

Caractérisation expérimentale d'un réacteur métal-hydrogène fabriqué en Aluminium

Mohamed Houcine. DHAOU, Oussama. Rejeb, Insaf. ZOMMIT, Aymen. SOUAHLIA, Abdelmajid. Jemni SASSI. Ben Nasrallah

Laboratoire d'Etudes des systèmes Thermiques et Energétiques (LESTE), ENIM, Avenue Ibn El Jazzar, Route de Kairouan, 5019 Monastir, Tunisia.

E-mail : dhaou_2000tn@yahoo.fr

Résumé :

Au cours des dernières années, les considérations environnementales se sont placées au cœur des préoccupations de notre société. En particulier, la diminution des émissions gazeuses reliées aux véhicules automobiles est devenue un sujet d'intérêt, Afin de diminuer l'effet polluant relié a ce mode de transport, des travaux sont effectués afin de mettre au point des voitures fonctionnant à l'hydrogène, un gaz qui ne produit que de l'eau pure lors de sa combustion (aucun dioxyde de carbone). Pour ce faire, il faut transporter l'hydrogène dans le véhicule et l'un des moyens les plus sûrs et les plus efficaces de le faire est sous forme d'hydrure métallique. Le présent travail consiste à concevoir et de fabriquer un réacteur métal-hydrogène en Aluminium. Une caractérisation expérimentale de réacteur métal-hydrogène rempli d'une masse de 60g d'alliage LaNi₅ pour différentes conditions (Température de fluide caloporteur, débit d'eau et de pression appliquée du gaz (H₂)) sera étudiée.

Mots clés : Hydrogène, hydrure métallique, conception, Transfert de chaleur et de masse

1. Introduction

Les applications des hydrures métalliques dans le domaine de l'énergie se basent sur les réacteurs métal-hydrogène. Un bon dimensionnement et une conception optimale de ces réacteurs nécessitent l'optimisation de la fabrication des réacteurs métal-hydrogène et la connaissance de leur comportement. L'optimisation de la fabrication des réacteurs métal-hydrogène a suscité l'intérêt de plusieurs chercheurs [1, 2, 3, 4, 5, 7]. Ils ont focalisé leur intérêt sur l'amélioration des échanges thermiques pour mieux contrôler la cinétique d'absorption (exothermique) et de désorption (endothermique) de l'hydrogène par le composé métallique. Plusieurs configurations de réacteur ont été rencontrées dans la littérature [1-5] dont la majorité se base sur des structures tubulaires et des réacteurs munis des échangeurs spiraux avec ailettes et concentriques [6-7].

Dans le présent travail on se propose donc d'étudier expérimentalement le comportement de réacteur métal-hydrogène fabriqué en aluminium lors de l'absorption.

L'évolution temporelle de la masse de l'hydrogène sous différentes conditions (température, pression et fluide caloporteur) lors de l'absorption sera présentée.

2. Etude expérimentale

2.1 Dispositif expérimental

Pour étudier expérimentalement le comportement du réacteur nous avons utilisé le dispositif montré sur la figure 1.

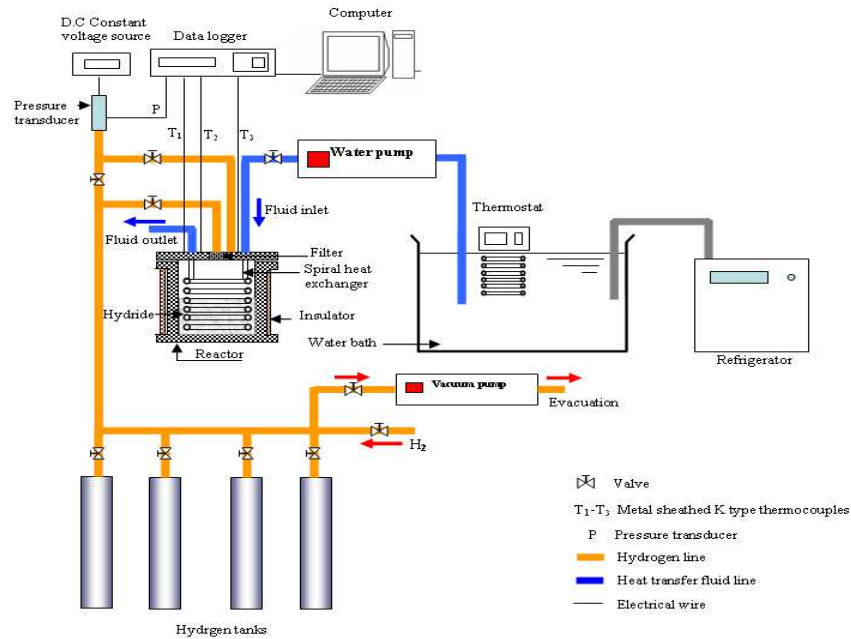


Figure 1 : Schéma synoptique de l'installation.

