

ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МИШЕНИ ДЛЯ ВЧ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ ИЗ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ $Cu-W$

К.А. Просолов^{1,а}, к.ф.-м.н., К.В. Сулиз^{1,2}, аспирант, Ю.П. Шаркеев¹, профессор, д.ф.-м.н.

¹Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, 634055,

г. Томск, пр. Академический, 8/3

²Национальный исследовательский Томский государственный университет,

634050, г. Томск, пр. Ленина, 36

E-mail: ^аkonstprosолоv@gmail.com

Аннотация. Формирование износостойких покрытий методами вакуумного напыления остается актуальной задачей в области материаловедения. Покрытия на основе тугоплавких соединений переходных металлов представляются перспективными для применения в качестве не только износостойких, но и коррозионностойких, а также антибактериальных материалов. В работе отражены технологические подходы к формированию мишени для ВЧ магнетронного распыления путем консолидации порошков металлов на основе системы $Cu-W$, полученных совместным электрическим взрывом двух проволок.

Ключевые слова: биметаллические частицы, несмешивающиеся металлы, износостойкие покрытия, ВЧ магнетронное распыление.

Abstract. The formation of wear-resistant coatings by vacuum spraying methods remains an urgent task in the field of materials science. Coatings based on refractory compounds of transition metals are promising for use as not only wear-resistant, but also corrosion-resistant, as well as antibacterial materials. The paper reflects technological approaches to the formation of a target for RF magnetron sputtering by consolidating metal powders based on the $Cu-W$ system obtained by a joint electric explosion of two wires.

Keyword: bimetallic particles, immiscible metals, wear-resistant coatings, RF magnetron sputtering.

Введение

Плёнки тугоплавких соединений переходных металлов Периодической системы, а также алмазоподобные плёнки в настоящее время активно исследуются, так как являются перспективными кандидатами для решения проблемы функционализации поверхности [1]. В последнее время отмечается повышенный интерес к мультифункциональным покрытиям на основе наноразмерных систем $Cu-W$, которые применяются в фотокатализе, микроэлектронике, в качестве газовых сенсоров и биоразлагаемых материалов с антимикробными свойствами. Применение покрытий на основе систем $Cu-W$ в области медицины остается малоизученным, хотя в современных исследованиях, выполненных представителями зарубежных научных школ отмечаются антибактериальные свойства оксида вольфрама (WO_{3-x}) и оксида вольфрама допированного медью. В известных из литературы работах такие покрытия получают осаждением из плазмы магнетронного разряда с использованием дуальной системы, что значительно удорожает стоимость медицинского изделия функционализированного таким способом. Использование пар мишеней, выполненных из чистых Cu и W в дуальной магнетронной распылительной системе – вынужденная мера, что вызвано существующей проблемой однородного смешения несмешивающихся металлических компонент. Изготовление мишеней системы $Cu-W$, до сих пор является вызовом для ученых и технологов [2]. Среди способов осаждения покрытий, метод ВЧ-магнетронного распыления является одним из самых высокотехнологичных и позволяет контролировать формирования пленок в широком диапазоне свойств [3]. Метод занимает лидирующее место среди способов нанесения покрытий конденсацией из паровой фазы [4]. Так, удается синтезировать наноструктуры различного размера и формы с регулируемой поверхностной плотностью и желаемыми геометрическими параметрами. Данный эффект связывают с фокусировкой ионных потоков, поступающих на подложку [5]. Основным преимуществом метода является возможность сохранения состава покрытий при ВЧ-магнетронном распылении многокомпонентных мишеней, что является, несомненно, важным для биомедицинских целей. Кроме того, низкая температура разогрева материала подложки в процессе напыления позволяет наносить покрытия на различные полимеры и материалы на основе органических соединений [6].

Целью настоящей работы было определить технологические подходы к формированию ВЧ магнетронной мишени на основе несмешивающихся металлов системы $Cu-W$.

