislocations, les inclusions, les carbures, la cristallographie des phases en présence et les joints de grains. Ces paramètres vont avoir une action sur la solubilité et sur la diffusion de l'hydrogène au sein de la structure. En fonction des interactions avec les éléments constitutifs de la structure métallurgique, l'hydrogène sera plus ou moins entravé dans son mouvement (notion de pièges réversibles / irréversibles ou libre de tout mouvement : H interstitiel).

Cette présence au sein du réseau cristallin peut entraîner d'importants problèmes de ruptures différées liées à une chute catastrophique de certaines de ses propriétés mécaniques. En effet, plus il y aura d'hydrogène adsorbé et plus le comportement plastique du matériau tendra à diminuer, voir disparaître (Cf. Figure ci-dessous). Dans ce dernier cas, un acier, dont la résistance mécanique est de 33HRC, aura une courbe de traction lente similaire à celle d'un acier outil dont la dureté avoisine les 65HRC.



[Traitements et Matériaux N°423, sept 2010]

Pour que la rupture d'une pièce soit associée à de la fragilisation par l'hydrogène, il est nécessaire que la pièce soit contrainte, qu'elle soit suffisamment résistante et que la teneur en hydrogène dépasse une valeur seuil. Ces 3 facteurs sont évidemment intimement liés les uns les autres ce qui complexifie la prise en compte de ce phénomène.



A. FLEURENTIN

Novembre 2014

Les cas de rupture différée associés à la fragilisation par l'hydrogène sont donc des problèmes qui préoccupent de nombreux industriels qui souhaitent augmenter la résistance mécanique de leurs produits tout en sachant qu'ils sont susceptibles d'être chargés en hydrogène, soit :

- lors des étapes de fabrication et plus particulièrement au niveau des opérations de :
 - o phosphatation,
 - o soudage,
 - o traitements thermiques et traitements thermochimiques,
 - o préparation de surface
 - o traitements de surface par voies chimique ou électrolytique,
 - o Sans oublier la phase d'élaboration.
- lors de l'étape de transport ou de stockage,
- ou en service :
 - o en milieu hydrogène sulfuré (H₂S) principalement en milieu humide,
 - o lors de la radiolyse de l'eau dans les circuits de refroidissement des réacteurs nucléaires,
 - o à proximité de bactéries sulfatoréductrices en milieu marin,
 - o pendant un processus de corrosion électrochimique,
 - o au niveau d'un système de protection cathodique, ...

Comme l'on peut l'imaginer, il va donc falloir être extrêmement vigilant à différents niveaux, à savoir lors :

- du design de la pièce,
- des mises sous tension du produit,
- de la composition chimique du matériau métallique,
- du niveau résistance exigé,
- du pilotage des procédés de fabrication,
- dans les gammes de préparation de surface et de traitements par voie humide appliqués

Ces recommandations doivent permettre de ne pas être victimes d'une série de ruptures différées très pénalisante puisqu'elles peuvent toucher la sécurité des pièces fonctionnelles. A cela, on peut ajouter l'impact économique et l'image de marque affectée puisque le problème peut éventuellement survenir chez le client.

Il existe différents moyens pour s'affranchir et identifier les risques de fragilisation par l'hydrogène :

- les techniques de désorption de l'hydrogène (le traitement de dégazage selon la norme ISO 9588 et les traitements sous vide, l'inversion du circuit électrochimique),
- l'empêcher de pénétrer dans le matériau, (barrière de protection par le biais de traitements de surface adapté) [à l'étude].
- Les méthodes de quantification une fois adsorbé : la perméation électrochimique, l'extraction à chaud par catharométrie, ...
- Les essais mécaniques pour estimer son impact sur la résistance du matériau (les essais de flexion par paliers ou statique, les essais de bridage, la traction lente ou mise sous tension ou par paliers, pliage lent...).

Alors si comme nous, la problématique de la fragilisation par l'hydrogène sur les aciers mais également sur d'autres alliages (comme le titane), vous intéresse n'hésitez pas à entrer en contact avec nos experts **Métallo Corner** !