

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика.

Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»

6–10 сентября 2021 г.

Томск, Россия

МЕХАНОХИМИЧЕСКОЕ ЛЕГИРОВАНИЕ ПОРОШКОВОЙ СМЕСИ ТИТАН - НИКЕЛИДА ТИТАНА И ИЗМЕНЕНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА

^{1,2}Абдульменова Е.В., ²Поповичев К.Е., ^{1,2}Кульков С.Н.

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск

²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

Согласно диаграмме состояния [1] системы Ti-Ni, существует двухфазная область в диапазоне содержания никеля ~ 38-56 % масс., которая состоит из Ti₂Ni и TiNi, поэтому методом механохимического легирования порошка никелида титана вблизи эквиатомного состава титаном с последующим отжигом возможно варьировать содержание этих фаз. Цель работы – исследовать структуру и фазовый состав порошка никелида титана после механохимического легирования титаном.

Механохимическое легирование промышленного порошка никелида титана вблизи эквиатомного состава (ПН55Т45) промышленным порошком титана (ПТО-1) проводили в планетарной шаровой мельнице АГО-2 в течение 300 секунд (при 60 г). Отжиг полученных смесей проводили в вакуумной печи СНВЭ 1.3.1/16 при 1000 °С, выдержка составляла 30 минут.

Распределения частиц по размерам было построено на основе обработки изображений, полученных на растровом микроскопе, результат представлен на рис. 1. Средние размеры частиц исходных 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. Из рис. 1а видно, что при добавлении 7 % масс. титана в исходную смесь, средний размер составляет 9,6 мкм (дисперсия по размеру 8,2 мкм), по-видимому, вследствие разрушения агломератов в процессе механической обработки и маленького размера частиц титана. С увеличением содержания титана в исходной смеси (рис. 1б), после отжига средний размер увеличивается до 19,2 мкм, вероятно, это связано как с агрегацией более мелких частиц титана в процессе механической обработки, 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.

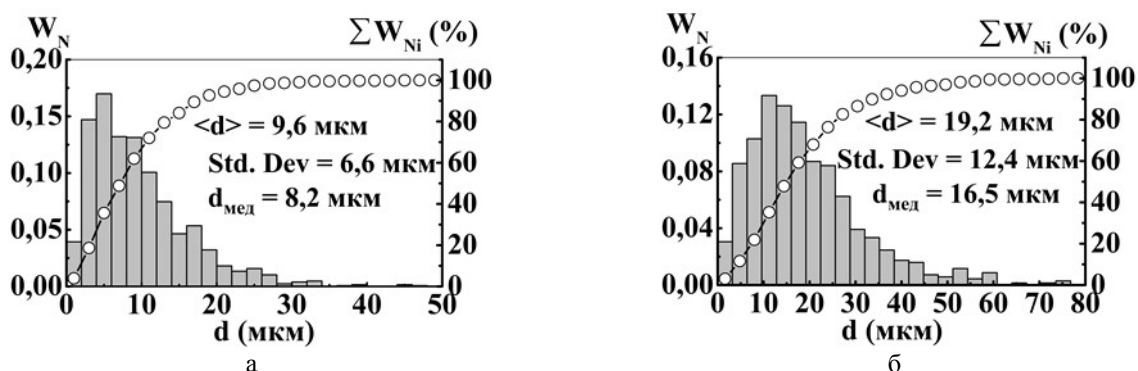


Рис. 1. Распределения частиц по размерам, полученных порошков после отжига: 7 (а) и 25 % масс (б) титана в исходной смеси

Анализ фазового состава был проведён на дифрактометре с CuK_α излучением, типичная рентгенограмма, полученного порошка после отжига, представлена на рис. 2. Видно, что присутствуют дифракционные отражения фазы Ti₂Ni и фазы TiNi, которая при комнатной температуре может существовать в трёх формах B2, B19', R согласно [1,2]. При этом, параметр решётки фазы Ti₂Ni с увеличением содержания введенного титана в исходную смесь уменьшается с $1,1294 \pm 5 \cdot 10^{-4}$ нм до $1,1251 \pm 5 \cdot 10^{-4}$ нм, что несколько меньше чем в [3]. Для того, чтобы оценить относительное содержание этих фаз, определялись интегральные интенсивности всех фаз в диапазоне углов от 15 до 100 ° и строилась зависимость отношения интегральных интенсивностей фаз Ti₂Ni к TiNi (B2+B19'+R) от содержания введенного в

