

**ПОЛУЧЕНИЕ ТИТАНОВОГО ПОРОШКА ДЛЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
ПОСРЕДСТВОМ ГИДРИРОВАНИЯ**

Д. Т. Завазиева

Научный руководитель: ассистент кафедры общей физики М. С. Сыртанов
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail: zavazievadarina@mail.ru

**OBTAINING OF THE TITANIUM POWDER FOR ADDITIVE TECHNOLOGIES BY
HYDROGENATION**

D. T. Zavazieva

Scientific Supervisor: teaching assistant of General Physics department M. S. Syrtanov

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

E-mail: zavazievadarina@mail.ru

***Abstract.** In this paper was presented the method for obtaining of titanium powder, which is used in additive technologies widely. The proposed method consists in the hydrogen embrittlement of the metal and its subsequent grinding. The described method characterized by economy, technological simplicity and security.*

Сегодня все большее число предприятий в различных отраслях промышленности обращаются к аддитивным технологиям [1]. Наиболее перспективно применение металлических материалов, в том числе порошков на основе сплавов титана. Существующие методы получения металлопорошков на фоне своих достоинств обладают рядом недостатков [2]. В этой связи исследовательские работы в области порошковой металлургии набирают актуальность. В данной работе предложен метод получения титанового порошка посредством гидрирования.

Приборы, материалы, методы исследования. Для исследования были подготовлены плоские образцы технически чистого титана ВТ1-0. Образцы подверглись механической шлифовке для удаления поверхностных загрязнений и нанесению никелевого покрытия для достижения высокой скорости сорбции водорода [3]. Нанесение никелевых покрытий осуществлялось методом магнетронного распыления на вакуумной установке «Радуга-спектр» в течение 10 минут.

Гидрирование образцов производилось из газовой среды на установке Gas Reaction Controller LP в различных режимах, представленных в таблице 1.

Таблица 1

Параметры гидрирования образцов технически чистого титана ВТ1-0

Серия образцов	Температура, °С	Давление, атм.	Концентрация, масс. %
Серия из 3 образцов	600	6	3,08
Серия из 2 образцов	550	2	3,80
1 образец	600	2	3,14
1 образец	500	2	1,93

Охрупченный металл был подвергнут размолу в шаровой мельнице планетарного типа. Рентгеноструктурный анализ полученного таким образом порошкообразного материала был

осуществлен на дифрактометре Shimadzu XRD-7000S. Для оценки размера фракций порошка была проведена растровая электронная микроскопия. Концентрация водорода в порошке измерялась на анализаторе RHEN602 фирмы LECO.

Дегидрирование производилось путем ступенчатого отжига порошка, параметры которого приведены в таблице 2.

Таблица 2

Этапы и параметры дегидрирования порошка титана

Цикл	Температура, °С	Скорость нагрева, °С/мин.	Время нагрева, мин.
1	470	6	60
2	570	6	50
3	670	6	120

После каждого цикла дегидрирования проводились РСА, измерение концентрации водорода и растровая электронная микроскопия.

Результаты и их обсуждение. На рисунках 1а, 1б и 1в представлены результаты растровой электронной микроскопии, которые показали разброс в значениях размера фракций от 1 до 100 мкм. Встречаются единичные крупные агломераты размером более 100 мкм. После отжига размер фракций сохраняется, наблюдается склонность мелких частиц к коагуляции.

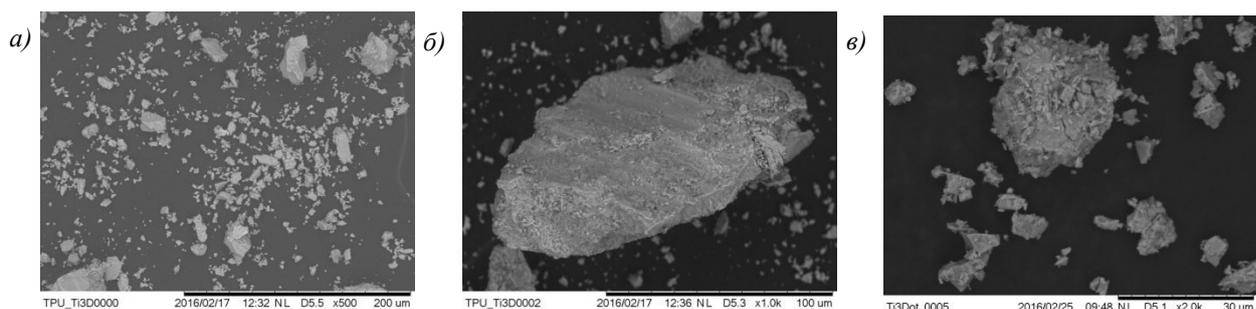


Рис. 1. Результаты растровой электронной микроскопии (а и б после размолла, в после второй ступени отжига)

На рисунке 2 представлены результаты рентгеноструктурного анализа на каждом из этапов получения порошка. РСА показывает, что в гидрированном материале наблюдаются две кубические фазы гидроксида титана. После проведения первого цикла дегидрирования на дифрактограмме в количестве 11 объем. % появляется фаза металлического титана. После проведения второго цикла количество металлической фазы увеличивается до 66 объем. %, что свидетельствует об интенсивном выходе водорода с увеличением температуры отжига. В таблице 3 представлены результаты анализа концентрации водорода на каждом этапе работы.

