

## Mercredi 8 juin 2022 : session Filière Hydrogène

### Stockage de l'hydrogène sous forme solide : effet de déformations plastiques sévères sur les cinétiques de formation des hydrures métalliques

#### Thierry Grosdidier

Laboratoire d'étude des Microstructures et de Mécanique des Matériaux (LEM3), Université de Lorraine, CNRS, Arts et Métiers ParisTech, Metz

Laboratoire d'Excellence Design des Alliages Métalliques pour Allègement des Structures (Labex DAMAS), Université de Lorraine, France

L'hydrogène est aujourd'hui un élément clé de la transition énergétique. Un des freins au déploiement massif de l'hydrogène comme source énergétique est lié à son stockage. Sous forme gazeuse, le stockage hyperbare (700 bar) nécessite des réservoirs à haute résistance mécanique. Sous forme liquide, il faut refroidir l'hydrogène en dessous de - 252 °C dans des réservoirs super-isolés thermiquement. Ces méthodes hyperbares et cryogéniques ont donc un coût énergétique important et posent, en cas de fuite, des contraintes de sécurité majeures. Moyennant une aptitude à former des hydrures métalliques à la stabilité adéquate, plusieurs métaux et composés intermétalliques doivent pouvoir être utilisés pour un stockage solide à forte capacité volumique dans des réservoirs très sûrs et peu consommateurs d'énergie. Les hydrures métalliques considérés doivent avoir des températures et des pressions d'équilibre compatibles avec les applications (entre 1 et 10 bar et à moins de 100 °C).

Avant d'obtenir une bonne réversibilité du processus de stockage / déstockage de l'hydrogène dans des conditions de température et de pression modérées, une première hydruration des matériaux métalliques est souvent nécessaire afin de franchir la barrière d'oxydes natifs de surface. Pour faciliter cette première hydruration, un traitement « d'activation » peut être envisagé. Le broyage mécanique à haute énergie (HEBM) permet d'activer très efficacement certains alliages. Il conduit toutefois à utiliser des matériaux pulvérulents pyrophoriques. Une autre possibilité, pour permettre la première hydruration dans des conditions moins sévères de pression et température, consiste à affiner fortement la microstructure par écrouissage via des déformations plastiques sévères. Sur la base de plusieurs exemples tirés de travaux récents [1-3], cette communication vise à souligner les avantages et inconvénients de l'utilisation (i) des poudres métalliques et (ii) de la déformation plastique pour des applications de stockage solide de l'hydrogène.

[1] J. Huot, F. Cuevas, S. Deledda, K. Edalati, Y. Filinchuk, T. Grosdidier, B. Hauback, T. Jensen, M. Latroche, S. Sartori, Mechanochemistry of metal hydrides: recent advances (review), *Materials*, vol. 12, no. 2778, 2019

[2] S. Panda, J.J. Fundenberger, Y. Zhao, J. Zou, L.S. Toth, T. Grosdidier, Effect of initial powder type on the hydrogen storage properties of high-pressure torsion consolidated Mg, *International Journal of Hydrogen Energy* 42 (35), 22438-22448, 2017

[3] K. Edalati, M. Novelli, S. Itano, H. Li, E. Akiba, Z. Horita and T. Grosdidier, "Effect of gradient-structure versus uniform nanostructure on hydrogen storage of Ti-V-Cr alloys: Investigation using ultrasonic SMAT and HPT processes," *Journal of Alloys and Compounds*, vol. 737, 337-346, 2018.