Aperçu des activités récentes

Tests mécaniques

Mesures par résonance nulcéaire

Modélisation des propriétés magnétiques

Développement de système de détection e-m

Mise à jour de l'avancement

Dans le cadre de la thèse de doctorat :

Influence des paramètres de placage et de la microstructure sur la fragilisation par l'hydrogène des aciers à haute résistance

Doctorant: Simon Laliberté-Riverin

Directrice de recherche : Myriam Brochu

Présentation aux partenaires industriels

02/12/2016





















Essais sous charge constante : 75% de la charge à la rupture

 Rappel : aucune éprouvette rompue après les essais standards de 200h

Condition $\#$	Plaqué	Décapé	Délai	Résultat attendu	Nbre d'épr	Nbre d'épr.
					testées	rompues
А	Non	S. O.	S. O.	Non fragilisé	4 / 8	1 / 4 *
В	Oui	Non	Aucun	Non fragilisé	0 / 8	
С	Oui	Non	8 h	Moyennement frag.	4 / 8	0 / 4
D	Oui	Non	16 h	Fragilisé	4 / 8	0 / 4
Е	Oui	Oui	Aucun	Non fragilisé	0 / 8	
F	Oui	Oui	8 h	Moyennement frag.	0 / 8	_
G	Oui	Oui	16 h	Fragilisé	0 / 8	
Н	Oui	Non	Pas recuit	Très fragilisé	8 / 8	0 / 8
Ι	Oui	Oui	Pas recuit	Très fragilisé	4 / 8	0 / 4
* 1 1/		N 1	1. 13	1 0	1 11 1	

Tableau 1 : Résultats des essais selon le standard ASTM F-519

* L'éprouvette s'est rompue à la suite d'un mauvais fonctionnement du banc d'essais

Fig. 1 : Banc d'essais ASTM F-519

Essais en « step-loading »

- Essais supplémentaires réalisés sur éprouvettes entaillées pour détecter la fragilisation par l'hydrogène
- Charge augmentée par paliers de 5% jusqu'à 95% de la charge à la rupture
- Les deux lots d'éprouvettes plaquées non décapées et non recuites ont été testées (B1.1H, celles qui devaient être les plus fragilisées)
- Aucune de ces éprouvettes ne s'est brisée



éprouvettes B1.1H

Caractérisation du placage



Fig. 3 : Vue extérieure du placage. Cliché d'électrons secondaires, grossissement 200X



Fig. 4 : Vue en coupe du placage. Cliché d'électrons secondaires, grossissement 500X.

Caractérisation microstructurale : structure en bandes et bâtonnets de martensite



Fig. 5 : Micrographie 50X de la section longitudinale d'une éprouvette entaillée. Attaque nital.

Fig. 6 : Idem, 500X

Caractérisation microstructurale : impuretés et taille des grains



Fig. 7 : Inclusions de MnS dans section longit. Grossissement 100X. Sévérité 3.0 (ASTM E-45)

Fig. 8 : Taille des grains : 10 (ASTM E-112). Attaque acide picrique, HCl + surfactant. 500X

Mesures par N-15 & RGA de [H]:

Jean-Simon Larochelle, Alexandre Desilets-Benoît, Godefroy Borduas, Sjoerd Roorda

Département de physique, Université de Montréal

Mesure par N-15 & RGA de [H]:



- -Décroissance de [H]; processus ordre 2 + constante
- -Refroidir aide à ralentir la perte d'H
- -Effet de surface; pas de H dégagé par le volume
- -NB; ordre 2 implique formation de H₂ avant la perte

Ce qui se passe pendant N-15 et RGA

N-15 détecte H à un certain profondeur

Par N-15 on mesure des quantités de H « fixe » et « amovible »

La rugosité de surface et rétrodiffusion impliquent qu'on mesure une fraction de H à la surface

La perte de H est due à une perte à la surface



Biseau : rugosité et profondeur



- -Profilométrie après polissage : moins de rugosité
 -Moins de rugosité, moins de perte d'H
- -la [H] diminue rapidement avec profondeur (110 nm)
- -Un petit peu de H de plus dans l'échantillon « fragilisé »







CRIAQ Project DPHM-601

Eddy current testing for detecting damages associated with absorbed hydrogen in 4340 steel

> Ehsan Mohseni Supervisor: Martin Viens

> > December 2nd



As we shown before, the changes in impedance of the eddy current probe as it touches the samples A, B, E, H and I, could be the combined result of variations in both conductivity and magnetic permeability of the sample.





