

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика.

Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»

6–10 сентября 2021 г.

Томск, Россия

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ГИДРИРОВАНИЕ ПОРОШКА Ni-Ti, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ МЕХАНОХИМИЧЕСКОГО ЛЕГИРОВАНИЯ

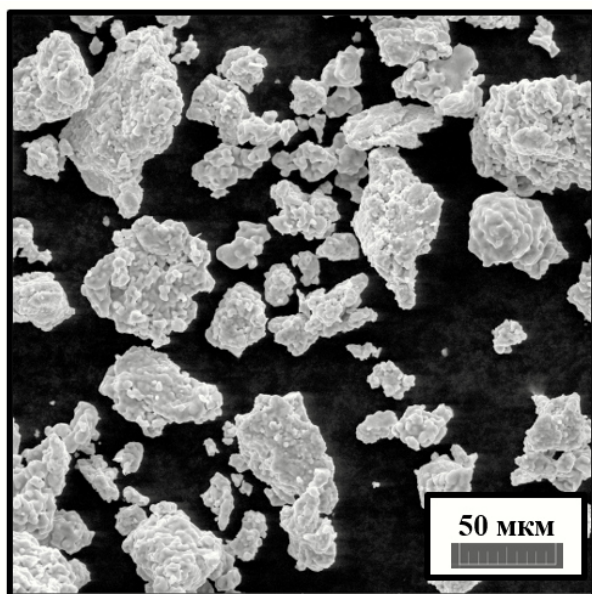
Абдульменова Е.В., Кульков С.Н.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск
Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск*

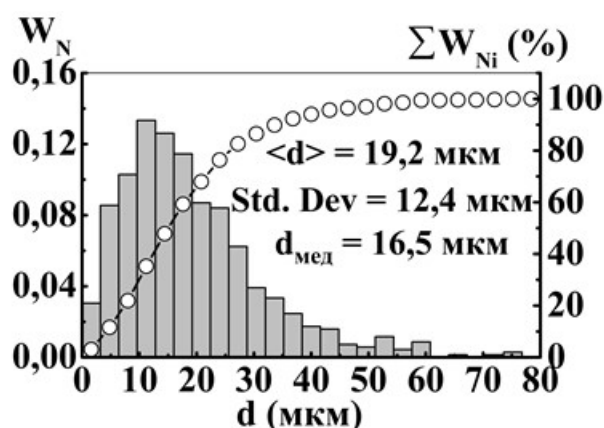
В [1,2] выявлено, что только фаза Ti_2Ni взаимодействует с водородом в смеси нескольких фаз таких как $TiNi$ (аустенит, мартенсит), Ti_2Ni , $TiNi_3$ обнаруженных в порошке вблизи эквиатомного состава. Известно, что на диаграмме состояния Ti-Ni [3,4] присутствует двухфазная область, состоящая из фаз $TiNi$ и Ti_2Ni , что позволяет варьировать содержание этих фаз в смеси и, следовательно, изучить взаимодействие водорода с этими фазами. Цель работы – исследовать взаимодействие водорода с двухфазным порошком никелида титана, полученным методом механохимического легирования.

Промышленные порошки никелида титана (ПН55Т45) и титана (ПТО-1) смешивались в планетарной шаровой мельнице АГО-2 в течение 300 секунд (при 60 г), содержание титана в смесях варьировалось от 0 до 25 % масс. Полученные порошковые смеси отжигали в вакуумной печи СНВЭ 1.3.1/16 при 1000 °С, выдержка составляла 30 минут. Насыщение водородом проводили электрохимическим методом [2], при этом плотность катодного тока составляла 55 мА/см², напряжение в ячейке составляло 4,0 В. Перед гидрирование, полученные смеси замачивались в этиловом спирте.

На рис. 1 представлено типичное СЭМ изображение (а) и распределение частиц по размерам (б) порошка после отжига с содержанием титана в исходной смеси 25 % масс. Средние размеры частиц порошков ПН55Т45 и ПТО-1 составляли 11,1 мкм (дисперсия по размеру 7,5 мкм) и 6,5 мкм (дисперсия по размеру 6,7 мкм) соответственно. Видно, что с увеличением содержания титана в исходной смеси после отжига средний размер увеличивается до 19,2 мкм, по-видимому, это связано как с агрегацией более мелких частиц титана при механическом смешивании в мельнице, так и с увеличением размера частиц после последующего отжига, так порошок ПН55Т45 после отжига имеет средний размер частиц 15,7 мкм (дисперсия по размеру 11,0 мкм), что больше по сравнению с исходным состоянием порока никелида титана.



