

ПОЛУЧЕНИЕ ИНТЕРМЕТАЛЛИДА МЕДЬ-ОЛОВО ПЛАЗМОДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Ю.Л. Шаненкова, Ю.Н. Половинкина

Научный руководитель: доцент, к. т. н. А.С. Ивашутенко
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
E-mail: ynp2@tpu.ru

Известный факт, что в настоящее время интерметаллиды находят широкое применение в различных областях науки и техники, в частности, соединение медь-олово используется в создании высококачественных подшипников скольжения [1], литиевых батареек [2–4], токопроводящих смазок [5], 3D-принтеров [6] и т.д. Однако проблема получения интерметаллидов остается актуальной и по сей день, ведь известно, что связь между атомами в решетке становится ковалентной или ионной, а не металлической, ввиду этого материал становится более хрупкий. К тому же получение интерметаллидов является очень затратным в плане ресурсов, как и материальных, так и денежных.

В данной работе предлагается новый уникальный метод получения материалов на основе медь-олово в высокоскоростной плазменной струе с помощью коаксиального магнитоплазменного ускорителя с медными электродами [7]. В отличие от других существующих методик, данный способ является достаточно простым (не требует предварительной подачи и обработки наносимого материала), процесс нанесения покрытий достаточно быстрый (порядка 1 мс), низкий уровень энергоемкости процесса.

На рисунке 1 представлена рентгеновская дифрактограмма синтезированного продукта, выполненная на рентгеновском дифрактометре Shimadzu XRD-7000S (CuK α -излучение). По рисунку видно, что основными фазами являются медь с кубической сингонией (пространственная группа Fm-3m, № 225) и интерметаллид медь-олово Cu₄₁Sn₁₁ также с кубической сингонией (пространственная группа F-43m, № 216). Стоит отметить, что наиболее интенсивные пики находятся на 43–44 и 48–50 2 θ градус. Из рисунка 1 видно, что они являются уширенными и при расширении заметно их разделение на два пика – они являются отражениями фаз Cu и Cu₄₁Sn₁₁.

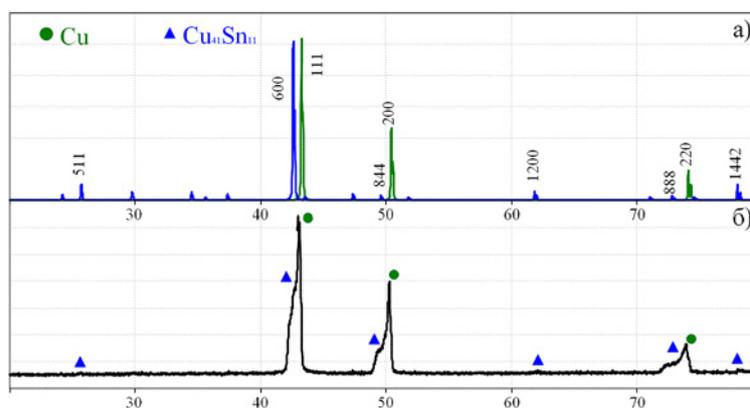


Рис. 1. Рентгеновские дифрактограммы: а) исходные карточки предполагаемых фаз; б) продукта плазмодинамического синтеза

Для исследования морфологии частиц был проведен анализ на просвечивающем электронном микроскопе (Phillips SM12), результаты с которого представлены на рисунке 2. По рисунку видно, что электронная микродифракция представлена точечным характером, по которой определены фазы, установленные по рентгеновскому анализу. Темнопольные снимки, полученные с представленного на светлопольном снимке типичного скопления частиц, получены в свете дифрагированных пучков путем смещения апертурной диафрагмы в области соответствующих рефлексов. Индексы отражающих кристаллографических плоскостей указаны на темнопольных снимках и номерами обозначены на SAED.

Также с помощью просвечивающей электронной микроскопии можно определить, что размер частиц материала варьируется от порядка 10 до ~200 нм. Такое широкое распределение дает положительный эффект при создании объемного материала методом искрового плазменного спекания. Так при компактировании мелкая фракция заполняет пространство между более крупными частицами, обеспечивая получение высокоплотной керамики. По рентгеновскому анализу было определено, что медь и интерметаллид медь-олово имеют кубическую сингонию, однако по рисунку 2 видно, что частицы имеют несколько вытянутую форму параллелепипеда.

