

УДК 621.357

*О.А. Овчаренко, Н.Д. Сахненко***ЭЛЕКТОРОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЕННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ МЕДИ И НИКЕЛЯ***Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»*

В работе описан электрохимический синтез дисперсно-упрочненных композиционных покрытий на основе меди и никеля, модифицированных наноразмерным оксидом алюминия; предложен метод химического диспергирования Al_2O_3 ; разработан состав электролитов для получения композитов с наиболее лучшим показателем физико-механических свойств.

Введение

Развитие современных технологий требует поиска и создания новых конструкционных и функциональных материалов. В процессе эксплуатации детали испытывают комбинированные влияния, такие как износ, циклические напряжения, коррозию, нагрев. Одним из перспективных направлений гальванотехники является создание композиционных электрохимических покрытий (КЭП), обладающих комплексом эксплуатационных свойств, которые не могут быть достигнуты на базе традиционных материалов [1,2].

Дисперсно-упрочненные покрытия представляют собой металлическую матрицу, в состав которой включены частицы вторичной фазы, размер которых не превышает 0,1 мкм. Природа упрочняющего эффекта в композиционных материалах связана с использованием двух материалов с различными прочностью и модулем упругости. В общем виде этот эффект связан с появлением в материале поверхности раздела фаз и пограничных слоев, примыкающих к ней. Высокие характеристики материала пограничных слоев обеспечивают рост прочностных показателей композитов. Основываясь на этом, электросинтез дисперсно-упрочненных КЭП проводят из электролитов-суспензий, дисперсной фазой в которых является более жесткий компонент по сравнению с осаждаемым металлом [3,4].

Кроме того, особенное значение придается возможности получить композиционные материалы с усовершенствованными механическими свойствами, не изменив кристаллическую решетку, тем самым, сохранив свойства металлической матрицы и пластичность металла. Достижение такого эффекта возможно при включении в состав металла частиц наноразмерной структуры [5]. Поскольку покрытия медью и никелем широко применяют во всех отраслях машиностроения, а также, учитывая факт эксплуатации деталей в жестких условиях, возник интерес к получению композиционных электрохимических покрытий на основе меди и никеля, армированных наноразмерным оксидом

алюминия. Для предоставления возможности проведения некоторых механических исследований были получены медные и никелевые фольги, также армированные наноразмерным оксидом алюминия.

Экспериментальная часть

Композиционные покрытия и фольги на основе меди синтезировали из пирофосфатного электролита меднения. Получение композитов на основе никеля проводили из сульфатного электролита никелирования. Для получения материалов инкорпорирующих частицы армирующей фазы, к базовому электролиту добавляли 0,2 – 0,8 объема золя оксида алюминия, содержащего 4,0 – 4,6 г/дм³ дисперсной фазы, варьируя, таким образом, содержание Al_2O_3 в растворе электролита от 1,0 до 2,5 г/дм³. Для электролитического осаждения композитов на основе меди и никеля, модифицированных наноразмерными частицами оксида алюминия применяли стабилизированный источник тока марки Б5 – 47, плотность тока поддерживали на уровне 2 – 3 А/дм². Электролиз проводили при температуре 20 – 25 °С. Процесс меднения проводили на протяжении 60 – 120 минут. Никелирование проводили на протяжении 30 – 40 минут. Толщина медных и никелевых композитов зависит от времени электроосаждения составляла 20 – 50 мкм.

Гидрозоль оксида алюминия получали из высокотемпературной формы $\gamma-Al_2O_3$ с ненормированным размером гранул путем взаимодействием с водным раствором гидроксида натрия при pH ≥ 13 на протяжении 10 – 30 мин с дальнейшим декантированием коллоидного раствора. Диспергирование частиц оксида алюминия происходит в результате частичного химического растворения аморфного оксида алюминия с образованием гидроксокомплекса $[Al(OH)_4]^-$, которые адсорбируясь на поверхности Al_2O_3 , образуют коллоидную частицу.

При действии электрического поля на мицеллу, происходит разрыв двойного электрического слоя по плоскости скольжения. В результате дисперсная фаза приобретает заряд потенциалопределяющего иона. Дисперсные частицы доставляются

к катоду вследствие адсорбции на поверхности катионов металла. Частицы, удерживаемые на катоде, инициируют зародышеобразование в местах контакта с его поверхностью, что стимулирует зарастание данных частиц металлом.

