

## ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ АЛЮМИНИЯ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ

**Маркевич М.И.<sup>1</sup>, Малышко А.Н.<sup>1</sup>,  
Журавлева В.И.<sup>2</sup>, Щербакова Е.Н.<sup>3</sup>**

- 1). ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси»,  
Минск, Беларусь
- 2). Военная академия Республики Беларусь,  
Минск, Беларусь
- 3). Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

Интерес к наноматериалам, особенно к наночастицам обусловлен существенным изменением их физических свойств по сравнению с массивными материалами, вызванный соизмеримостью вкладов в свободную энергию наночастицы, как объемной, так и поверхностной составляющей. Преимуществами абляции материала в жидкостях являются: относительная простота процесса, возможность получения готовых коллоидных растворов, получения частиц малого размера.

Принципиально новый материал, который состоит из воды и наночастиц алюминия был разработан для применения в двигателях и устройствах преобразования энергии [1].

В качестве мишени использовали поликристаллический алюминий, а в качестве среды, в которой находилась мишень, применяли дистиллированную воду. Жидкость принудительно не перемешивали. Для обработки материала использован лазер на алюмоиттриевом гранате (LS-2134D) с длиной волны 1064 нм, генерирующий в двухимпульсном режиме (импульсы разделены временным интервалом 3 мкс, длительность импульсов 10 нс, частота следования импульсов 10 Гц, энергия одиночного импульса ~ 0,05 Дж).

Образованная в результате испарения алюминия под действием первого импульса абляционная плазма создает в приповерхностном слое область с повышенной температурой и пониженной плотностью частиц воздуха, что приводит к более полному использованию энергии второго импульса для лазерной абляции. Образец обрабатывали лазерным излучением в интервале энергий 1000 - 1500 Дж при временах экспозиции от 10 до 25 мин. Размеры образцов: толщина ~ 10 мм, длина - 30 мм, ширина - 12 мм.

В процессе получения и во время хранения водных растворов наночастиц алюминия не применяли поверхностно-активные вещества. Исследования образцов проводились на растровом электронном микроскопе MIRA-3. В настоящей работе исследовались морфология поверхности наночастиц алюминия.

На рисунке 1 приведены частицы алюминия, образовавшиеся в результате лазерного воздействия. Размер частиц составляет от 20 нм до

0,6мкм (рисунок 1). На поверхности крупной частицы размером 1000 нм видны более мелкие частицы. Форма некоторых частиц имеет правильную кристаллографическую огранку.

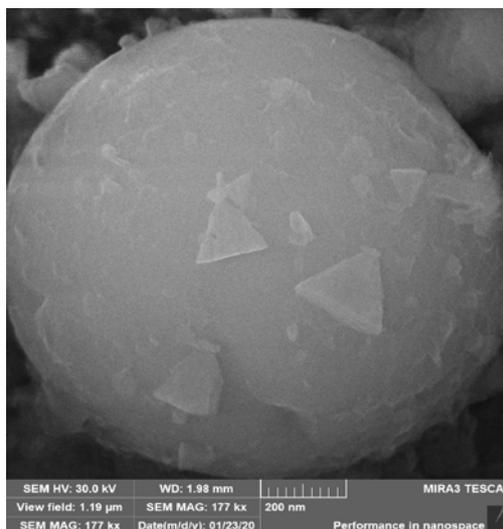


Рисунок 1 – Морфология поверхности частиц, образовавшихся в результате лазерного воздействия. Вложенная энергия 1500 Дж, время воздействия 25 мин.

При выходе эрозионной плазмы, образующейся под действием лазерного импульса в водную среду, происходит ее охлаждение со скоростью более  $10^6$  град/с. Наночастицы, полученные методом лазерной абляции в жидкости, как показывают исследования [2] могут быть, как кристаллическими, так и аморфными (рисунок 2). Процесс конденсации наночастиц может происходить по двум различным механизмам: пар-жидкость (п→ж) и пар-кристалл (п→к) [2]. Образовавшаяся по механизму п→ж наночастица может находиться в аморфном состоянии или в дальнейшем кристаллизоваться (частица имеют правильную геометрическую форму в виде треугольников) по механизму (ж→к) (рисунок 1).

На рисунке 1 приведены частицы алюминия, образовавшиеся в результате лазерного воздействия. Размер частиц составляет от 20 нм до 0,6 мкм (рисунок 1). На поверхности крупной частицы размером 1000 нм видны более мелкие частицы. Форма некоторых частиц имеет правильную кристаллографическую огранку.

1. Risha, G.A. Tappan Combustion of nanoaluminium and liquid water / G.A. Risha [et al] //Proc. Combust. Inst.-2007.-V.31.- N2.- P. 2029-2036.

2. Маркевич, М.И., Чапланов, А.М. Структурные превращения в тонких металлических пленках при импульсном лазерном воздействии / М.И. Маркевич, А.М. Чапланов //Вести Национальной академии наук Беларуси. Серия физико-математических наук.- 2016.- №1.- 2016.-С.28-35.