

УДК 54.055: 621.762.01:66.094.25

ФОРМИРОВАНИЕ ФАЗЫ Ti_2Ni И ЕЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ВОДОРОДОМ

Е.В. Абдульменова

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. С.Н. Кульков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения РАН

Россия, г. Томск, пр. Академический, 2/4, 634055

E-mail: eva5@tpu.ru

FORMATION OF THE Ti_2Ni PHASE AND ITS INTERACTION WITH HYDROGEN

E.V. Abdulmenova

Scientific Supervisor: Prof., Dr. S.N. Kulkov

National Research Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

Institute of Strength Physics and Materials Science of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences

Russia, Tomsk, Academic str., 2/4, 634055

E-mail: eva5@tpu.ru

Abstract. *It has been studied a formation of the Ti_2Ni phase at adding titanium to a powder mixture and its interaction with hydrogen. The average size of the powder particles measured by SEM decreases from 15,7 μm to 11,5 μm (15 % mass. Ti in initial powder mixture). Mechanical alloying and annealing of powders lead to the formation of biphasic region consists of Ti_2Ni with a maximum relative content with the introduction of 16 % of the mass. titanium into the initial powder mixture. The CDD size of the Ti_2Ni phase increase from 43 to 62 ± 10 nm with increase hydrogenation time.*

Введение. В [1] обнаружено, что из всех фаз возможных в системе Ti-Ni вблизи эквипотомного состава в порошке только фаза Ti_2Ni активно взаимодействует с водородом. В соответствии с диаграммой состояний [2] в системе Ti-Ni есть двухфазная область, состоящая из Ti_2Ni и NiTi, что позволяет методом механохимической обработки порошков с последующим отжигом варьировать содержание этих фаз в смеси и, следовательно, изучать взаимодействие водорода с этой системой. При этом можно будет изучить степень активности фазы Ti_2Ni при варьировании содержания фаз TiNi и Ti_2Ni . Цель настоящей работы – исследовать формирование фазы Ti_2Ni и ее взаимодействие с водородом.

Материалы и методы исследования. Смеси промышленных порошков никелида титана марки ПН55Т45 и титана марки ПТО-1 (АО «Полема») в весовых концентрациях (до 25 % масс.) смешивались в планетарной шаровой мельнице «АГО-2» в течение 300 секунд. Скорость вращения барабана составляла 1820 об./мин, что обеспечило ускорение 60g. Механически активированные порошки отжигали в вакуумной печи СНВЭ 1.3.1/16 при 1000 °С с выдержкой 30 минут. Гидрирование проводили электрохимическим методом, описанным в [1] с предварительным замачиванием порошка в этиловом спирте. Распределение частиц по размерам определяли по снимкам с растрового микроскопа TESCAN VEGA 3SBH. Частицы порошков ПН55Т45 и ПТО-1 в исходном состоянии имеют гладкие поверхности

со средним размером частиц 11,1 мкм (дисперсия по размеру составляет 7,5 мкм) и 6,5 мкм (дисперсия по размеру составляет 6,7 мкм) соответственно. Анализ фазового состава и параметров кристаллической структуры порошка проводили на дифрактометре с $\text{Cu-K}\alpha$ излучением. Параметры кристаллической решётки определяли вручную по трём наиболее интенсивным пикам. Область когерентного рассеяния (ОКР) рассчитывали по уравнению Шеррера.

Результаты и их обсуждение. Средний размер частицы порошка после механической обработки с последующим отжигом изменяется от 15,7 мкм, дисперсия по размеру составляет 11,0 мкм, до 19,2 мкм, дисперсия по размеру составляет 16,5 мкм (25 % масс. Ti в исходной смеси). На рис. 1, а показано типичное распределение частиц по размерам, полученного порошка (15 % масс. Ti в исходной смеси), как видно средний размер составляет 11,5 мкм, а дисперсия по размеру 6,8 мкм. На рисунке 1б представлены рентгенограммы, полученных порошков после отжига. Видно, что на рентгенограмме исходного порошка никелида титана после отжига присутствуют дифракционные отражения фазы Ti_2Ni и фазы TiNi в разных формах [3]. С увеличением содержания титана в исходной порошковой смеси, интегральная интенсивность дифракционных отражений фазы Ti_2Ni начинает возрастать.

