

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика.

Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»

6–10 сентября 2021 г.

Томск, Россия

ВЛИЯНИЕ ВОДОРОДА НА ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ПОРОШКА НИКЕЛИДА ТИТАНА

Абдульменова Е.В., Кульков С.Н.

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

Пластичные материалы, в частности никелид титана, способные пластически деформироваться [1], получают методами порошковой металлургии, однако для реализации высоких физико-механических свойств необходимо использовать мелкодисперсные порошки [2]. Получить такие порошки можно разными методами, например, высокоинтенсивной механической обработкой, однако, несмотря на свою простоту и эффективность, в процессе длительной обработки возможно загрязнение порошков, их окисление и агрегация мелких частиц [3]. С другой стороны известно, что водород приводит к охрупчиванию [4], к тому же при нагреве при выделении водорода может происходить очистка порошка, в связи с этим предварительное гидрирование может способствовать более эффективному измельчению. Таким образом, цель работы – изучить влияние водорода на измельчение порошка никелида титана.

В работе исследовался промышленный порошок никелида титана (ПН55Т45). Механическую обработку порошка проводили в планетарной шаровой мельнице «АГО-2» в течение 100 секунд. Скорость вращения барабана составляла 1820 об./мин, что обеспечило ускорение 60g. Гидрирование порошка проводили электрохимическим методом, описанным в [5] от 90 до 180 минут с предварительным замачиванием порошка в этиловом спирте.

На рис. 1 представлены изображения порошков, полученные с растрового электронного микроскопа. Частицы порошка никелида титана в исходном состоянии имеют гладкие поверхности со средним размером частиц 11,1 мкм (дисперсия по размеру составляет 7,5 мкм). Средний размер частиц после механической обработки уменьшился до 10,9 мкм (дисперсия по размеру составляет 10,9 мкм) (рис. 1а). Механическая обработка гидрированного порошка в течение 180 минут привела к уменьшению среднего размера частиц до 6,7 мкм (дисперсия по размерам составляет 7,7 мкм), при этом из рис. 1б видно, как количество частиц мелкой фракции возросло, в то время как количество агломератов и их размер уменьшился, по сравнению с обычным измельчением.

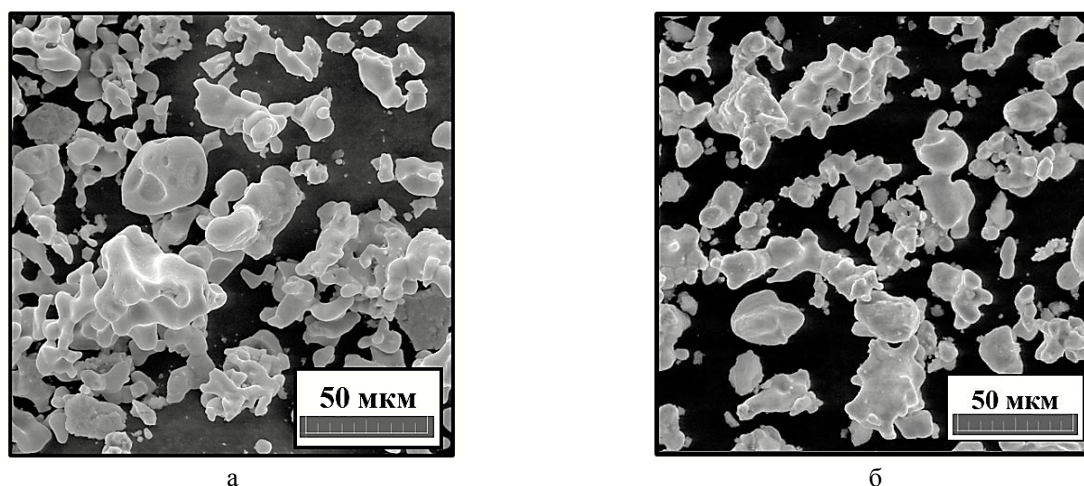


Рис. 1. Гистограммы распределения частиц по размерам порошка никелида титана (а) и гидрированного порошка никелида титана (б) после механической обработки