а



б

Рис. 1. Типичное СЭМ изображение (а) и распределение частиц по размерам (б) порошка после отжига с содержанием титана в исходной смеси 25 % масс

Анализ фазового состава был проведён на дифрактометре с CuK_{α} излучением. На рис. 2

представлена типичная рентгенограмма, полученного порошка после отжига (чёрная кривая). Видно, что присутствуют отражения фазы Ti_2Ni и фазы $TiNi$, которая, согласно [3, 4] может существовать в трёх формах B2, B19', R при комнатной температуре. Для того, чтобы оценить относительное содержание фаз в полученных порошках, определялись интегральные интенсивности всех фаз в диапазоне углов от 15 до 100°, так при добавлении 15% масс. титана в исходную смесь, относительное содержание фазы Ti_2Ni составляет $79 \pm 5\%$, а относительное содержание фазы $TiNi$ составляет $29 \pm 5\%$, с увеличением содержания титана в смеси относительное содержание фазы Ti_2Ni несколько снижается. После гидрирования порошка состава $TiNi$ -15% масс. Ti в исходной смеси, на рентгенограммах можно отметить два интенсивных пика на углах при $32,1^\circ$ и $56,8^\circ$, принадлежащие кубической фазе гидрида Ti_2Ni с индексами отражения (400) и (711). Размер ОКР фазы Ti_2Ni с увеличением времени гидрирования увеличивается с 43 ± 10 нм до 62 ± 10 нм.

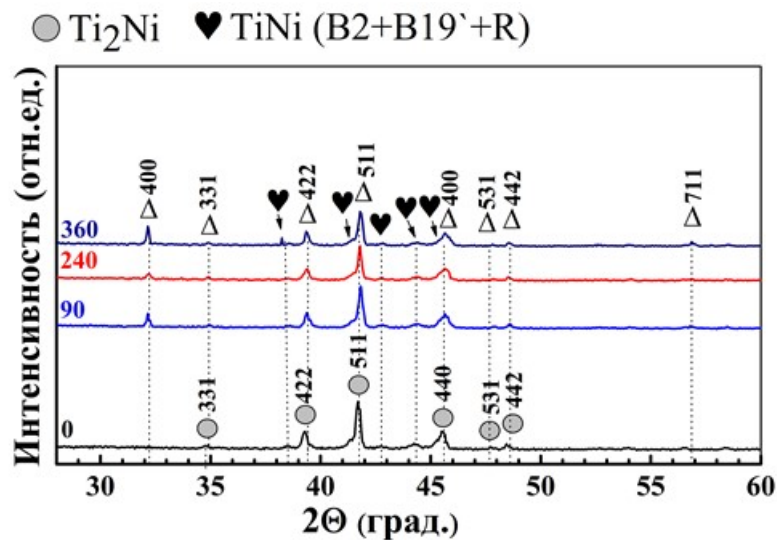


Рис. 2. Рентгенограммы, полученных порошков после отжига (а) и рентгенограммы порошка ($TiNi$ -15 % масс. Ti) после гидрирования в течение 0-360 минут (б)

Таким образом, показано, что максимальное относительно содержание фазы Ti_2Ni формируется при добавлении 15% масс. титана в исходную смесь. Показано, что гидрирование порошка состава $TiNi$ -15% масс. титана приводит к формированию кубической фазе гидрида на основе фазы Ti_2Ni .

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-38-90196 Аспиранты в части проведения механического легирования и в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, тема номер FWRW-2021-0005 в части проведения гидрирования.

1. Абдульменова Е.В., С.Н. Кульков. Закономерности изменения структуры после механической активации порошкового $TiNi$ и его взаимодействие с водородом // Известия высших учебных заведений. Физика. 2019. Т.62. №8. С. 137-142.
2. Abdulmenova E.V. Kulkov S.N. Mechanical high-energy treatment of $TiNi$ powder and phase changes after electrochemical hydrogenation // International journal of hydrogen energy. 2021. V. 46. P. 823-836.
3. Massalski T.B., Murray J.L., Bennett L.H., Baker H. Binary alloy phase diagrams // ASM International. 1990. V. 3. P. 2874 – 2876.
4. Otsuka K., Sawamura T., Shimizu K. Crystal structure and internal defects of equatomic $TiNi$ martensite // Physica Status Solidi. 1971. V. 5. P. 457-470.