Материалы и методика эксперимента. Для получения порошка из несмешивающихся металлов системы $Cu-W$ через переплетенные проволоки металлов Cu и W пропускали сильнотоочный импульс, генерируемый RLC контуром. Диаметры проволок соответствовали составу $Cu-10$ мас. % W . Формирование мишеней проводилось при одноосным прессованием в стальных формах на гидравлическом прессе

МИС-6000.4К (г. Армавир, Россия). Спекание порошков проводилось в вакууме при температуре 700 °С. Фазовый состав мишени определяли методом рентгенофазового анализа с использованием *СоКа*-излучения (ДРОН-07, ЦКП ИФПМ СО РАН «Нанотех», г. Томск). Поверхность мишени контролировали с помощью инвертированного универсального микроскопа Zeiss AxioVert 200M. Для проведения экспериментов по осаждению покрытий были подготовлены подложки в виде образцов – металлические пластинки размером 10×10×1 мм из титана (ВТ1-0). Для осаждения покрытий используется вакуумная магнетронная распылительная система с генератором ВЧ сигнала, работающего на частоте 13,56 МГц.

Результаты и их обсуждение. Путем электрического взрыва проволок из *Сu* и *W* был получен порошок. Анализ морфологии и дисперсности порошка говорит о том, что в ходе электровзрыва сформированы частицы различного размера как в нано-, так и микрометрового размера. При взрыве вольфрамовой проволоки образуются субмикронные капли вольфрама, в то время как для меди размер таких частиц значительно меньше. Распределение частиц по размерам связано с двумя механизмами формирования, во-первых, дисперсия капельной фракции вольфрама, а во-вторых, коагуляция кластеров в ходе конденсации. Таким образом, порошок из несмешивающихся металлов системы *Сu-W* представлен биметаллическими частицами *Сu* и *W*. Биметаллические частицы образованы путем столкновения и диффузии двух разнородных элементов. Механизм формирования таких порошков детально описан в предыдущей публикации [7].

Экспериментально установлен режим получения мишени для ВЧ магнетронного распыления путем компактирования порошков *Сu-W* методом одноосного прессования с предельной нагрузкой 70 МПа с последующим синтезом в вакууме при температуре, не превышающей 700 °С. Мишень для ВЧ магнетронного распыления после синтеза имела размеры 115 мм в диаметре и толщиной 4,5 мм. Путем механической обработки граней мишени и ее поверхности, задан требуемый для магнетрона размер рабочей области -110 мм в диаметре и произведена очистка оксидного слоя поверхности, сформированного после синтеза. На рисунке 1 представлена поверхность мишени.

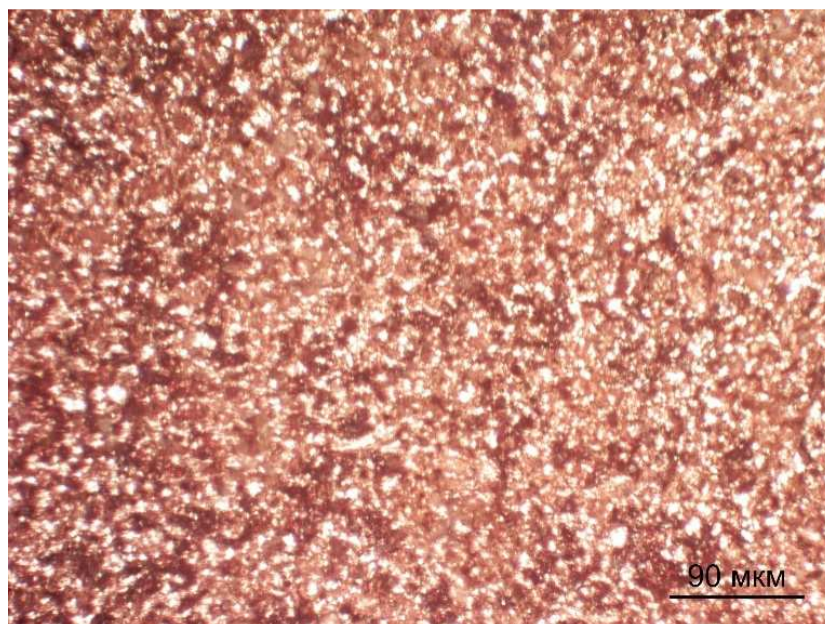


Рис. 1. Поверхность мишени из порошка *Сu-W* для ВЧ магнетронного распыления

Как видно из рисунка 1. морфология поверхности мишени представлена структурными элементами, сформированными в ходе коалесценции микроскопических капель, образующихся в ходе синтеза мишени. Таким образом поверхность мишени представлена основой в виде *Сu* и равномерно распределенными частицами *W*. Данные мишени пригодны для использования в ходе осаждения покрытий из плазмы ВЧ магнетронного разряда.