Анализ фазового состава был проведён на дифрактометре с CuK_α излучением, рентгенограммы, порошков представлены на рис. 2. Видно, что на всех рентгенограммах присутствуют дифракционные отражения фаз TiNi (аустенит), Ti_2Ni и Ni_3Ti и следы мартенситной фазы TiNi . На рентгенограмме порошка после механической обработки (МО) фазовый состав не изменился, при этом видно, что полуширины линий увеличились не

значительно, не более, чем на 19 %. На рентгенограммах порошков после МО с предварительным гидрированием (№2 и №3), 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 исходном порошке и после МО параметры решёток всех фаз в пределах ошибки не изменяются и соответствуют литературе. В порошке после МО с предварительным гидрированием (№ 2 и 3) значительно изменяется только параметр решётки фазы Ti_2Ni , а именно с увеличением времени гидрирования параметр решётки возрастает до 1,1457 нм. По-видимому, это связано с формированием гидроксида на основе фазы Ti_2Ni , поскольку рассчитанный параметр решётки близок к параметру решётки гидроксида со стехиометрией $Ti_2NiH_{0,5}$, значение которого составляет 1,1500 нм (ICDD PDF2 270346).

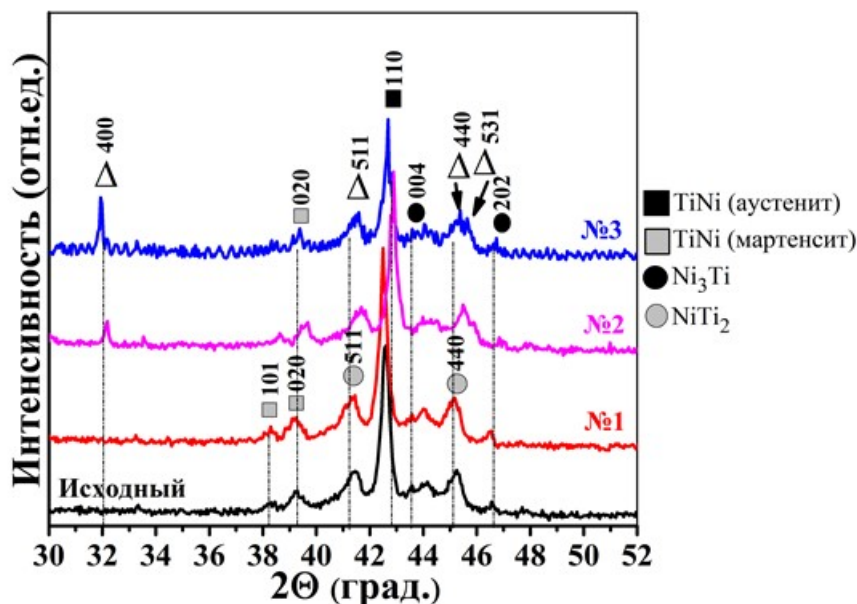


Рис. 2. Рентгенограммы порошков: в исходном состоянии, №1 – после механической обработки, № 2, 3 – после механической обработки с предварительным гидрированием 90 и 180 минут, соответственно

Таким образом, показано, механическая обработка гидрированного порошка позволяет уменьшить средний размер частиц почти в два раза, в то время как при обычной механической обработке средний размер почти не меняется.

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.

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., Cuevas F. Fast synthesis of TiNi by mechanical alloying and its hydrogenation properties // International journal of hydrogen energy. 2019. V. 44. P. 10770-10776.
4. Yokoyama K., Kaneko K. et al. Hydrogen embrittlement of work-hardened Ni-Ti alloy in fluoride solutions // Biomaterials. 2005. V. 26. P. 101-108.
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.