

УДК 54.055: 621.762.01

ВЛИЯНИЕ ГИДРИРОВАНИЯ НА ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ПОРОШКА НИКЕЛИДА ТИТАНА

Е.В. Абдульменова

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

Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения РАН

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

E-mail: eva5@tpu.ru

EFFECT OF HYDROGEN ON TITANIUM NICKELIDE POWDER GRINDING

E.V. Abdulmenova

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

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 the effect of hydrogen on titanium nickelide powder grinding. The average size of the powder particles measured by SEM decreases from 11,1 μm to 6,7 μm at mechanical treatment with preliminary hydrogenation. The lattice parameter only of the Ti_2Ni phase increase after hydrogenation from $1,1333 \pm 5 \cdot 10^{-4} \text{ nm}$ to $1,1405 \pm 5 \cdot 10^{-4} \text{ nm}$, that there is close of the $\text{Ti}_2\text{NiH}_{0,5}$ phase. The CDD size of the TiNi phase don't change and is $25 \pm 5 \text{ nm}$.*

Введение. Никелид титана широко используется в разных областях промышленности благодаря своим уникальным свойствам: эффект памяти формы, хорошая коррозионная стойкость и пр. [1]. Известно [2], что повысить физико-механические свойства материалов позволяет использование нанокристаллических материалов. Уменьшить размер частиц порошка можно с помощью высокоинтенсивной механической обработки, в результате которой возможны аморфизация материала и формирование наноструктур, однако также возможно и загрязнение порошков, их окисление, агрегация частиц и др. [3]. С другой стороны, известно, что гидриды металлов являются достаточно хрупкими [4], что может препятствовать процессу агрегации мелких частиц в процессе измельчения при высокоинтенсивной обработке. Таким образом цель работы – изучить роль предварительного гидрирования при измельчении порошка никелида титана.

Материалы и методы исследования. Предварительное гидрирование промышленного порошка никелида титана марки ПН55Т45 проводили электрохимическим методом, описанным в [5] в течение 180 минут с предварительным замачиванием порошка в этиловом спирте. Механическую обработку порошка проводили в планетарной шаровой мельнице «АГО-2» в течение 15 секунд. Скорость вращения барабана составляла 1820 об./мин, что обеспечило ускорение 60g. Исследование распределения частиц по размерам выполняли методами сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) (TESCAN VEGA 3SBH). Частицы порошка никелида титана в исходном состоянии имеют гладкие поверхности со средним размером частиц 11,1 мкм (дисперсия по размеру составляет 7,5 мкм). Анализ фазового состава и параметров кристаллической структуры порошка проводился методом дифракции рентгеновских лучей

на дифрактометре с Cu-K_α излучением. Параметры кристаллической решётки определяли с использованием программы для рентгеноструктурных расчётов RTP. Область когерентного рассеяния (ОКР) рассчитывали по уравнению Шеррера. Точность рассчитанных областей когерентного рассеяния и параметров решётки составляет 5 нм и $5 \cdot 10^{-4}$ нм, соответственно.

Результаты и их обсуждение. На рис. 1 показаны гистограммы распределения частиц порошка по размерам. Видно, что после механической обработки (рис. 1, а) средний размер составляет 10,9 мкм, дисперсия по размеру составляет 10,9 мкм. Средний размер частиц порошка после механической обработки с предварительным гидрированием значительно уменьшился и составляет 6,7 мкм, дисперсия по размеру составляет 7,7 мкм, при этом видно, что доля мелких частиц увеличилась, а количество агрегатов уменьшилось (рис. 1, б).

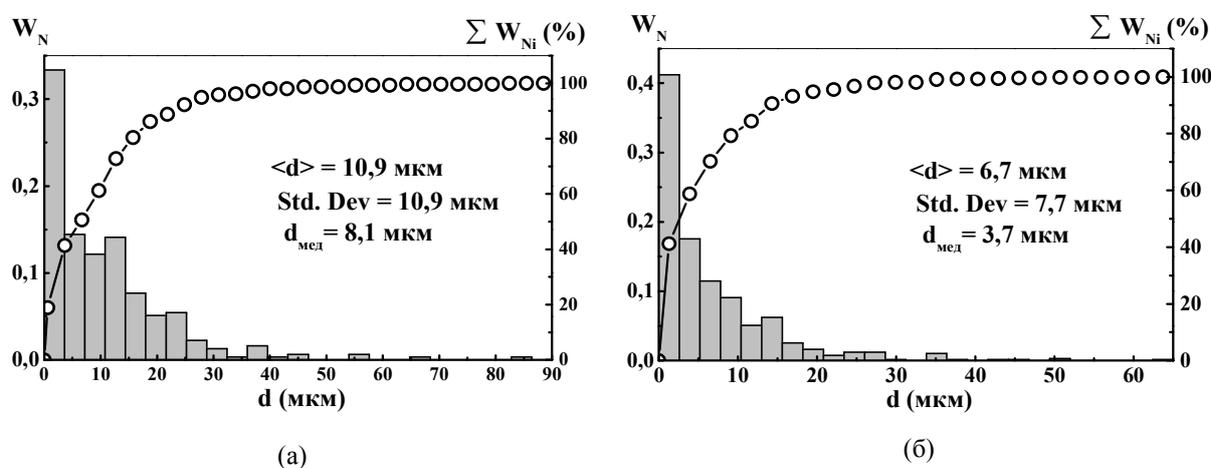


Рис. 1. Гистограммы распределения частиц по размерам порошков после механической обработки (а) и после механической обработкой с предварительным гидрированием порошка (б)