Таблица 3

Результаты измерения концентрации водорода на анализаторе RHEN 602

Состояние порошка на момент анализа	Концентрация, масс. %
Размол в мельнице	3,2788
Первый цикл дегидрирования	2,1365
Второй цикл дегидрирования	1,3302
Третий цикл дегидрирования	0,0371

Из таблицы видно, что ступенчатая схема отжига позволяет постепенно удалять водород из исследуемого материала.

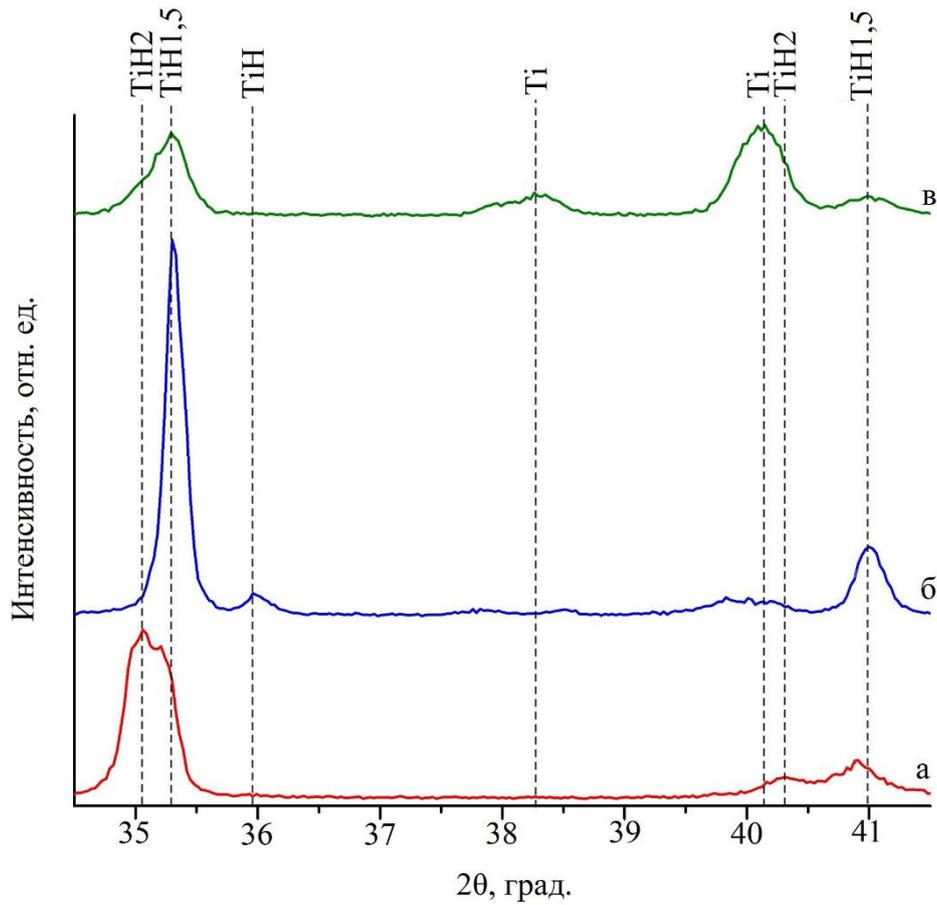


Рис. 2. Результаты рентгеноструктурного анализа. (а - исходный порошок, б - после первой ступени отжига, в - после второй ступени отжига)

Выводы. В результате проделанной работы разработана методика получения титанового порошка в результате гидрирования. Предложенные параметры гидрирования позволяют получать порошок дисперсностью микронного порядка. Проведение ступенчатого отжига позволяет постепенно удалять водород из металлического порошка. Для целей аддитивных технологий требуется материал с частицами правильной сферической формы и дисперсностью от 20 до 120 мкм. Проблемы сфероидизации и выделения необходимого диапазона фракций требуют дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Berman B. 3-D printing: The new industrial revolution //Business horizons. – 2012. – Т. 55. – №. 2. – С. 155-162.
2. Довбыш В. М., Забеднов П. В., Зленко М. А. Аддитивные технологии и изделия из металла //Библиотека литейщика. – 2014. – №. 9. – С. 14-71.
3. Bibienne T. et al. Synthesis, characterization and hydrogen sorption properties of a Body Centered Cubic 42Ti–21V–37Cr alloy doped with Zr 7 Ni 10 //Journal of Alloys and Compounds. – 2015. – Т. 620. – С. 101-108.