

## ВЛИЯНИЕ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В TiNi НА НАСЫЩЕНИЕ ВОДОРОДОМ

*Е.В. АБДУЛЬМЕНОВА<sup>1</sup>, А.Б. БОЛЬШУНОВА<sup>1</sup>, О.Ю. ВАУЛИНА<sup>1</sup>, С.Н. КУЛЬКОВ<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет

<sup>2</sup>Институт Физики прочности и материаловедения СО РАН

E-mail: [eva5@tpu.ru](mailto:eva5@tpu.ru)

Сплавы TiNi широко используются в медицине, в химической промышленности, в технике благодаря их уникальным свойствам памяти формы, хорошей коррозионной стойкостью и высокой биосовместимостью изделий [1-2]. Известно, что TiNi имеет фазовый переход мартенситного типа, который обуславливает проявления эффекта памяти формы, сверхэластичности. С другой стороны, известно, что TiNi является системой, содержащей титан, который хорошо взаимодействует с водородом и влияет на характеристики превращений. Тем не менее, в литературе практически отсутствуют данные о взаимосвязи структурных превращений в никелиде титана и «поглощение-высвобождение» водорода. Такие данные принципиально необходимы для понимания механизмов взаимодействия водорода с металлическими сплавами, содержащими титан.

Цель настоящей работы – изучение влияния фазовых превращений в TiNi на насыщение водородом.

Изучен никелид титана марки ПН55Т45 производства АО «Полема» в виде порошка дисперсностью 22.5 мкм (sd=10 мкм), который насыщался водородом методом электролитического наводороживания в растворе LiOH, при этом варьировались его концентрация от 0.5 до 2 М и температура процесса от 0 до +100 °С. Изучена кристаллическая структура на дифрактометре с медным фильтрованным излучением; съёмка велась по точкам со статистикой, позволяющей получать дифрактограммы с точностью лучше 0.5 %. Микроструктура изучена на растровом электронном микроскопе (РЭМ) TESCAN VEGA 3SBH при ускоряющем напряжении 30 кВ. Количество поглощённого водорода контролировалось методами DTG – ДТА.

На рисунке 1 представлены изображения порошков, полученных на растровом электронном микроскопе исходного порошка и после отжига при 900 оС. Порошок никелида титана в исходном состоянии (состоянии поставки) неоднороден по размеру и по форме частиц. Встречаются как крупные, так и мелкие частицы. Некоторые частицы имеют дендритную и губчатую формы, так же присутствуют конгломераты из мелких частиц и отдельные порошинки с открытыми порами.

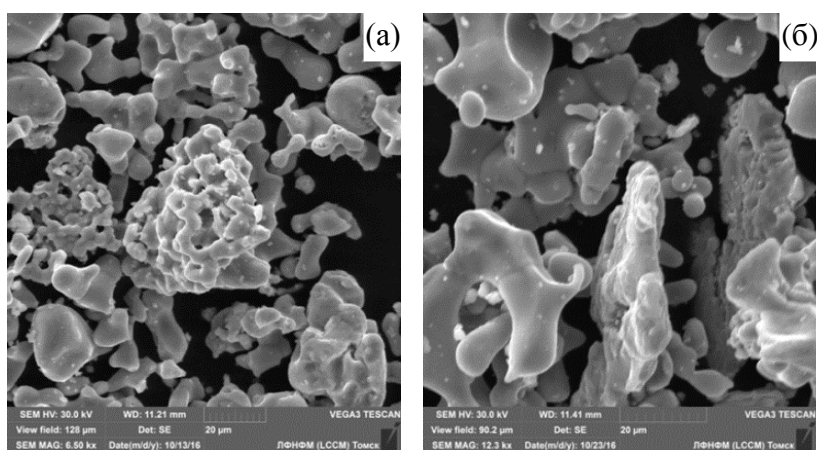


Рисунок 1 – РЭМ изображения TiNi: а – исходный, б – отожжённый порошок

После отжига наблюдается увеличение количества конгломератов в порошке, которые имеют округлую форму с чешуйчатой текстурой. При наводороживании структура порошка не изменилась.

