

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 538.911; 548.4; 620.186; 621.762.3

DOI: 10.17223/00213411/65/4/160

НАНОРАЗМЕРНЫЕ МУЛЬТИОКСИДЫ ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛЛОВ,
ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ*И.А. Дитенберг^{1,2}, Ю.П. Пинжин^{1,2}, И.В. Смирнов^{1,2},
К.В. Гриняев^{1,2}, В.А. Светличный²¹ *Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, Россия*² *Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия***Ключевые слова:** *многокомпонентная система, лазерная абляция, мультиоксиды тугоплавких металлов.*

Оксиды тугоплавких металлов, характеризующиеся высокими температурами плавления и, как следствие, высокой термической стабильностью [1, 2], традиционно используются при создании материалов, адаптированных к экстремальным условиям эксплуатации. На сегодняшний день исследования в этом направлении, в основном, связаны с применением простых систем бинарного или тройного типа, а также их комбинаций. В то же время интенсивное развитие направления по разработке многокомпонентных систем на основе тугоплавких металлов [3–9] открывает большие перспективы в области получения мультиоксидных соединений.

В настоящей работе проведено исследование морфологии и элементного состава мультиоксидов тугоплавких металлов, полученных путем лазерной абляции эквиатомного многокомпонентного сплава.

Использована эквиатомная смесь порошков (W–Ta–Mo–Nb–V–Zr–Cr–Ti), механическая активация которой проведена в энергонапряженных планетарных шаровых мельницах АГО-2 с водяным охлаждением в условиях применения стальной оснастки и атмосферы аргона. Центробежное ускорение шаров составляло 400 м/с². Продолжительность обработки – 10.5 мин. Искровое плазменное спекание смеси порошков после предварительной механической активации проведено на установке SPS Labox-1575 в условиях давления 40 МПа при температуре 1250 °С и выдержке не менее 5 мин. Методом импульсной лазерной абляции были получены дисперсии мультиоксидов из указанного сплава в воде. Использовалось излучение основной гармоники Nd:YAG-лазера (LOTIS TII, модель LS2131M-20) с длиной волны 1064 нм. Длительность импульсов составляла 7 нс. Полученный раствор просушивался на воздухе при температуре 60 °С.

Исследование микроструктуры и анализ химического состава (энергодисперсионный (EDX)) синтезированных мультиоксидов проведены методом просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) с использованием прибора JEOL JEM-2100 при ускоряющем напряжении 200 кВ. Образцы для исследования в просвечивающем электронном микроскопе готовили посредством осаждения на углеродную пленку, расположенную на медной сетке, суспензии порошка в спирте.

На светлопольном электронно-микроскопическом изображении наблюдаются частицы сферической формы, размерами от 20 до 80 нм (рис. 1, а). Соответствующая картина микродифракции представлена характерным для аморфных состояний гало без каких-либо отдельных рефлексов или их конфигураций (рис. 1, б), что свидетельствует об отсутствии кристаллической структуры. При детальном рассмотрении внутри сферических частиц обнаруживаются темные области разных оттенков, а их размеры составляют несколько нанометров. В условиях отсутствия типичного для кристаллической решетки дифракционного контраста наличие таких темных областей на светлопольных изображениях свидетельствует как о различиях в толщинах наблюдаемых объектов, так и о неоднородности распределения химических элементов.

Анализ карт распределения химических элементов показал, что на фоне наличия всех компонентов исходного сплава (W, Ta, Mo, Nb, V, Zr, Cr, Ti) в каждом участке наноразмерных частиц после абляции наблюдаются локальные различия в концентрации этих элементов. Для количественного определения элементного состава получали энергодисперсионные спектры в процессе анализа локальных участков различных мультиоксидных частиц. Пример одного из таких спектров представлен на рис. 2.

Установлено, что энергодисперсионные спектры различаются концентрациями основных анализируемых элементов. На основе анализа данных от различных спектров получены усредненные значения концентрации химических элементов (O, W, Ta, Mo, Nb, V, Zr, Cr, Ti), при этом суммарная доля тугоплавких элементов в атомных процентах составляет 23%, а кислорода – 77%. Кроме того, на спектрах наблюдаются

* Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, тема FWRW-2021-0008.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>