2.2 Démarche expérimentale

Pour éviter les hétérogénéités thermiques et de la concentration d'hydrogène, une petite masse (60g) de l'alliage a été introduite dans le réacteur. Ce réacteur est mis en contact avec un réservoir contenant de l'hydrogène, dans le cas d'absorption, ou mis sous vide primaire, dans le cas de la désorption. L'enregistrement, de l'évolution de la pression dans le réservoir permet de déterminer l'évolution de la masse d'hydrogène absorbée ou désorbée pour différentes expérimentales (Pression appliquée, température du fluide de refroidissement et de chauffage ainsi que le débit du fluide caloporteur).

2.3 Résultats et interprétations

2.3.1 Effet du débit du fluide caloporteur

On présente sur la figure 2 l'évolution de la masse d'hydrogène absorbée par le réacteur pour trois débits du fluide caloporteur (5g/s, 8g/s et 13,5g/s). On constate que la quantité d'hydrogène absorbée augmente significativement si le débit augmente. En effet, le temps nécessaire pour que le réacteur absorbe une même quantité d'hydrogène est approximativement réduit par un facteur de 3.

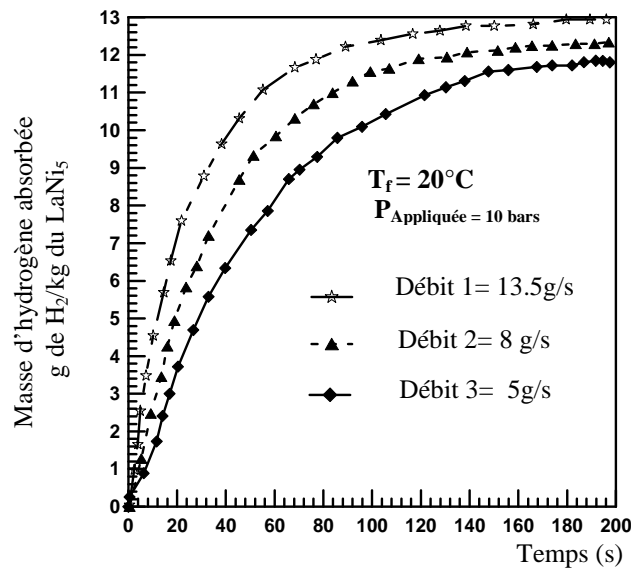


Figure 2 : Evolution temporelle de la masse de l'hydrogène absorbée pour différents débits du fluide caloporteur pour $T_f = 20^\circ\text{C}$ et $P_{\text{H}_2} = 10$ bars

2.3.1 Effet de la pression appliquée de l'hydrogène

La figure 3 montre que la masse totale absorbée d'hydrogène augmente avec la pression d'alimentation. La quantité d'hydrogène absorbée augmente avec la pression permet de dégager une quantité de chaleur plus importante. Du fait que la mauvaise conductivité thermique du métal.

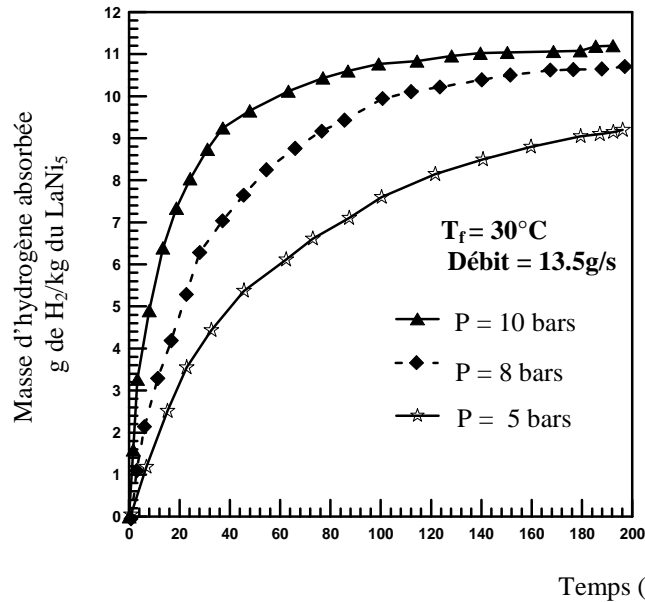


Figure 3 : Evolution temporelle de la masse de l'hydrogène absorbée pour différentes pressions de l'hydrogène pour Débit = 13.5 g/s et T_f = 30°C

2.3.1 Effet de la température de refroidissement

La figure 4 montre l'effet de la température du fluide de refroidissement circulant dans l'échangeur sur la quantité d'hydrogène absorbée. Les résultats montrent que plus la température de refroidissement est faible plus la vitesse de la réaction est rapide.

