

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ОКИСЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНЫХ ПОРОШКОВ ТАНТАЛА
ПРИ НАГРЕВАНИИ В ВОЗДУХЕ**

М.Н. Власюк, А.В. Пустовалов

Научный руководитель: профессор, д.х.н. А.В. Коршунов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

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

Е-mail: pustovalov@tpu.ru

**REGULARITIES OF THE OXIDATION OF TANTALUM POWDERS PRODUCED USING THE
WIRE ELECTRIC EXPLOSION**

M.N. Vlasyuk, A.V. Pustovalov

Scientific Supervisor: Prof., DrSc A.V. Korshunov

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

Е-mail: pustovalov@tpu.ru

***Abstract.** Dispersivity of Ta-powders produced using the wire electric explosion is considered. It is shown that the powder sample consists of two size fractions of micron- and nanometer-scale particles. Using differential thermal analysis the regularities of the obtained powders oxidation are studied. The dependence of oxidation rate on the size of Ta particles is discussed.*

Введение

В последнее десятилетие в мире наблюдается нарастающий интерес к возможностям создания новых материалов на основе развития нанотехнологий. Одним из быстроразвивающихся направлений nanoиндустрии является получение, исследование свойств и возможных областей применения порошков с размером частиц 100 нм и менее. Электрический взрыв проводника (ЭВП) как технология синтеза порошков позволяет получать металлические порошки в широком интервале размеров частиц [1]. Такие порошки находят широкое применение при создании восстанавливающих смазочных материалов, в качестве катализаторов, фильтрующих материалов и др. В литературе достаточно подробно изучены физико-химические свойства металлических порошков, полученных методом ЭВП [2]. Но данные о возможностях получения таким методом и свойствах танталовых порошков отсутствуют.

Цель работы – определить влияние особенностей дисперсного состава танталовых порошков, полученных методом электрического взрыва проводника, на особенности их окисления при нагревании.

Методика эксперимента

Получение порошков проведено при помощи установки, схема и принцип работы которой описаны в работе [3]. Для осуществления электрического взрыва использовали танталовый проводник диаметром 0,2 мм, длина взрываемого участка проводника равнялась 70 мм. Емкость конденсатора составляла 2,2 мкФ, напряжение заряда – 27 кВ. Удельная энергия, вводимая в проводник при взрыве, составила

$1,14e_e$, а энергия, выделяемая в дуговой стадии разряда – $3,2e_e$, где e_e – энергия сублимации Ta, равная $71,7 \text{ Дж/мм}^3$. На рисунке 1 приведена осциллограмма тока электровзрывного процесса.

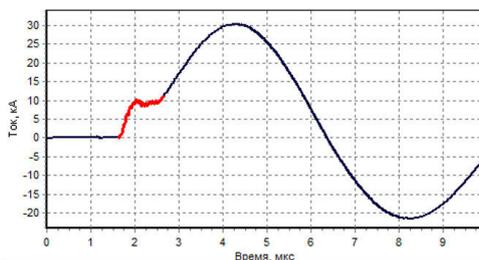


Рис. 1. Осциллограмма ЭВП Ta

Дисперсность и морфологию частиц полученных порошков исследовали с использованием метода БЭТ при помощи прибора «Сорбтометр-М», с использованием просвечивающего и сканирующего электронных микроскопов Philips CM-12 и Philips SEM – 515. Процесс окисления порошков при нагревании в атмосфере воздуха изучали с использованием дифференциального термического анализа (ДТА, прибор SDT Q 600).

Результаты и их обсуждение

Порошок тантала, полученный в указанном режиме ЭВП, имеет площадь удельной поверхности $1,9 \text{ м}^2/\text{г}$, что в пересчете на среднеповерхностный диаметр частиц составляет 190 нм. На рисунках 2 и 3 приведены фотографии частиц порошка, полученные с помощью сканирующего и просвечивающего электронных микроскопов.

