
Hydrogénation des vis en acier 35B2 lors du décapage acide

¹Hamissi C., ¹Lakhdari A.A.,

¹Faculté de Génie mécanique – USTO

kad_dz2000@yahoo.fr

²Aboura A., ¹Seddak M.

²Centre Universitaire de Relizane

Ah_aboura@yahoo.fr

Résumé : Les vis galvanisées à chaud présente une bonne tenue à la corrosion, mais ce traitement nécessite une préparation de surface accompagnée d'une importante absorption d'hydrogène. L'optimisation des performances des vis nécessite la compréhension de tous les facteurs qui peuvent influencer leurs propriétés surtout l'introduction de l'hydrogène qui conduit à une diminution des propriétés mécaniques et il est à l'origine de détériorations importantes telles qu'une rupture brutale ou une rupture différée du fait de l'apparition et de la propagation de fissures dans l'acier. Dans ce travail nous avons constaté que l'acier 35B2 hydrogéné dans un milieu simulé est accompagné par une modification de ses propriétés mécaniques. Les essais de traction, les observations au microscope optique nous ont permis de confirmer la sensibilité de l'acier à la fragilisation par hydrogène.

Mots-clés : acier, vis, galvanisation, hydrogène, propriétés.

1. INTRODUCTION

Le matériau de cette étude est un acier d'amélioration de nuance 35B2 (DIN EN 10269), présentant après traitement thermique une résistance mécanique supérieure à 900 MPa et une structure martensitique. Les travaux réalisés confirment la susceptibilité à la fragilisation par hydrogène.

Notre but est de mettre en évidence l'influence de l'hydrogène dans les conditions industrielles sur la tenue mécanique de l'acier étudié, ainsi qu'à l'influence du temps de chargement. Des essais ont donc été réalisés en utilisant pour le chargement des solutions de décapage industrielles dont la base est constituée d'acide H₂SO₄ à 0,1 N.

Ces essais vont également permettre de tester et d'évaluer les différentes solutions (inhibiteur de corrosion, dégazage).

2. Matériau et procédure expérimentale

La composition chimique de l'acier 35B2 est présentée dans le tableau 1.

C%	SI%	MN%	Cr%
0,3920	0,2317	0,8443	0,3253
Cu%	Nb%	Ti%	V%
0,2012	0,0043	0,0284	0,0185
Ni%	Mo%	Al%	Co%
0,0449	0,0017	0,0359	0,0085

Tableau.1: Composition chimique des aciers (% masse).

Les courbes contrainte - déformation de l'acier à l'état de livraison et après un traitement thermique de trempe et revenu sont présentées dans la fig. 2, et les micrographies sont présentées sur les fig. 1-a et b.

Après avoir déterminé les caractéristiques microstructurales et mécaniques de notre acier, il s'agit maintenant de s'intéresser à la caractérisation du comportement de l'acier vis-à-vis du milieu primaire simulé. Pour ce faire, nous avons utilisé le chargement électrochimique dans un milieu acide : H_2SO_4 à 0,1 N. Les conditions de chargement optimales sont celles qui permettent d'obtenir une fragilisation significative (modification de la courbe de traction) tout en restant simple à mettre en œuvre. On fait donc varier le temps de chargement entre 2 heures et 5 heures et l'intensité du courant de chargement est fixée à 60 mA.cm^2 , à condition d'assurer une complète pénétration de l'hydrogène dans l'éprouvette, avec une bonne reproductibilité des résultats.

Des essais de traction ont été réalisés sur des éprouvettes chargées en hydrogène, les résultats obtenus sont comparés à ceux obtenus sur les éprouvettes après traitement (éprouvettes de référence), les essais de traction ont lieu immédiatement après le chargement.

Ensuite, les mêmes essais sont réalisés, en présence d'inhibiteur de corrosion, dans le milieu de chargement, ainsi des essais de dégazage sont réalisés après le chargement. Ces deux propositions peuvent être utilisées pour optimiser les performances des vis.

