

N° d'ordre :

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de L'enseignement Supérieur et de La Recherche Scientifique

المركز الجامعي بلحاج بوشعيب عين تموشنت

Centre Universitaire Belhadj Bouchaib-Ain Témouchent



Institut de Technologie
Departement de Genie Mécanique
Laboratoire des Structures Intelligentes



THESE

Présentée pour l'obtention du diplôme de **DOCTORAT 3^{eme} Cycle**

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Génie mécanique

Spécialité : Génie mécanique

Par : OURRAD SOUMIA

Intitulé de la thèse

Effet de l'hydrogène sur le comportement mécanique des aciers à moyenne et haute résistance utilisé dans le transport et le stockage de l'hydrogène sous pression : Prise en compte de la variabilité spatiale de la diffusion de l'hydrogène dans la fragilisation de ces aciers

Soutenue publiquement, le / / , devant le jury composé de :

M. Nehari Driss	Pr	Président	Centre Universitaire BELHADJ Bouchaib/ Ain Témouchent.
M. Boutaous Ahmed	Pr	Examineur	Université des Sciences et de la Technologie Mohamed Boudiaf - Oran
M. Benzaama Habib	Pr	Examineur	ENP-Maurice Audin Oran
M. Ziadi Abdelkader	Pr	Directeur de thèse	Centre Universitaire BELHADJ Bouchaib/ Ain Témouchent.
M. Houmadi Youcef	Pr	Co-Directeur	Centre Universitaire BELHADJ Bouchaib/ Ain Témouchent.

Année Universitaire : 2019/2020

Résumé

La fragilisation par l'hydrogène est un processus physico-chimique-métallurgique dans lequel se développent des phénomènes d'interaction et de diffusion chimiques. Ce phénomène demeure toujours d'actualité vu que plusieurs méthodes stochastiques basées sur des modèles mathématiques complexes n'ont pas pu lever le voile sur la complexité du phénomène. L'objectif du présent travail est d'analyser le comportement en présence d'hydrogène des aciers en procédant à une analyse numérique du phénomène de fragilisation par hydrogène des aciers utilisés dans le stockage de l'hydrogène ou dans le domaine de la construction.

Cette thèse est divisée en deux parties principales. La première utilise une approche probabiliste basée sur la méthode de Monté Carlo appliquée sur un acier à haute résistance C-Mn. Cet acier est utilisé dans le domaine du génie civil et est caractérisé par sa fragilité face à l'hydrogène lors de son élaboration par tréfilage.

La méthode de simulation par Monte Carlo se base sur la seconde loi de diffusion et introduit le caractère aléatoire des paramètres qui régissent la désorption de l'hydrogène en les modélisant en champs aléatoires afin de déterminer une durée optimum pour l'échappement de celui-ci afin de réduire l'effet nocif de l'hydrogène sur l'usage de ces matériaux .

La seconde partie fait appel à l'analyse par les réseaux de neurones artificiels (RNA) imitant le fonctionnement du cerveau humain. Cette méthode connaît un fort regain d'intérêt donnant des résultats satisfaisant grâce à la puissance de la masse de données (big data) en se basant sur des résultats expérimentaux qui portent sur l'étude de la susceptibilité l'acier 42CrMo4 (AISI4140) à l'hydrogène.

Cet acier a été trempé et revenu à différentes températures l'application de réseaux de neurones artificiels est proposée pour prédire la température optimale de revenu afin de contenir une quantité minimale d'hydrogène dans un métal en analysant le paramètre de concentration en hydrogène qui s'échappe par désorption à travers le temps à la température ambiante.

Abstract

Steelmakers have always faced the problem of embrittlement of steels by hydrogen for this, several methods based on complex mathematical models could not lift the veil on the complexity of the phenomenon for that the objective of this work aims to use simple effective and rigorous methods.

This thesis is augmented by two main parts, the first covets a probabilistic approach applied to a high-strength steel C-Mn it is steel used in the field of civil engineering which displayed a certain vulnerability to hydrogen during the development of the latter in the drawing operation stage. The Monte Carlo simulation method is based on the second diffusion law and introduces the random nature of the parameters which govern the hydrogen desorption by modeling them in random fields in order to determine an optimum duration for its escape. in order to reduce the harmful effect of hydrogen on the use of this material.

The second part uses analysis by artificial neural networks (ARN) mimicking the functioning of the human brain. This method is experiencing a strong revival of interest giving satisfactory results thanks to the power of the mass of data (big data).

Based on experimental results which relate to the study of the susceptibility of 42CrMo4 (AISI4140) steel to hydrogen, this steel has been deformed and returned to different temperatures the application of artificial neural networks is proposed to predict the optimal tempering temperature in order to contain a minimum quantity of hydrogen in a metal by analyzing the parameter of hydrogen concentration which escapes by desorption over time at room temperature

ملخص

واجهت شركات صناعة الصلب دائماً مشكلة تقشر الفولاذ بواسطة الهيدروجين من أجل هذا ، فهناك عدة طرق تعتمد على نماذج رياضية معقدة لا يمكنها رفع الحجاب عن تعقيد هذه الظاهرة من أجل أن الهدف من هذا العمل يهدف لاستخدام أساليب بسيطة وفعالة بسيطة. يتم تعزيز هذه الأطروحة من خلال جزأين رئيسيين ، الأول يطمح نهج احتمالي ينطبق على الصلب عالية القوة C-Mn وهو الصلب المستخدمة في مجال الهندسة المدنية والتي أظهرت قابلية معينة للهيدروجين خلال تطوير الأخير في مرحلة عملية الرسم. تعتمد طريقة محاكاة مونت كارلو على قانون الانتشار الثاني وتقدم الطبيعة العشوائية للمعطيات التي تحكم امتصاص الهيدروجين من خلال وضع نماذج لها في حقول عشوائية من أجل تحديد المدة المثلى لهروبها. من أجل الحد من التأثير الضار للهيدروجين على استخدام هذه المواد.

(الذي يحاكي عمل الدماغ البشري ، حيث يستخدم الجزء الثاني التحليل بواسطة الشبكات العصبية الاصطناعية) تشهد هذه الطريقة إحياء قوياً للاهتمام ، مما يعطي نتائج مرضية بفضل قوة كتلة البيانات (البيانات الكبيرة). بناءً على (للهيدروجين ، تم خداع هذا الفولاذ وعاد AISI4140 42CrMo4 النتائج التجريبية التي تتعلق بدراسة قابلية الصلب إلى درجات حرارة مختلفة ، تم اقتراح تطبيق الشبكات العصبية الاصطناعية للتنبؤ درجة حرارة التخفيف المثالية من أجل احتواء الحد الأدنى من كمية الهيدروجين في المعدن عن طريق تحليل معامل تركيز الهيدروجين الذي يهرب عن طريق الامتصاص مع مرور الوقت في درجة حرارة الغرفة

Mots clés : La diffusion de l'Hydrogène, la susceptibilité de L'acier Cr-Mo à l'hydrogène , la méthode de Monté Carlo, Les réseaux de neurones