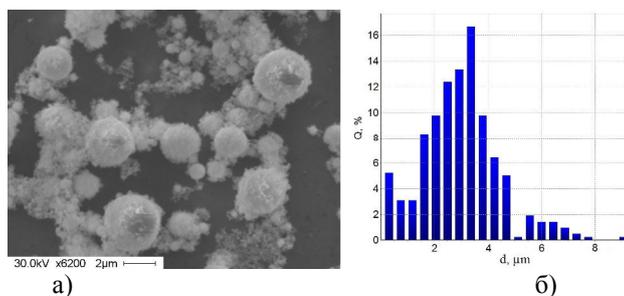


Рис. 2. а - СЭМ фотография танталового порошка; б - распределение частиц порошка по диаметру

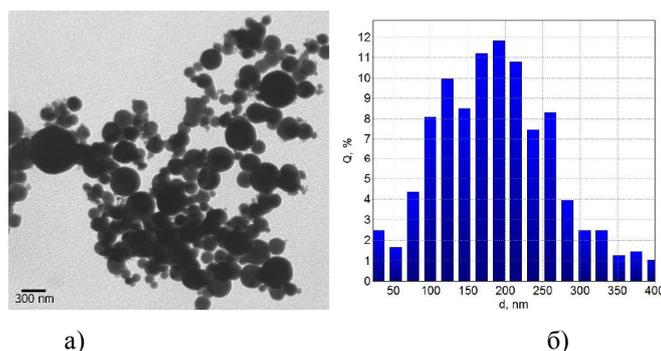


Рис.3. а - ПЭМ фотография танталового порошка; б - распределение частиц порошка по диаметру

Частицы Ta порошка имеют сферическую форму. Порошок состоит из двух фракций: частиц диаметром от 1 до 8 мкм и частиц диаметром от 50 до 400 нм со среднечисловым максимумом 200 нм. Образование микронных частиц связано с кристаллизацией расплавленных капель, частицы нанометрового диапазона формируются из паро-жидкостной фазы.

На рисунке 4 представлена термограмма процесса окисления полученного порошка при линейном нагревании в воздухе.

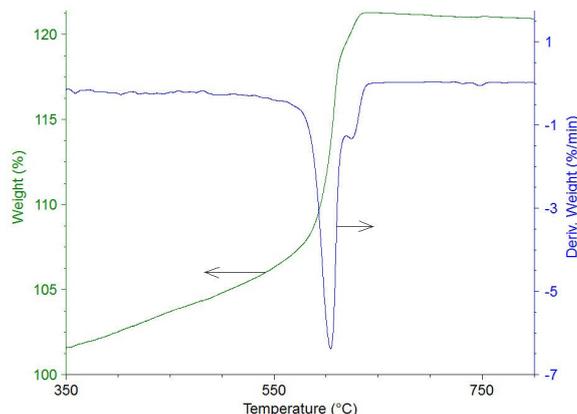


Рис. 4. ТТ- и ДТТ-зависимости линейного нагрева электровзрывного порошка Ta в воздухе

Окисление порошка начинается при температуре 300 °С и протекает со скоростью до 0,34 мин⁻¹. При температуре 594°С в зависимости от параметров ДТА может наблюдаться тепловое самовозгорание образца. Второй максимум скорости окисления (0,03 мин⁻¹) приходится на 625°С и объясняется присутствием в образцах микронной фракции частиц. Полное окисление образца наблюдается при 630°С, прирост массы составляет ~18-21% (теоретический прирост массы за счет полного окисления – 22,1%), что соответствует образованию оксида Ta₂O₅. Различие в максимальных скоростях окисления обусловлено дисперсным составом порошка.

Выводы

Исследована возможность получения танталовых порошков с использованием электрического взрыва проводника в инертной атмосфере. Установлено, что полученный порошок состоит из двух фракций – микронных частиц со средним диаметром 4 мкм и нанометровых частиц со средним диаметром 200 нм. Наличие двух максимумов скорости окисления определяется дисперсным составом порошка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kotov Yu. A. The Electrical Explosion of Wire: A Method for the Synthesis of Weakly Aggregated Nanopowders // Nanotechnologies in Russia. – 2009. – Vol. 4. – N. 7–8. – P. 415–424.
2. Коршунов А. В. Особенности дисперсного состава и морфологии частиц электровзрывных порошков металлов // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 320. - № 3. – С. 9–16.
3. Pustovalov A.V. Study of Products of Electrical Explosion of Iron Wires in Argon-Oxygen Mixture // Advanced Materials Research. – 2013. – V. 872. – P. 206–213.