

УДК 536.752

Влияние содержания никеля на температуру десорбции водорода из композита на основе гидрида магния и наноразмерного никеля, синтезированного методом электрического взрыва проводниковЕ.С. Леонова

Научный руководитель: доцент, к.т.н. В.Н. Кудияров
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: esl24@tpu.ru

Effect of nickel content on the hydrogen desorption temperature from a composite based on magnesium hydride and nanoscale nickel synthesised by electrical explosion of wiresE.S. Leonova

Scientific Supervisor: Ass. Prof., Ph.D. V.N. Kudiaryov
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050
E-mail: esl24@tpu.ru

Abstract. *The general regularities of hydrogen interaction with nickel nanopowder synthesised for the first time by electric explosion of conductors are studied in this work. Magnesium is one of the most suitable materials for hydrogen storage, the disadvantage of which is the high temperature of sorption and desorption. High energy must be applied to extract hydrogen. Therefore, in this work, a composite based on magnesium hydride and nanoscale nickel obtained by electrical explosion of conductors was used as a catalytic additive in the range (1-25 wt.%) and synthesis parameters: drum speed of 900 rpm and synthesis duration of 180 minutes. Thus, the composite based on magnesium hydride and nickel nanopowder was synthesised by planetary ball milling and then thermodesorption was carried out for these composites and the hydrogen yield temperature of the composites was determined.*

Key words: *Nickel; hydrogen; magnesium hydride; activation energy; mechanochemical synthesis; electrical explosion of conductors; nanoscale powders.*

Введение

В связи с истощением нефтяных ресурсов и выбросом углекислого газа (CO_2) в атмосферу при сжигании ископаемого топлива, разработка альтернативных источников энергии приобретает особую актуальность [1].

Водород как энергоноситель представляет собой одно из наиболее перспективных решений, способных дополнить или заменить традиционные источники энергии. Помимо высокой топливной эффективности (141,7 МДж/кг) и экологической чистоты (продуктом его сгорания является вода), водородная энергетика также обладает уникальным преимуществом: возможностью накопления и хранения энергии в больших объемах. Это особенно важно для балансировки энергосистем, использующих непостоянные источники энергии, такие как солнечная и ветровая.

Гидриды металлов, в частности гидрид магния (MgH_2), рассматриваются как перспективный метод хранения водорода благодаря своей доступности, высокой насыпной плотности (109 г H_2 /л) и емкости (7,6 масс. %) [2, 3]. Однако у гидрида магния есть существенные недостатки, такие как высокая температура сорбции и десорбции, а также низкая скорость этих процессов. Для преодоления этих ограничений необходимо разработать методы снижения энергии активации десорбции водорода. Одним из таких подходов является синтез композитов на основе гидрида магния с добавлением каталитических материалов, таких как металлы и их оксиды. Метод электрического взрыва проводников (ЭВП) представляет собой перспективный способ получения таких каталитических добавок.

Экспериментальная часть

Были синтезированы композиционные материалы на основе гидрида магния и наноразмерного никеля, полученного методом электрического взрыва проводников, в диапазоне (1–25 масс. %) и параметров синтеза: частоте вращения барабанов 900 об/мин и продолжительностью синтеза 180 минут.

Результаты

Карты распределения элементов показали, что каталитическая добавка в виде наноразмерного порошка никеля равномерно распределена по объему порошка гидрида магния и образуют структуру «ядро-оболочка», составленную в агломераты. Достаточно крупные (20–40 мкм) частицы гидрида магния покрыты наночастицами никеля (рис. 1).

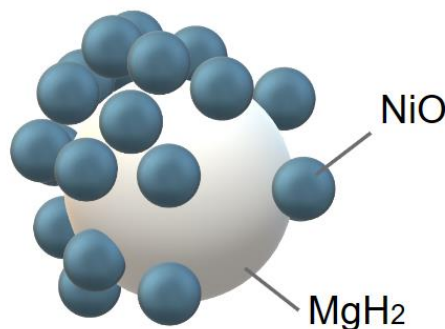


Рис. 1. Структура «ядро-оболочка»

С помощью термодесорбционного анализа были определены температуры выхода водорода из композитов с разным содержанием наноникеля.

На рис. 2 можно заметить, что с увеличением массовой доли никеля в композите наблюдается значительное снижение температуры десорбции водорода. Это связано с каталитическим действием никеля, который ускоряет процесс разрыва связей Mg-H, улучшая кинетику десорбции. При низком содержании никеля (1–5 %) температура десорбции остается относительно высокой, но с увеличением содержания никеля до 10–25 % температура десорбции существенно снижается, достигая минимальных значений при содержании никеля 15–25 %.

Таким образом, никель играет ключевую роль в улучшении свойств гидрида магния как материала для хранения водорода, делая процесс выделения водорода более эффективным и энергетически менее затратным. Оптимальное содержание никеля в композите составляет 15–25 %, при котором достигается наилучшая каталитическая активность и минимальная температура десорбции. Эти результаты демонстрируют перспективность использования таких композитов в водородных накопителях энергии.

Заключение

Синтез композита в шаровой планетарной мельнице приводит к формированию структуры «ядро-оболочка», в которой оболочкой выступают наночастицы никеля, покрытые оксидно-гидроксидной пленкой, а в качестве ядра – частицы гидрида магния. Увеличение содержания, добавляемого ЭВПи с 1 до 25 масс. % приводит к смещению максимума выхода водорода из гидрида магния с 436 °С в сторону более низких температур.