На рис. 2 представлены рентгенограммы порошков. Видно, что на рентгенограмме исходного порошка (№1) преобладают дифракционные отражения аустенитной фазы TiNi , так же, имеются дифракционные отражения, принадлежащие Ti_2Ni , Ni_3Ti и следы мартенситной фазы TiNi . После механической обработки (МО) фазовый состав не изменился, при этом видно, что полуширины линий увеличились не значительно, не более, чем на 19%. На дифракционной картине, полученной от МО порошков с предварительным гидрированием, присутствуют два интенсивных пика на углах $32,1^\circ$ и $45,8^\circ$, которые принадлежат кубической фазе гидроксида с индексами отражения (400) и (531). В порошках №2 и №3 угловые положения линий различных фаз смещаются. Так в порошке после МО (№2) параметр решётки кубической фазы TiNi увеличился с 0,30074 до 0,30090 нм, а параметр решётки кубической фазы Ti_2Ni уменьшился с 1,1333 до 1,1313 нм. В порошке после МО с предварительным гидрированием (№3) параметр решётки кубической фазы TiNi уменьшился и составляет 0,29990 нм, а параметр решётки кубической фазы Ti_2Ni значительно увеличился и составляет 1,1405 нм. По-видимому, значительное увеличение параметра решётки фазы Ti_2Ni в образце №3 связано с формированием гидроксида на основе фазы Ti_2Ni , поскольку рассчитанный параметр решётки близок к параметру решётки гидроксида со стехиометрией $\text{Ti}_2\text{NiH}_{0,5}$, значение которого составляет 1,1500 нм (ICDD PDF2 270346). Размер ОКР фазы TiNi во всех порошках не изменился составляет 25 ± 5 нм.

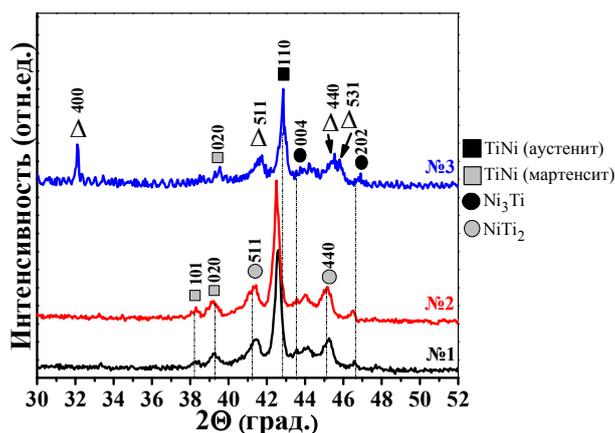


Рис. 2. Рентгенограммы порошков: №1 – исходное состояние, №2 – после механической обработки, №3 – после механической обработки с предварительным гидрированием

Заключение. Показано, что предварительное гидрирование перед механической обработкой позволяет уменьшить средний размер частиц порошка никелида титана на 40 %, в то время как при обычной механической обработке средний размер уменьшается на 2 %. Установлено, что после предварительного гидрирования изменяется значительно параметр решётки только кубической фазы Ti_2Ni , что указывает на формирование гидроксида на основе фазы Ti_2Ni .

Результаты получены при выполнении комплексного проекта «Создание высокотехнологичного импортозамещающего производства полного цикла металлорежущих сложно-профильных многогранных твердосплавных пластин для приоритетных отраслей промышленности» (соглашение о предоставлении субсидии от 27.11.2019 № 075-11-2019-036), реализуемого ИФПМ СО РАН при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках постановления Правительства РФ от 09.04.2010 № 218.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Otsuka K., Ren X. Physical metallurgy of Ti–Ni-based shape memory alloys // Progress in Materials Science. – 2005. – V. 50(5). – P. 511-678.
2. El-Eskandarany M.S. Structure and properties of nanocrystalline TiC full-density bulk alloy consolidated from mechanically reacted powders // Journal of Alloys and Compounds – 2000. – V. 305. – P. 225-238.
3. Nobuki T., Crivello J-C. et al. Fast synthesis of TiNi by mechanical alloying and its hydrogenation properties // International journal of hydrogen energy. – 2019. – V. 44. – P. 10770-10776.
4. Kumar A., Shashikala K. et al. Effect of cycling on hydrogen storage properties of Ti_2CrV alloy // International journal of hydrogen energy. – 2012. – V. 37. – P. 3677-3682.
5. 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.