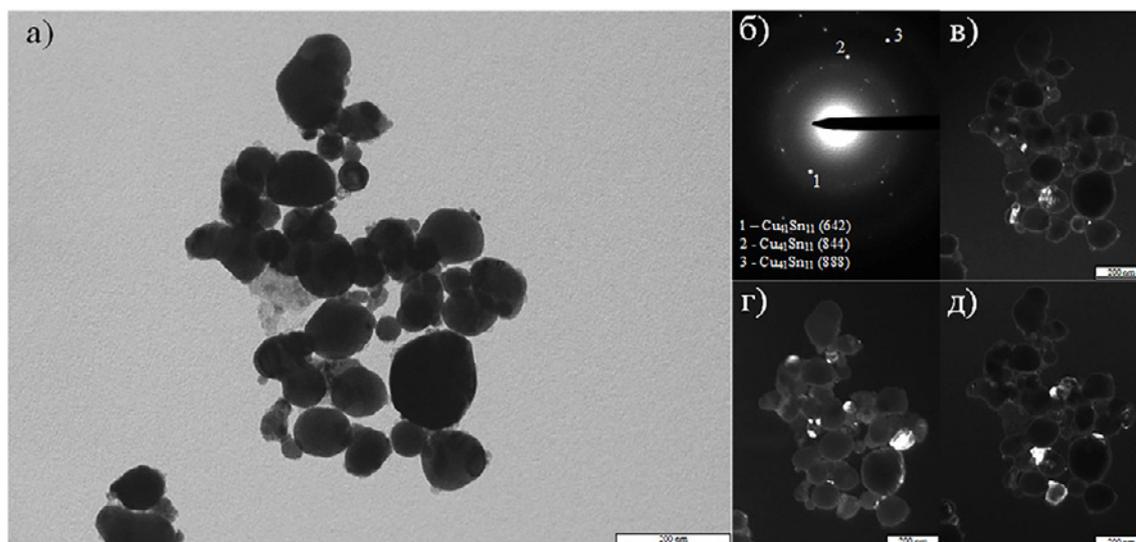


Рис. 2. Снимки просвечивающей электронной микроскопии синтезированного порошка: а) светлопольное изображение; б) электронная дифракция; в, г, д) темнопольные изображения

В ходе проведенных работ был получен порошок на основе медь-олово с помощью мощной импульсной системы на основе коаксиального магнитоплазменного ускорителя с медным электродом. Получение интерметаллида подтверждено результатами рентгеновского анализа и анализа с просвечивающего электронного микроскопа. Основными фазами в синтезированном продукте являются медь и интерметаллид $\text{Cu}_{41}\text{Sn}_{11}$. Размер частиц составляет от 10 до 200 нм.

Работа выполнена в рамках стипендии Президента РФ СП-1179.2015.1.

Список литературы

1. Лебедев О.В. и др. Системы, методы, технологии // Научный журнал Братского государственного университета. – 2009. – Т. 2. – С. 20–23.
2. Kepler K.D., Vaughey J.T., Thackeray M.M. Copper–tin anodes for rechargeable lithium batteries: an example of the matrix effect in an intermetallic system // Journal of Power Sources. – 1999. – Vol. 81. – P. 383.
3. Wolfenstine J. et al. Nano-scale Cu 6 Sn 5 anodes // Journal of power sources. – 2002. –Vol. 109, No. 1. – P. 230
4. Beaulieu L.Y. et al. Reaction of Li with alloy thin films studied by in situ AFM // Journal of The Electrochemical Society. – 2003. – Vol. 150, No. 11. – P. A1457–A1464.
5. Тарельник В.Б., Марцинковский В.С., Дзюба А.В. Новый способ улучшения прирабатываемости пары трения вкладыш подшипника–шейка вала // Компрессорное и энергетическое машиностроение. – 2013. – № 1. – С. 49–53.
6. Guo X. et al. Investigation of the microstructure and tribological behavior of cold-sprayed tin-bronze-based composite coatings // Applied Surface Science. – 2009. – Vol. 255, No. 6. – P. 3822–3828.
7. Пат. 137443 РФ. МПК7 Н05Н 11/00. Коаксиальный магнитоплазменный ускоритель / А.А Сивков, А.С. Сайгаш, Ю.Л. Колганова. – Заявлено 24.09.2013; Опубл. 10.02.2014, Бюл. № 4. – 6 с.