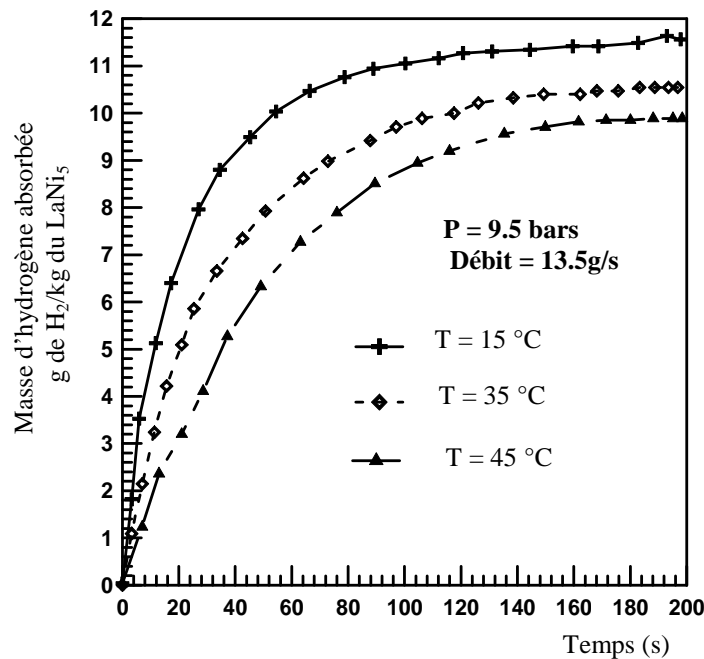


Figure 4 : Evolution temporelle de la masse de l'hydrogène absorbée pour différentes températures du fluide caloporteur pour Débit = 13.5 g/s et P_{H₂} = 9.5 bars

3. Conclusion

Un réacteur métal hydrogène a été conçu et fabriqué en Aluminium, pour étudier les processus d'absorption et de désorption d' H_2 et d'étudier l'effet de différents paramètres (Pression du gaz appliquée, Température et débit du fluide de refroidissement) dans le lit d'hydrure. Les résultats obtenus montrent que la masse d'hydrogène absorbée est inversement proportionnelle à la température du fluide de refroidissement et proportionnelle au débit du fluide caloporteur et à la pression appliquée du gaz (H_2).

Références bibliographiques

- [1]: M. Ram Gopal and S. Sriniva Murthy. Prediction Metal-hydrure refrigerator performance based on reactor heat and mass transfert. International Journal of Hydrogen Energy 1995; 20: 607-614.
- [2]: P.Muthukumar. Experiment on a metal hydride-based hydrogen storage device. International journal of Hydrogen Energy 2005; (30): 1569-1581
- [3]: A.Demircan. Experimental and theoretical analysis of hydrogen absorption in $LaNi_5 - H_2$ reactors. International journal of Hydrogen Energy 2005; (30): 1437-1446
- [4]: Gopal MR, Murthy SS. Prediction of a heat mass transfer in annular cylindrical metal beds. International journal of Hydrogen Energy 1992; 17(10): 795-805.
- [5]: Askri. F, Jemni. A, Ben Nasrallah. S. Prediction of transient heat and mass transfer in a closed metal-hydrogen reactor. International Journal of Hydrogen Energy 2004; 29: 195-208.
- [6]: A. Souahlia, H. Dhaou, F. Askri, S. Mellouli, A. Jemni, S. Ben Nasrallah. Experimental and comparative study of metal hydride hydrogen tanks. International Journal of Hydrogen Energy 36(2011)12918-12922.
- [7]: H. Dhaou, N. Ben Kheder, S. Mellouli, Souahlia. A, F. Askri, A. Jemni, S. Ben Nasrallah. Improvement of Thermal performance of Spiral heat exchanger on hydrogen storage by adding copper fins. International journal of Thermal Science 50(2011)2536-2542.