

**РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ-НАКОПИТЕЛЕЙ ВОДОРОДА  
НА ОСНОВЕ ГИДРИДООБРАЗУЮЩИХ МЕТАЛЛОВ  
И МЕТАЛЛ-ОРГАНИЧЕСКИХ КАРКАСОВ**

Т.Л. Мурашкина, М.С. Сыртанов, Р.Л. Волокитин, В.Н. Кудияров, А.М. Лидер

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [tanjuffka@tpu.ru](mailto:tanjuffka@tpu.ru)

Актуальным вопросом водородной энергетики является разработка эффективных и безопасных способов хранения и транспортировки водорода, среди которых выделяют использование материалов-накопителей водорода (МНВ) на основе гидридообразующих металлов и металл-органических каркасов (MOFs). Соединения на основе титана и магния, обладающие сорбционной емкостью от 3,5 до 7 масс.%, являются перспективными для разработок новых систем-накопителей водорода с применением подхода композитных материалов, в которых объединяются необходимые свойства двух и более компонентов для улучшения водород-сорбционных характеристик МНВ [1]. Среди интерметаллических соединений на основе титана выделяют АВ, АВ<sub>2</sub> и ВСС структуры, с добавлением хрома и ванадия (Ti-Cr-V), работающие при комнатных температурах и атмосферном давлении. Для МНВ на основе магния в последнее время выгодным кандидатом рассматриваются системы с добавлением металл-органических каркасов, что позволяет осуществлять многостадийное гидрирование/дегидрирование в широких диапазонах температур с синергетическим эффектом.

В настоящей работе были проведены исследования сорбционных характеристик синтезированных интерметаллических соединений на основе титана и металл-органических каркасов. Методом плавления в плазме аномального тлеющего разряда синтезированы интерметаллические соединения TiCr<sub>2</sub> фазы Лавеса со структурным типом C36 [2]. Активационная обработка синтезированных ИМС фазы Лавеса C36 заключается в формировании дефектов упаковки, которые могут выступать в качестве путей для переноса водорода с поверхности на внутреннюю поверхность образцов и улучшать кинетику гидрирования [3]. Снижение сорбционной емкости водорода интерметаллического соединения фазы Лавеса TiCr<sub>2</sub> политипа C36 при циклическом взаимодействии с водородом при температуре 30 °С обусловлено формированием стабильной гидридной фазы TiCr<sub>2</sub>H<sub>x</sub> (x≤0,5) и частичных дислокаций Шокли. Движение частичных дислокаций сопровождается увеличением их плотности в субграницах матричной фазы, что служит источником кристаллографических разориентировок между субзернами и приводит к образованию микродвойниковых границ [2].

Сорбционные свойства металл-органических каркасов исследовались на основе синтезированных в ТПУ трех типов MOFs: UiO-66-NDC-0BA – использовался обычный сольватермический метод, кислота NDC использовалась для образования линкеров; UiO-66-NDC-30AA – в качестве модулятора использовали сольватермический метод с добавлением уксусной кислоты, для образования линкеров использовали кислоту NDC; UiO-66-NDC-50:50 – использован сольватермический метод, для образования линкеров использована смесь кислот NDC и BDC. Исследование сорбции водорода при газофазном наводороживании при температуре жидкого азота в диапазоне от 0,1 до 10 атм. водорода показало, что добавление модулятора (образец UiO-66-NDC-30AA) и использование смеси линкеров (образец UiO-66-NDC-50:50) приводят к увеличению сорбции водорода относительно материала UiO-66-NDC-0BA. Количество поглощенного водорода для образца -0BA составляет ≈2,6 масс. % - 30AA ≈3 масс. %, -50: 50 ≈ 3,3 масс. %.

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственного задания «Наука» в рамках научного проекта № FSWW–2020–0017.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Тарасов Б.П. Физикохимия водород-аккумулирующих материалов // Водородные энергетические технологии. – 2017. – С. 78-100.
2. Murashkina T.L. et al. Cyclic Stability of the C36-type TiCr<sub>2</sub> Laves Phase Synthesized in the Abnormal Glow Discharge Plasma under Hydrogenation // International Journal of Hydrogen Energy. – 2019. – Vol. 44. – Is. 13. – P. 6710-6720.
3. Murashkina T. L., Syrtanov M.S., Laptev R.S. Structure and Defects Evolution at Temperature and Activation Treatments of the TiCr<sub>2</sub> Intermetallic Compound of Laves Phase C36-type // International Journal of Hydrogen Energy. – 2019. – Vol. 44. – Is. 21. – P. 10732-10743.