

УДК 539.217.5

DOI: 10.17223/00213411/62/8/137

*Е.В. АБДУЛЬМЕНОВА<sup>1</sup>, С.Н. КУЛЬКОВ<sup>1,2,3</sup>***ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ ПОСЛЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ ПОРОШКОВОГО TiNi И ЕГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ВОДОРОДОМ \***

Изучено взаимодействие водорода с многофазной системой Ti–Ni вблизи эквиатомного состава после высокоэнергетической механической активации в планетарной шаровой мельнице с ускорением 60g. Установлено, что механическая активация приводит к немонотонному изменению среднего размера частиц вследствие разрушения и последующей их агломерации. Выявлено, что после 10 с механической активации начинают заметно меняться ширины рентгеновских линий всех фаз. Установлено, что в процессе гидрирования параметры кристаллических решёток фаз TiNi (аустенит) и TiNi<sub>3</sub> не меняются, в то время как параметр решётки фазы Ti<sub>2</sub>Ni увеличивается на 2.5 %, что даёт основание полагать, что основное взаимодействие в системе Ti–Ni вблизи эквиатомного состава происходит с фазой Ti<sub>2</sub>Ni. Выявлено, что гидрирование порошка многофазного TiNi после 30 с механической активации приводит к изменению параметра решётки Ti<sub>2</sub>Ni, который соответствует параметру гидрида Ti<sub>2</sub>NiH<sub>0.5</sub>, а после 300 с – Ti<sub>2</sub>NiH<sub>0.8</sub>. Установлено, что существует критическое время накопления дефектов при высокоэнергетической механической активации, при этом с увеличением времени гидрирования происходит разрушение оксидных слоев, облегчающее проникновение водорода в порошки.

**Ключевые слова:** порошковый никелид титана, механическая активация, электрохимическое гидрирование, водород, параметр решётки, фазовый состав.

**Введение**

Известно [1], что сплавы Ti–Ni являются перспективными материалами для систем накопления водорода. Сплав Ti–Ni, близкий к эквиатомному составу, представляет интерес с точки зрения взаимодействия водорода с разными фазами [2], поскольку эта система имеет сложный фазовый состав, состоящий из TiNi с объёмно-центрированной кубической (ОЦК) структурой (*B2*), Ti<sub>2</sub>Ni с гранецентрированной кубической (ГЦК) структурой (*E9<sub>3</sub>*) и TiNi<sub>3</sub> с гексагональной сингонией (*D0<sub>24</sub>*). При этом в температурной области ниже 250 °C в этой системе возможны (и существуют) термоупругие мартенситные превращения, характеристики которых зависят от соотношения никеля и титана и наличия других фаз.

Известно, что наличие дефектов способствует увеличению диффузии водорода в решетке [2–4], однако для литого состояния увеличить плотность дефектов достаточно проблематично, в то время как в порошковом состоянии это сделать достаточно легко, например методами высокоэнергетической механической активации, [5], а поверхность частиц проявляет высокую каталитическую активность для сорбции водорода [6]. С другой стороны, в [7], напротив, показано, что возникающая в процессе высокоэнергетической механической активации аморфизация и загрязнение, вызванные длительным помолотом, являются серьезными недостатками для эффективного хранения водорода. Кроме того, в процессе механической активации может происходить образование метастабильных фаз в частицах порошка [8], что может изменить химические свойства. Однако известно [9], что на мартенситные превращения влияют размер зерна, величины областей когерентного рассеяния (ОКР) и дефектность структуры. При этом в литературе отсутствуют данные о влиянии дефектности, вызванной одновременно как за счёт термоупругих превращений, так и за счёт дефектности, вызванной высокоэнергетической механической активацией. В связи с этим, исследование влияния механической активации на фазовый состав никелида титана, дефектности и взаимодействия с водородом представляется актуальной задачей.

Целью данной работы является выявление закономерностей влияния высокоэнергетической механической активации порошкового никелида титана на его фазовый состав и взаимодействие с водородом.

\* Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 гг., направление III.23.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала  
**«Известия высших учебных заведений. Физика»**  
осуществляется на платформе  
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU  
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>