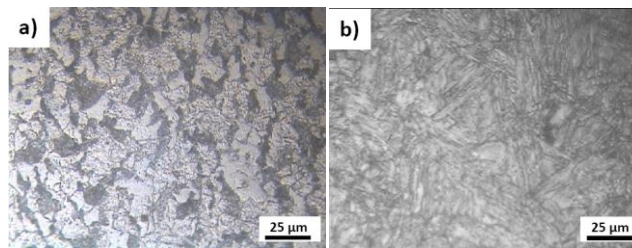


Figure1 : Microstructure de l'acier 35B2 :
(a)- état de livraison et (b)- après traitement thermique

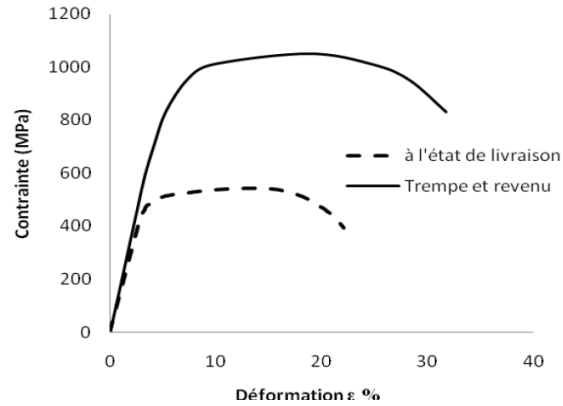


FIGURE.2: COURBE DE TRACTION DE L'ACIER 35B2

3. Résultats et discussion

Tous les essais réalisés au cours de cette étude ont pour but de simuler la sensibilité au phénomène de fragilisation par hydrogène dans des conditions industrielles. Nous avons présenté dans le tab.2 les résultats obtenus à partir des courbes de traction. La comparaison des propriétés mécaniques des éprouvettes avant et après hydrogénation montre que l'hydrogène améliore légèrement la limite d'élasticité de l'acier 35B2, mais il diminue faiblement sa résistance à la rupture sur l'acier 35B2. La perte de plasticité de l'acier est traduite par la diminution de son allongement.

L'indice de fragilisation IF (%) est défini par l'équation (1), où A_0 et A_H sont respectivement les allongements avant et après hydrogénation de l'éprouvette:

$$IF = \frac{A_0 - A_H}{A_0}$$

La figure.3 montre l'évolution de l'indice de fragilisation en fonction de temps de chargement.

Chargement	Re (MPa)	Rm (MPa)	A%	Dureté Hv
Référence	830	1040	33%	290/320
chargement 2h	830	1002	18%	290/320
chargement 3h	820	996	17%	290/320
chargement 4h	830	996	16%	290/320
chargement 5h	830	1002	15%	290/320

Tableau.2: Caractéristiques mécaniques pour l'acier 35B2 sous différentes conditions d'hydrogénation.

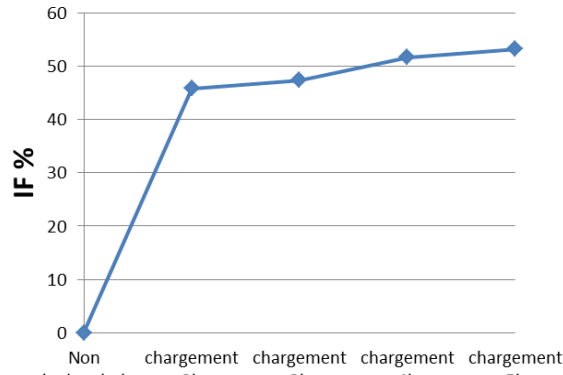


Figure.3 : Indice de fragilisation en fonction du temps de chargement.

Des exemples de la morphologie des facies des vis rompus sont présentés sur la fig. 4. Sur les vis de référence, on observe un angle de 50°, mais cet angle disparaît avec le temps de chargement.

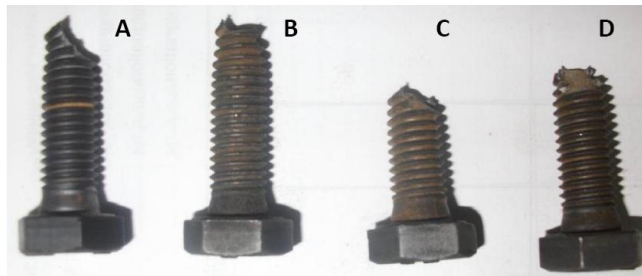


Figure.4 : Des exemples de la morphologie de surface de rupture des éprouvettes de référence et de chargement entre 2h et 5 h A,B,C,D respectivement.