исходную смесь титана. Из зависимости видно, что пересечение аппроксимирующих прямых при содержании титана 15,3 % масс., соответствует составу с максимальным содержанием фазы Ti_2Ni . Согласно диаграмме состояния системы Ti-Ni [4] при оценке содержания фаз в полученных порошках по правилу «отрезков» обнаружено, что при добавлении 25 % масс. титана к порошку никелида титана вблизи эквиатомного состава при отжиге формируется фаза Ti_2Ni с относительным содержанием 71 % и фаза $TiNi$ (B2+B19'+R) с относительным содержанием 29 %, в то время как при добавлении 7 % масс. титана к порошку никелида титана формируется фаза Ti_2Ni с относительным содержанием 23 % и фаза $TiNi$ (B2+B19'+R) с относительным содержанием 79 %. По-видимому, такое расхождение может быть связано с градиентной структурой частиц порошков после механического легирования, когда на поверхности частиц присутствует фаза Ti_2Ni , а внутри частиц фаза $TiNi$ (B2, B19', R). Размер ОКР фазы Ti_2Ni с увеличением титана не изменяется и составляет 53 ± 10 нм.

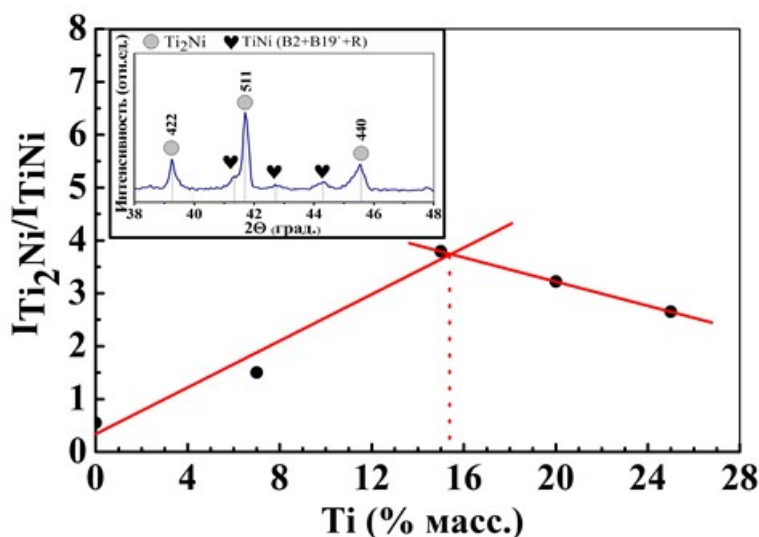


Рис. 2. Зависимость отношения интегральных интенсивностей фаз $TiNi$ (B2+B19'+R) к Ti_2Ni от содержания титана в исходных смесях после отжига и типичная рентгенограмма, полученная порошка после отжига состава $TiNi$ -25 % масс

Таким образом, показано, что методом механохимического легирования с последующим отжигом получены порошки с разным содержанием фазы Ti_2Ni . Максимальное содержание фазы Ti_2Ni формируется при добавлении 15 % масс. титана к порошку никелида титана.

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 исследований размера частиц и рентгенофазового/рентгеноструктурного анализа.

1. Massalski T.B., Murray J.L., Bennett L.H., Baker H. Binary alloy phase diagrams // ASM International. 1990. V. 3. P. 2874 – 2876.
2. Otsuka K., Sawamura T., Shimizu K. Crystal structure and internal defects of equiatomic $TiNi$ martensite // Physica Status Solidi. 1971. V. 5. P. 457-470.
3. 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.
4. Yurko G.A., Barton J.W., Parr J.G. The crystal structure of Ti_2Ni // Acta Crystallographica. 1959. V. 12. P. 909-911.