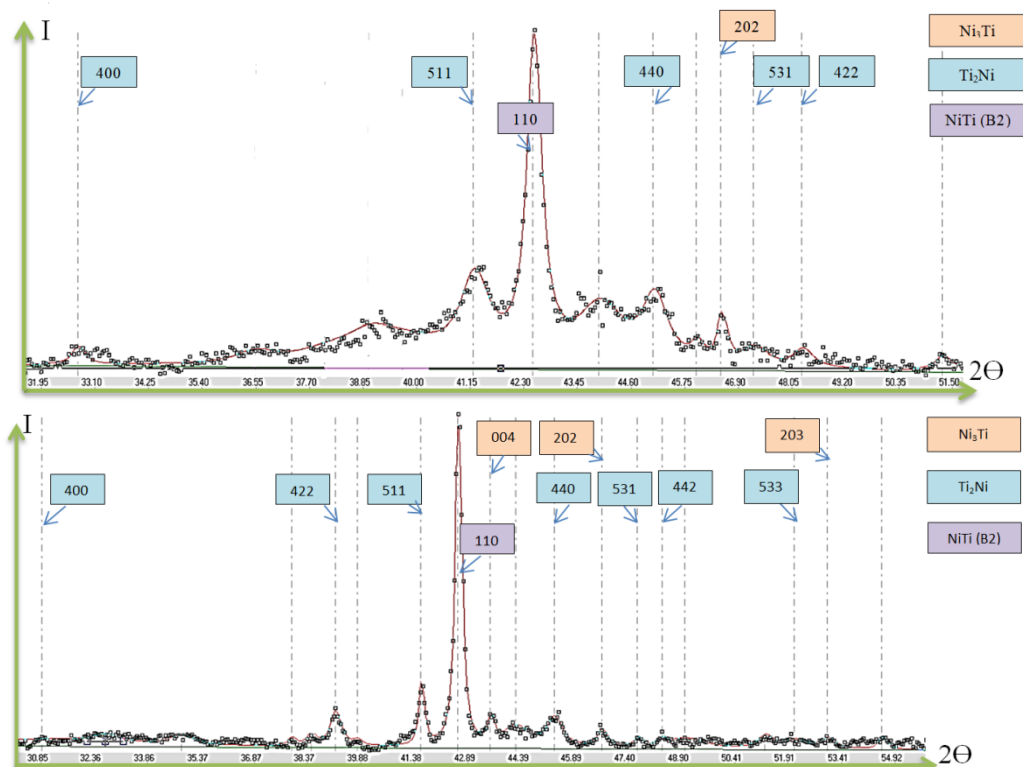


Рисунок 2 – Дифрактограммы TiNi: а – исходный, б – отожжённый порошок

На рисунке 2 представлены дифрактограммы исходного и отожжённого порошков. Расшифровка дифрактограмм показала, что в исходном порошке присутствуют фазы B2, Ti<sub>2</sub>Ni и Ni<sub>3</sub>Ti, кроме того, в исходном порошке явно присутствует рентгеноаморфная часть, что наряду с наличием соединений Ti<sub>2</sub>Ni и Ni<sub>3</sub>Ti свидетельствует о концентрационной неоднородности, которая практически исчезает после отжига. Гидриды при наводороживании не обнаружены.

Дифференциальный гравиметрический анализ (ДГА) показал, что общее количество поглощённого водорода не более 10<sup>-4</sup> %, при этом циклирование в изученной области температур (0 - 100 °С) увеличивает количество поглощённого водорода.

Таким образом, показано, что:

1. Морфология порошка после наводороживания не меняется.
2. В исходном порошке присутствуют фазы B2, Ti<sub>2</sub>Ni, Ni<sub>3</sub>Ti, что свидетельствует о его концентрационной неоднородности исчезающей при отжиге. После наводороживания гидриды не обнаружены.
3. При повышении температуры наводороживания количество поглощённого водорода увеличивается.

#### Список литературы

1. Бондарев А.Б., Хусаинов М.А., Петров Н.В. Влияние термообработки на структуру и функциональные свойства наноструктурированных сплавов TiNi // Вестник новгородского государственного университета. – №73. – Т.2. – 2013. с. 88 – 93
2. Baturin A, Lotkov A, Grishkov V, Rodionov I, Krukovskiy K. Hydrogen induced failure of TiNi based alloy with coarse-grained and ultrafine-grained structure // Procedia Structural Integrity. – №2. – 2016. – p. 1481-1488.