La structure de l'acier joue un rôle important dans la vitesse de diffusion de l'hydrogène, donc l'acier à l'état traité (structure martensitique) montre une fragilisation élevée, par contre sur l'acier de livraison où les essais réalisés après chargement cathodique ne permettent pas d'évaluer sa résistance à l'hydrogénation, les fissures observées sur les éprouvettes hydrogénées sont représentatives des ruptures intergranulaires fig.5.

Les essais de dégazage (fig.6) pourraient restaurer complètement les propriétés mécaniques et donc le piégeage de l'hydrogène dans notre acier d'étude est très faible. Ce résultat confirme les résultats obtenus par d'autres auteurs.

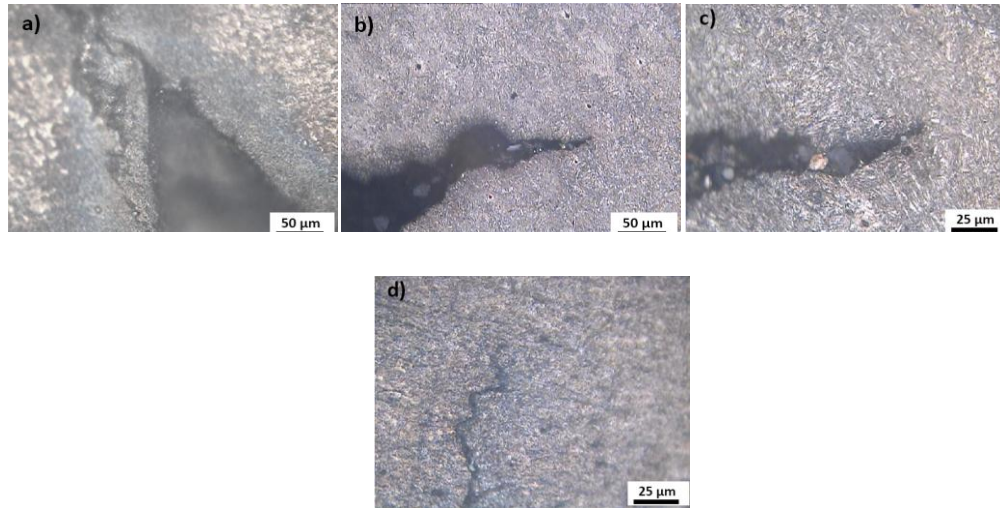


Figure.5 : Exemples des fissures trouvées dans les éprouvettes chargées en hydrogène.

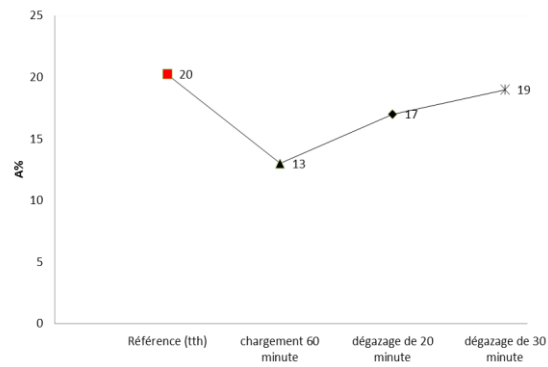


Figure.6 : Evolution de la déformation à la rupture après chargement et dégazage à 200°C.

Les tests réalisés en utilisant l'inhibiteur de corrosion Par colite est révélé efficaces vis-à-vis des risques de FPH figure.7.

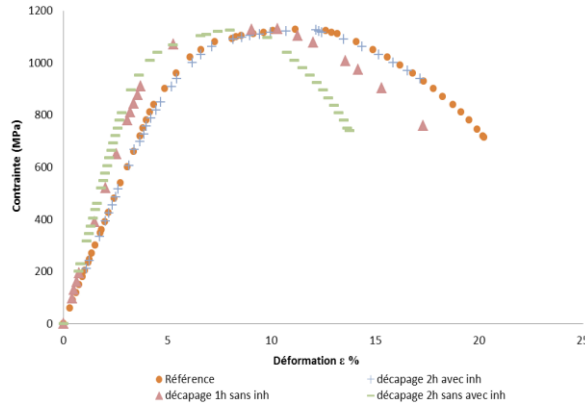


Figure.7 : Effet de l'inhibiteur de corrosion sur le chargement en hydrogène dans le milieu H_2SO_4 .

