

УДК 62-971.2, 661.968, 620.92

Формирование композита на основе гидрида магния и наноразмерного порошка алюминия, полученного методом электрического взрыва проводниковП.А. БарановаНаучный руководитель: доцент, к.т.н., В.Н. Кудияров
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 364050E-mail: pab13@tpu.ru**Formation of the composite based on magnesium hydride and nano-sized aluminum powder obtained by electrical explosion of wires**P.A. BaranovaScientific Supervisor: Ass. Prof., Ph.D., V.N. Kudiyarov
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050E-mail: pab13@tpu.ru

Abstract. *In this work, a composite based on magnesium hydride and nanoscale aluminum powder obtained by the method of electrical explosion of conductors was synthesized. Scanning electron microscopy was used to determine the average particle size of the composite depending on the diameter of the grinding balls. It is shown that with a decrease in diameter from 10 to 3 mm, the average particle size decreases from 2,7 to 2,2 microns. Diffractograms of the samples made it possible to calculate the values of microstresses for composites. The average value of the micro-voltage varies in the range of 0,004–0,006.*

Key words: *magnesium hydride, mechanical synthesis, nanoscale aluminum powder, electrical explosion of wires technology, structural and phase states, diameter of the grinding balls.*

Введение

Важным направлением водородной энергетики является получение, хранение, транспортировка и безопасное использование водорода [1–4]. Водород, за счет своего крайне небольшого размера и массы, может накапливаться в кристаллической решетке металлов с образованием гидридов. В связи с этим чаще всего в качестве материала для хранения водорода используются гидриды металлов. Одним из подходящих материалов-накопителей водорода является магний [5–8]. Но данный материал имеет существенный недостаток – высокая температура сорбции и десорбции. Существует необходимость разработки метода по устранению этого недостатка.

Добавление порошка алюминия, полученного электровзрывом проводника (ЭВП), позволит снизить температуры сорбции и десорбции водорода.

Метод ЭВП представляет собой процесс взрывного разрушения проволоки под действием тока, высокой плотности ($>10^{10}$ А/м²). Материал проволоки трансформируется в наночастицы при условии, что плотность вводимой энергии достаточно высокая, чтобы качественно диспергировать металлическую проволоку на наночастицы. Характеристиками метода ЭВП являются длительность импульса тока и мощность взрыва [9–13]. Ранее, изучение влияния добавления порошка ЭВП-алюминия на свойства гидрида магния никем не проводилось. Также та температуру сорбции и десорбции может влиять размер частиц полученного композита. Важно определить параметры механосинтеза, при которых размер будет изменяться.

Из этого следует цель работы – изучение влияния диаметра размольных шаров при механосинтезе на свойства композита на основе гидрида магния и наноразмерного порошка алюминия, полученного методом электровзрыва проводника.

Результаты

Композиты MgH₂-EEWAl 10 масс. % с разным параметром синтеза – размер шаров в мельнице (3 мм, 6 мм, 10 мм) синтезировались в планетарной шаровой мельнице YXQM-1L 3 часа с частотой вращения барабанов 900 об/мин. Микроструктура композитов и гистограммы распределения частиц композита, результаты анализа элементного состава представлены на рисунке 1.

