

Effect of palladium coating on hydrogen storage and hydrogen separation features of high-entropy alloys

Ivan Savvotin¹, Vladislav Zadorozhnyy², Elena Berdonosova¹, Mikhail Zadorozhnyy², Korol Artem², Semen Klyamkin¹.

¹ Lomonosov Moscow State University, Chemistry Department, Leninskie Gory 1/3, Moscow, 119991 Russia

² National University of Science and Technology "MISIS", Leninsky prospect 4, 119049 Moscow, Russia

Многокомпонентные сплавы с близким к эквимолярному содержанию компонентов, кристаллизующиеся в форме твердых растворов со структурой ОЦК и ГЦК типа, так называемые высокоэнтропийные сплавы (ВЭС), привлекают большое внимание благодаря сочетанию уникальных механических, физических и химических свойств. Для сплавов этого класса была обнаружена аномально высокая сорбционная емкость по отношению к водороду. [1]. Более того, металлы 5 группы (V, Nb, Ta), входящие в состав многих ВЭС, обладают уникально высокой проницаемостью по отношению к водороду, особенно при близких к комнатной температурах [2], что делает их особо привлекательными для мембранного выделения водорода. Однако использование ВЭС в мембранах, особенно композиционных металл-полимерных, существенно затруднено вследствие их склонности к поверхностной пассивации. Для преодоления данной проблемы предложено напыление палладия непосредственно на частицы ВЭС в процессе изготовления металл-полимерных мембран.

В настоящей работе были исследованы сплавы Ti-Zr-Nb-Hf-Ta-V и Ti-V-Zr-Nb-Ta, полученные в виде микроразмерных волокон методом ионно-плазменного распыления [3]. Палладий наносили методом вакуумного напыления. Взаимодействие водорода со сплавами изучали волюмометрическим методом. Показано, что после нанесения покрытия температура взаимодействия с водородом снижается от 400 °С до комнатной без предварительной высокотемпературной активации. По данным РФА присутствие палладия не влияет на структурные параметры образующихся гидридов. Образование гидридов не является полностью обратимым из-за высокой термической стабильности гидридных фаз.

Для приготовления мембран волокна ВЭС подвергали циклическому

гидрированию/дегидрированию с последующей механоактивацией (МА) в планетарной мельнице. На полученный металлический порошок напыляли палладий, затем смешивали с гранулами полиэтилена марки Sabic®. Изучение газотранспортных свойств композитных металл-полимерных материалов проводили барометрическим методом на пленках толщиной около 100 мкм, полученных термопрессованием. По результатам измерений были определены проницаемость и идеальная селективность мембран по отношению к H₂, CH₄, CO₂, He, Ar, N₂. Установлена зависимость основных функциональных параметров мембран от их состава и условий обработки.

Acknowledgments

This work was performed according to the Development program of the Interdisciplinary Scientific and Educational School of Lomonosov Moscow State University «The future of the planet and global environmental change», projects # 122012400186-9 and AAAA-A21-121011590086-0 and was supported by Russian Science Foundation, project 19-13-00207.

Литература

1. Nygård M. M. et al. Hydrogen storage in high-entropy alloys with varying degree of local lattice strain //International Journal of Hydrogen Energy. – 2019. – Т. 44. – №. 55. – С. 29140-29149.
2. Cardoso, S.P., Azeña, I.S., Lin, Z., Portugal, I., Rodriguez, A.E., and Silva, K.M. (2017). Inorganic membranes for hydrogen separation. Separation and Purification Reviews, 47(3), 229–266.
3. Zadorozhnyy V. et al. Composition design, synthesis and hydrogen storage ability of multi-principal-component alloy TiVZrNbTa //Journal of Alloys and Compounds. – 2022. – С. 163638