Des tests ont été effectués à la fin des différentes étapes du procédé de galvanisation pour voir si chaque étape pourrait induire une fragilisation importante par l'hydrogène. Les résultats de la Fig.8 confirment que seul le décapage acide peut induire des risques d'hydrogénation. Le fluxage suivi de l'étuvage ainsi que la galvanisation permettent au contraire grâce à la température (bain de zinc en fusion) de désorber l'hydrogène.

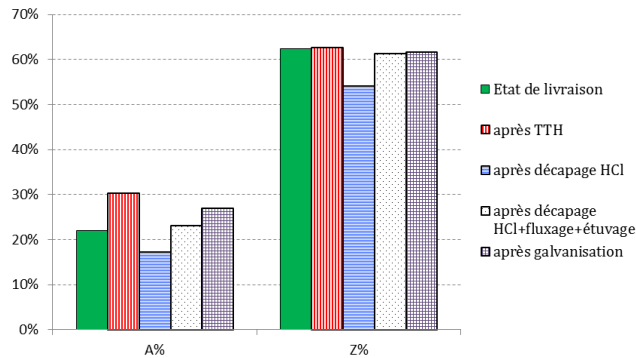


Figure.8 : Variation de l'allongement et de la striction après les différentes étapes de la galvanisation.

Enfin, il est intéressant de conclure sur l'importance de la géométrie des éprouvettes d'essais dans l'étude de tel phénomène. En effet, il a été établi que la géométrie des vis dans la partie de filetage peut être tenue comme responsable de l'apparition du phénomène de 'fluting' dans les mécanismes de FPH. L'intérêt de l'utilisation des vis dans l'étude de la FPH s'en trouve renforcé.

4. Conclusion

L'objectif de cette étude était de caractériser expérimentalement les effets de l'hydrogène lors de la galvanisation et d'analyser ces résultats afin d'évaluer l'endommagement induits par l'hydrogène. L'acier 35B2, envisagé pour la fabrication de boulonnerie, présente toutes les caractéristiques métallurgiques pouvant con-

duire à une forte sensibilité à la fragilisation par hydrogène : structure martensitique, haute résistance mécanique, présence des inclusions non métallique, etc.

Les résultats de cette étude ont permis de mettre en évidence la sensibilité de l'acier 35B2 à la FPH en milieu acide à température ambiante. Cette étude, effectuée aux moyens d'essais de traction et analyse métallographique, a montré que la microstructure du matériau et que certains paramètres expérimentaux (la vitesse de déformation, et la durée de chargement en hydrogène) sont des paramètres de premier ordre intervenant dans la FPH de l'acier 35B2 lors de décapage acide.

Ainsi ont également permis, via la réalisation d'essais de traction avec le dégazage, de montrer que le piégeage de l'hydrogène dans l'acier est très faible et les propriétés mécanique pourraient restaurer complètement.

Ensuite, l'étude de la galvanisation et les risque de FPH a établi que seul le décapage acide peut induire des risques d'hydrogénation, il est recommandé de minimiser le temps de décapage ainsi l'utilisation d'un inhibiteur de corrosion réduit la quantité de l'hydrogène diffusé.

Références

- [1] I. Francesco, Fragilisation par l'hydrogène de l'acier inoxydable austéno-ferritique Z2CND22 05 – Role de la microstructure. Paris : Ecole Centrale Paris, 1997.
- [2] I. Moro, Fragilisation par l'hydrogène gazeux d'un acier ferrito-perlitique de grade API X80. Toulouse : Université de Toulouse, 2009. Thèse de doctorat.
- [3] C. Ly, Caractérisation d'aciers à très haute limite d'élasticité vis-à-vis de la fragilisation par l'hydrogène. Paris: École Centrale des Arts et Manufactures, 2009. Thèse de doctorat.
- [4] S. P. Lynch, Environmentally assisted cracking: Overview of evidence for an adsorption-induced localised-slip process. 1988, Acta Metallurgica, 36, pp. 2639-2661.
- [5] M. Thorsten, J. Naumann, Hydrogen embrittlement of Cr-Mn-N-austenitic stainless steels, International Journal of Hydrogen Energy, vol..35 (2010), pp.1485–1492.
- [6] A. Needleman, V. Tvergaard, Material Strain-Rate Sensitivity in the Round Tensile Bar. s.l. : Brown University Report, Division of Engineering, 1985.
- [7] L. David, E. K. Hastings, Effects of Hydrogen on GRCop-84. 2006-214269, s.l. : NASA/TM, 2006.