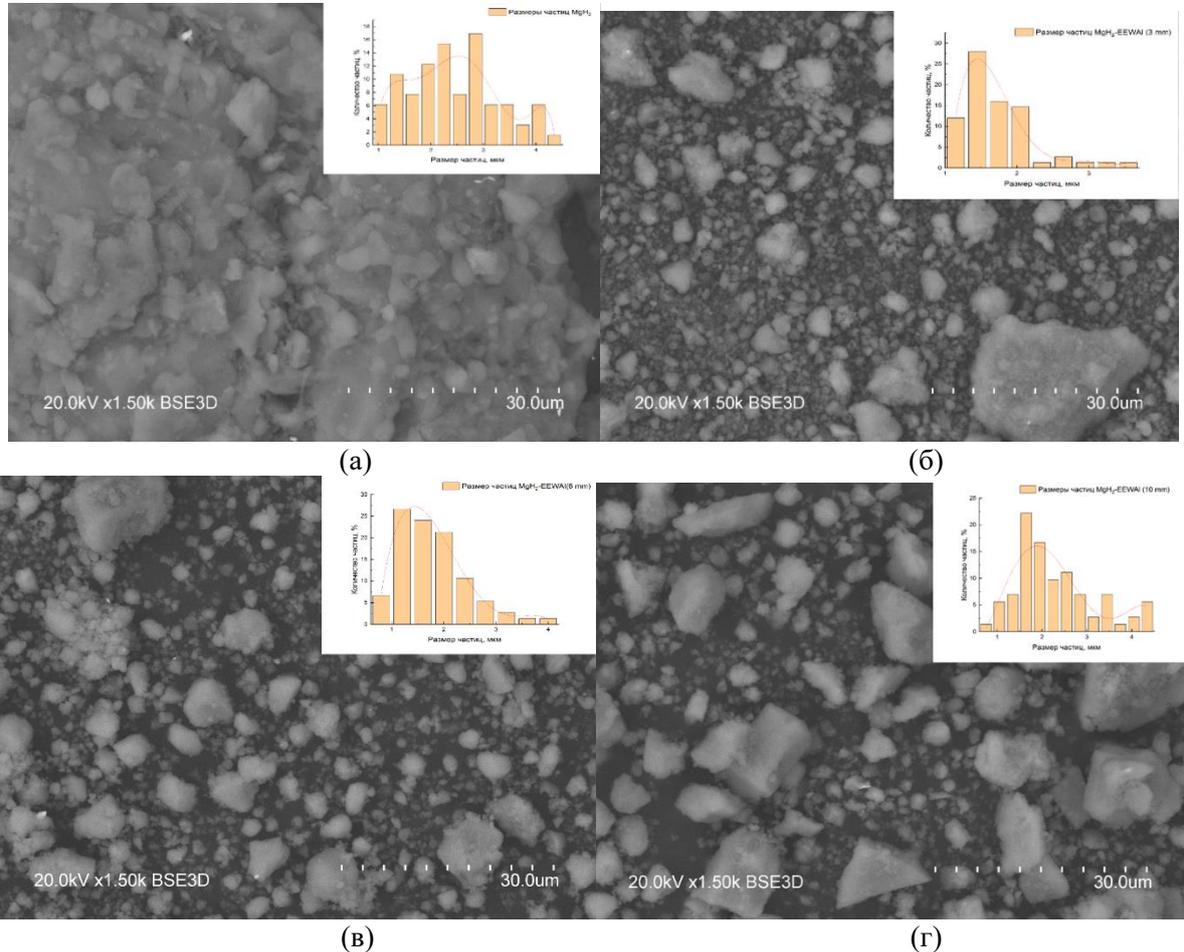


Рис. 1. СЭМ изображение композитов и гистограммы распределения размера частиц:
 а – MgH₂; б – MgH₂ EEWAl 10 масс % (3 мм); в – MgH₂ EEWAl 10 масс % (6 мм);
 г – MgH₂ EEWAl 10 масс % (10 мм)

Анализ кристаллической структуры композитов проведен методом дифракции рентгеновских лучей, используя дифрактометр XRD-7000S. На рисунке 2 представлен результат анализа фазового состава – присутствуют необходимые фазы.

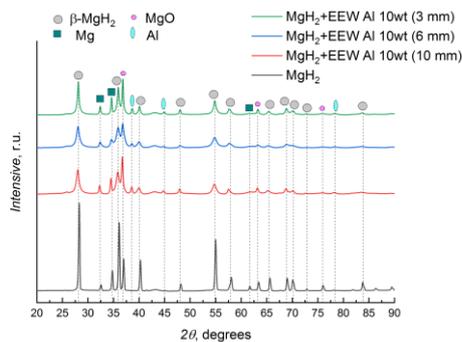


Рис. 2. Дифрактограммы гидрида магния и композитов с содержанием наноалюминия

Предположительно, чем выше значение микронапряжения, тем температура десорбции должна становиться меньше.

Заключение

В работе был синтезирован композит на основе гидрида магния и нанопорошка алюминия, полученного методом ЭВП. При синтезировании варьировался диаметр размоленных шаров от 3 до 10 мм. Зависимость между диаметром шаров и средним размером частиц – с уменьшением диаметра шаров средний размер частиц уменьшается.

Список литературы

1. Котельникова С.А. Водородная энергетика: хранение водорода // Энергетические установки и технологии – 2022. – Т. 8, № 4. – С. 64–70.
2. Kudiiarov V.N. et al. Microstructure and hydrogen storage properties of MgH₂/MIL-101 (Cr) composite // Journal of Alloys and Compounds. – 2024. – Vol. 976. – P. 173093.
3. Lyu J. et al. Theoretical and Experimental Studies of Al-Impurity Effect on the Hydrogenation Behavior of Mg // Materials. – 2022. – Vol. 15, № 22. – P. 8126.
4. Nazarenko O., Gromov A., Il'in A., Pautova J., Tikhonov D. Electroexplosive nanometals // Metal Nanopowders: Production, Characterization, and Energetic Applications. – 2014. – P. 67–69.
5. Коник П.А. и др. Влияние механической активации интерметаллического соединения LaNi_{2.5}Co_{2.4}Mn_{0.1} на абсорбцию водорода // Журнал физической химии. – 2020. – Т. 94, № 5. – С. 784–788.
6. Mostovshchikov A.V., Goldenberg B.G., Nazarenko O.B. Effect of synchrotron radiation on thermochemical properties of aluminum micro- and nanopowders // Materials Science and Engineering. – 2022. – Vol. 285. – P. 1–7.
7. Ильин А.П., Мостовщиков А.В., Коршунов А.В., Роот Л.О. Особенности физико-химических свойств нанопорошков и наноматериалов : учебное пособие – 2-е изд. – Томск : ТПУ, 2017. – 212 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/106760> (дата обращения: 10.08.2024).
8. Бурцев В.А., Калинин Н.В., Лучинский А.В. Электрический взрыв проводников и его применение в электрофизических установках // Энергоатомиздат. – 1990. – 289 с.
9. Клямкин С.Н. Металлогидридные композиции на основе магния как материала для аккумулялирования водорода // Российский химический журнал им. Д.И. Менделеева – 2006. – № 6. – С. 49–55.
10. Надольский Д.С., Зиннатуллина Л.Р., Медведева Н.А. Водородоаккумулирующие материалы // Вестник Пермского университета. Серия «Химия» – 2019. – Т. 9, № 2. – С. 106–125.
11. Констанчук И.Г., Герасимов К.Б. Механохимические подходы к созданию материалов для аккумулялирования водорода на основе гидридов металлов // Химия в интересах устойчивого развития. – 2014. – Т. 22, № 1. – С. 1–9.
12. Sun Z., Lu X., Nyahuma F.M., Yan N., Xiao J., Su S., Zhang L. Enhancing Hydrogen Storage Properties of MgH₂ by Transition Metals and Carbon Materials: A Brief Review // Frontiers in Chemistry. – 2020. – Vol. 8. – P. 552.
13. Лукашев Р.В. Водород-аккумулирующие и водород-генерирующие системы MgH₂-С и AlH₃-С // Альтернативная энергетика и экология. – 2008. – № 2. – С. 39–46.