Анализ полученных результатов

Микроструктуру фольг изучали путем просвечивающей электронной микроскопии на микроскопе ЭМ-200 при ускоряющем напряжении 125 – 175 кВ.

Физико-механические испытания композитов $\text{Cu} - \text{Al}_2\text{O}_3$ и $\text{Ni} - \text{Al}_2\text{O}_3$ (микротвердость, предел текучести σ_t , предел прочности σ_b) проводили при комнатной температуре на машине для механических испытаний TIRAtest-2300 со скоростью сканирования 0,36 мм/мин.

Для композитов $\text{Ni} - \text{Al}_2\text{O}_3$ и $\text{Cu} - \text{Al}_2\text{O}_3$ проведено исследование состояния поверхности методом атомно-силовой зондовой микроскопии.

По результатам измерений установлено, что введение в раствор электролита даже незначительного количества наноразмерных частиц оксида алюминия оказывает значительное влияние на прочность полученных фольг. Укрепление металла дисперсной фазой обусловлено тем, что образуются мелкие выделения второй фазы в матрице основного металла [6]. Эти выделения создают дополнительные препятствия для движения дислокаций, в результате чего значительно повышается прочность материала [7].

Полученные электронномикроскопические снимки свидетельствуют о наличии в составе медной матрицы частиц упрочняющей фазы, а также позволяют судить об изменении размера зерна меди, при включении в основу частиц допанта. Средний размер зерна чистой меди составляет 5 – 7 мкм. При получении медных фольг с Al_2O_3 размер зерна меди уменьшился до 1 мкм. Следует отметить, что частицы вторичной фазы имеют тенденцию к слипанию или образованию конгломератов. Получен-

ные результаты исследования сечения профиля композиционных покрытий и фольг с помощью АСМ, дает возможность измерить расстояния (по оси x) и высоту (по оси y) частиц конгломерата. Исследование профиля сечения кристаллитов показывает, что размеры зерен находятся в пределах от 50 до 300 нм, а разница высоты выступов и впадин рельефа колеблется в пределах 10 – 300 нм.

Заключение

Таким образом, при решении поставленной задачи, установлены способы электрохимического синтеза композитных покрытий и фольг, армированных наноразмерным оксидом алюминия. Включение в основную матрицу металлов частиц армирующей фазы приводит к уменьшению размеров зерен и существенному повышению прочностных характеристик, что предоставляет возможность создания новых, перспективных материалов с уникальными свойствами.

Список литературы:

1. Балабанов В.И. *Нанотехнологии. Наука будущего* / Балабанов В.И. – М.: ЭКСМО, 2009. – 247 с.
2. Ширяев М.А. *Синтез и модификация наноструктур ZnO для создания кондуктометрического иммуносенсора* / М.А. Ширяев, А.Н. Баранов // *Наносистемы: физика, химия, математика*. – 2013. – Т. 4, № 1. – С. 90–97.
3. Серов И.Н. *Проблемы нанотехнологии в современном материаловедении* / И.Н. Серов, В.А. Жарбеев, В.И. Марголин // *Физика и химия стекла*. – 2002. – Т. 29, №2. – С. 241–255.
4. *Методы получения и свойства нанобъектов: учебное пособие* / [Минько Н.И., Строкова В.В., Жерновский И.В., Нарцев В.М.]. – М.: Флинта: Наука, 2009. – 168 с.
5. *Новые материалы* [Колл. авторов под редакцией Карабасова Ю.С.]. – М.: МИСИС, 2002. – 736 с.
6. Брандон Д. *Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля* / Д. Брандон, У. Каплан. – М.: Техносфера, 2004. – 384 с.
7. Фудзии Т. *Механика разрушения композиционных материалов* / Т. Фудзии, М. Дзако: Пер. с японск. – М.: Мир, 1982. – 232 с.

ELECTROCHEMICAL SYNTHESIS OF DISPERSION-STRENGTHENED COMPOSITE COATINGS BASED ON COPPER AND NICKEL

O.A. Ovcharenko, N.D. Sakhnenko

Electrochemical synthesis of dispersion-strengthened composite coatings based on copper and nickel modified nanorazmetnym alumina is described in this work; the method of chemical dispersing of Al_2O_3 is proposed; composition of electrolytes to produce composites with the best indicator of physical and mechanical properties is developed.

Key words: electrolytic films, electrolyte, nanosized oxide, dispersion phase, alkaline, the hydrosol of alumina oxide.