Заключение

Экспериментально подобран режим формирования ВЧ магнетронной мишени из порошков несмешивающихся металлов на основе системы *Сu-W*. Электровзрыв двух переплетенных проволо-

чек из *Cu* и *W* ведет к формированию частиц нано и микрометрового размера. Дальнейшее компактирование порошков путем одноосного прессования и синтеза в вакууме позволяет сформировать мишени требуемого размера, пригодные для ВЧ магнетронного распыления.

Работа частично поддержана стипендией Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам (Конкурс СП-2022) №СП-4860.2022.4. Частицы Cu-W получены при поддержке Российского научного фонда, грант № 21-79-30006.

Список используемых источников:

1. Агулов А. В. Закономерности формирования структуры и свойств пленок тугоплавких соединений //Фізична інженерія поверхні, 2014. – №. 12, № 3. – С. 338-356.
2. Wang C. Deposition and structure of W–Cu multilayer coatings by magnetron sputtering //Journal of Physics D: Applied Physics. – 2003. – Т. 36. – №. 21. – С. 2709.
3. Dinu M. Tribological behaviour of RF-magnetron sputter deposited hydroxyapatite coatings in physiological solution //Ceramics International. – 2017. – Т. 43. – №. 9. – С. 6858-6867.
4. Musil J. Reactive magnetron sputtering of thin films: present status and trends //Thin solid films. – 2005. – Т. 475. – №. 1-2. – С. 208-218.
5. Petr M. Surfaces with roughness gradient and invariant surface chemistry produced by means of gas aggregation source and magnetron sputtering //Plasma Processes and Polymers. – 2016. – Т. 13. – №. 6. – С. 663-671.
6. Surmenev R. Radio frequency magnetron sputter deposition as a tool for surface modification of medical implants //Modern technologies for creating the thin-film systems and coatings. – 2017. – С. 213-248..
7. Pervikov A., Filippov, A., Mironov, Y., Kalashnikov, M., Krinitcyn, M., Eskin D, Lerner, M., Tarasov S. Microstructure and properties of a nanostructured W-31 wt% Cu composite produced by magnetic pulse compaction of bimetallic nanoparticles //International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. – 2022. – Т. 103. – С. 105735.

ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ДОБАВОК В АЛЮМИНИЕВОМ СПЛАВЕ НА МИКРОСТРУКТУРУ, МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ПРИ СЕЛЕКТИВНОМ ЛАЗЕРНОМ ПЛАВЛЕНИИ

*Н.А. Сапрыкина^{1,а}, к.т.н., доц., А.А. Сапрыкин¹, к.т.н., доц., Ю.П. Шаркеев², д.т.н., проф.,
Е.А. Ибрагимов¹, к.т.н., ст. препод., М.А. Химич², к.т.н.*

¹*Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета,
652055, Кемеровская область, г.Юрга, Ул. Ленинградская, 26, тел. (38451) 7-77-61*

²*Институт физики прочности и материаловедения
Сибирского отделения Российской академии наук*

634055, Томская область, г. Томск, Академический пр., 2/4

E-mail: ^аsaprikina@tpu.ru

Аннотация. Сплавы на основе алюминия находят широкое применение в автомобилестроении и космической отрасли из-за низкой плотности, высокой электро- и теплопроводности, коррозионной стойкости и удельной прочности. В работе рассмотрено влияние легирующих добавок в сплаве на основе алюминия на микроструктуру, механические свойства и технологичность при применении в аддитивных технологиях. Для разработки научных и технологических подходов применения послойного лазерного синтеза получения модельных образцов предложена композиция из порошков системы алюминий-кремний-магний в следующем соотношении *Al* -91 масс.%, *Si* -8 масс.%, *Mg*-1 масс.

Ключевые слова: селективное лазерное плавление (SLM); сплавы на основе алюминия; аддитивное производство; легирующие добавки.

Abstract. Aluminum-based alloys are widely used in the automotive and space industries due to their low density, high electrical and thermal conductivity, corrosion resistance and specific strength. The paper considers the influence of alloying additives in an aluminum-based alloy on the microstructure, mechanical properties and manufacturability when used in additive technologies. To develop scientific and technological approaches to the use of layer-by-layer laser synthesis for obtaining model samples, a composition of powders of the aluminum-silicon-magnesium system in the following ratio of *Al* -91 wt.%, *Si* -8 wt.%, *Mg*-1 wt.

Keywords: selective laser melting (SLM); aluminum alloys; additive manufacturing; alloying additives.