In order to eliminate the effect of variations of the magnetic permeability of martensite phase in the 4340 steel the eddy current test shall be carried out while the samples are magnetically saturated. For this end a DC magnetizer is designed. In order to select the core material correctly, the test condition is simulated for sample to get fully saturated.





- The normal B-H curve for ferrite core is extracted from the data sheets provided by suppliers whom we intend to purchase from.
- The normal B-H curve of D6ac (very close to 4340) is inserted according to literature, however depending on the heat treatment and processing history the B-H curve for our material might deviate from the one used in the simulation.
- Each coil has 200 turns. American wire gauge 8 is used for calculations.
- DC current of 25 A injected in each coil.
 - Second order tetrahedral mesh along with iterative solver are used







According to the simulation results the sample is partly saturated however, it would be better to have a safety margin for deciding about the core material. Hence other core materials will be also evaluated to ensure that we have full saturation.

Le génie pour l'industri

16

Purchasing a new air-cored unshielded eddy current probe



Since it is difficult to characterize the magnetic properties of the internal components of eddy current probes, we intend to purchase a simpler air-cored eddy current probe. In this manner the inputs of the numerical simulations will be less, hence the error related to these inputs will be reduced. Accordingly, it will be easier to match the signal of experiment to the ones from simulations, which means we would be able to quantify the impedance measurements for our samples and relate them to the conductivity variations within the test sample.

Currently, the possibility of having such a probe is being investigated. For this purpose communication with different suppliers and manufacturers is in progress.





Final objective of numerical simulations is providing a graph showing the variations of the probe's impedance as a function of the conductivity and permeability of the steel, and the thickness of clad.

Using this graph, one should be able to determine aforementioned parameters by measuring the impedance of the probe while testing a sample.

Monitoring the conductivity changes in sample will make it possibile to decide whether the sample is affected by hydrogen embrittlement.



MESURES ÉLECTROMAGNÉTIQUES

Jonathan Bellemare et Frédéric Sirois École Polytechnique

Montage expérimental

Montage de mesure d'impédance

Solénoïde de mesure



Pour la mesure, l'échantillon est placé dans le solénoïde et l'analyseur d'impédance indique l'impédance en fonction de la fréquence. Après traitement, il est possible d'aller chercher seulement la résistance produite par l'échantillon.

Résultats préliminaires

Résultats pour deux échantillons de même longueur à ± 10 μm



Discussion

- Pour un échantillon chargé, on s'attend à une résistance plus élevée à haute fréquence.
- Seule la mesure 1 montre un tel résultat, mais on devrait l'obtenir pour toutes les mesures.
- Il semble que les différences observées reflètent plutôt notre limite de précision.

<u>Conclusions</u> : Il faut effectuer le chargement des échantillons, mais ajouter une méthode connue pour détecter l'hydrogène ! Nous proposons de fabriquer des échantillons de référence en trois étapes.

Trois étapes de fabrication des échantillons de référence

- 1. Chargement des échantillons en hydrogène
- 2. Placage avec un revêtement de cuivre
 - Cela permet de conserver l'hydrogène dans la pièce.
- Mesure de la concentration d'hydrogène grâce à la « Thermal Desorption Spectroscopy (*TDS*) »

Chargement des échantillons

- Sablage (Cabinet de sablage avec Al₂O₃, grit 100)
- Nettoyage (Solution alcaline et éthanol)
- Trois principales solutions dans la littérature
 - NaCl 3 %
 - NaOH 0.1 M
 - H₂SO₄ 0.05 M à 0.5 M
 - Du thiourea 1 g/L est souvent ajouté à la solution pour empêcher la recombinaison de l'hydrogène en bulles.
 - Densité de courant entre 0.1 et 50 mA/cm².

Retour aux mesures d'impédance

 Une fois les échantillons de référence terminés, nous répèterons les mesures d'impédance en espérant trouver une différence d'impédance entre les échantillons non chargés et chargés.