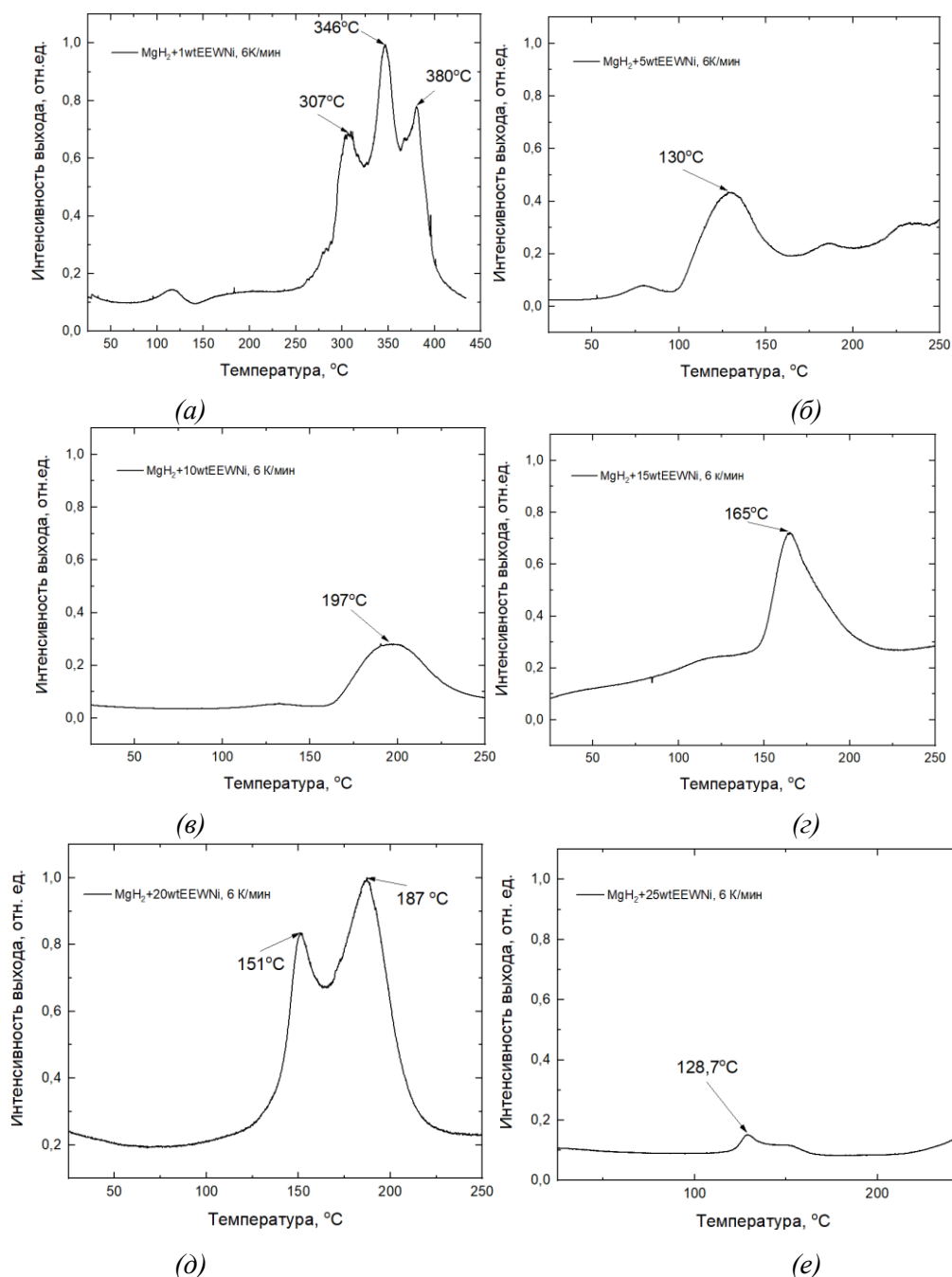


Рис. 2. Результаты термодесорбционного анализа порошка никеля и магния в композите и соответствующие им гистограммы: (а) – 1 масс. %; (б) – 5 масс. %; (в) – 10 масс. %; (г) – 15 масс. %; (д) – 20 масс. %; (е) – 25 масс. %

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственного задания «Наука» в рамках научного проекта № FSWW-2023-0005.

Список литературы

1. Kudiiarov V., Elman R., Kurdyumov N., Laptev R. The phase transitions behavior and defect structure evolution in magnesium hydride/single-walled carbon nanotubes composite at hydrogen sorption-desorption processes // Journal of Alloys and Compounds. – 2023. – 953.
2. Lyu J., Elman R., Svyatkin L., Kudiiarov V. Theoretical and experimental research of hydrogen storage properties of Mg and Mg-Al hydrides // Journal of Alloys and Compounds. – 2023. – 938.
3. Kudiiarov V.N., Kurdyumov N., Elman R.R., Svyatkin L.A., Terenteva D.V., Semyonov O. Microstructure and hydrogen storage properties of MgH₂/MIL-101(Cr) composite // Journal of Alloys and Compounds. – 2024. – 976.