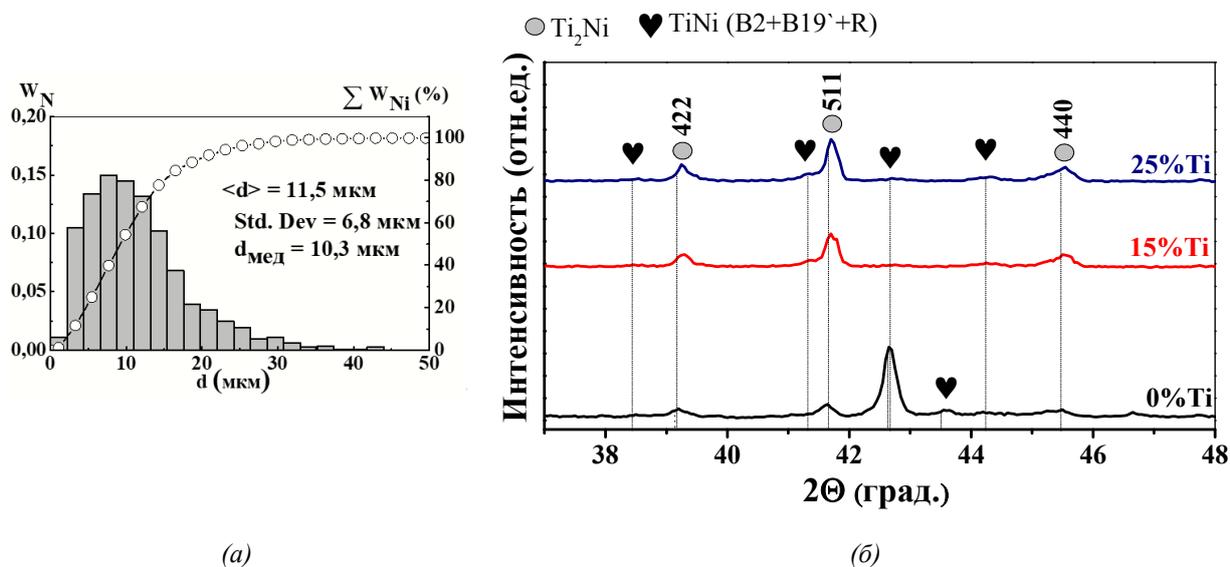


Рис. 1. Распределение частиц по размерам, полученного порошка (15 % масс. Ti в исходной смеси) (а) и рентгенограммы, полученных порошков (б) после отжига

На рис. 2, а показана зависимость отношения интегральных интенсивностей фаз Ti_2Ni к TiNi (B2+B19'+R) от содержания введенного титана в исходную порошковую смесь. Из рисунка видно, что пересечение аппроксимирующих прямых, соответствует составу, при котором относительное содержание фазы Ti_2Ni максимально. Соответственно порошок, полученный после отжига из смеси состав TiNi –15 % масс. Ti был выбран для дальнейшего гидрирования.

На рис. 2, б представлены рентгенограммы после гидрирования при разном времени. Видно, что на дифракционных картинах, полученных от порошков после гидрирования, появляются два интенсивных пика на углах при $32,1^\circ$ и $56,8^\circ$, которые принадлежат кубической фазе гидроксида Ti_2Ni с индексами отражения (400) и (711). Межплоскостное расстояние фазы Ti_2Ni рассчитанное для самого интенсивного дифракционного отражения с индексом плоскости (511) до гидрирования составляет

2,1653 Å, что несколько меньше, чем в [4], где межплоскостное расстояние составляет 2,1710 Å. Размер ОКР фазы Ti_2Ni с увеличением времени гидрирования увеличивается с 43 ± 10 нм до 62 ± 10 нм.

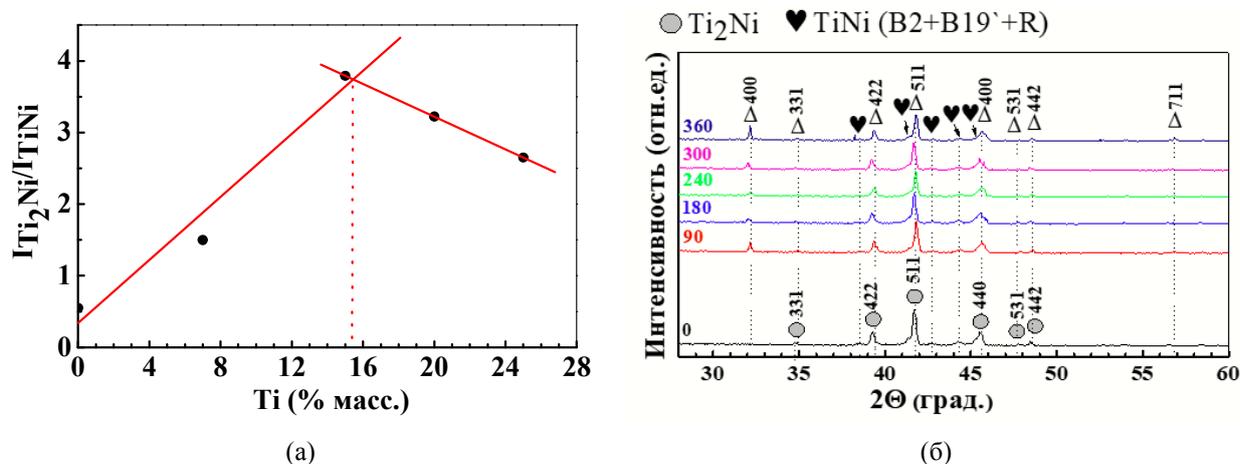


Рис. 2. Зависимость отношения интегральных интенсивностей фаз Ti_2Ni к $TiNi$ ($B2+B19'+R$) от содержания, введённого в титана в исходную порошковую смесь (а) и рентгенограммы порошков после гидрирования в течение 0-360 минут (б)

Закключение. Таким образом, показано, что механохимическая обработка смесей порошков с последующим отжигом приводит к формированию фазы Ti_2Ni с максимальным относительным содержанием при введении 15,3 % масс. титана в исходную порошковую смесь. Установлено, что после гидрирования появляются интенсивные пики, которые принадлежат кубической фазе гидроксида Ti_2NiH_x .

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-38-90196 Аспиранты и в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, тема номер FWRW-2021-000.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. Massalski T.B., Murray J.L. et al. Binary Alloy Phase Diagrams // ASM International. – 1990. – V. 3. – P. 2874–2876.
3. Yurko G.A., Barton J.W. et al. The crystal structure of Ti_2Ni // Acta Crystallographica. – 1959. – V. 12. – P. 909-911.
4. Otsuka K., Sawamura T., Shimizu K. Crystal structure and internal defects of equatomic $TiNi$ martensite // Phys. Stat. Sol. – 1971. – V. 5. – P. 457-470.