

Научная статья

УДК 621.785:669.1.08.29

Структура и свойства покрытия на основе серебра, никеля и азота, сформированного комбинированным методом на меди

Станислав Владимирович Московский¹, Кирилл Валерьевич Соснин²

^{1,2} Сибирский государственный индустриальный университет,
Новокузнецк, Россия

^{1, 2} rector@sibsiu.ru

Аннотация. Впервые покрытия на основе серебра, никеля и азота получены методом последовательной обработки, включающей электровзрывное напыление, электронно-пучковую обработку и азотирование. В статье были исследованы структура, фазовый состав и свойства покрытий, сформированных комбинированным методом на меди.

Ключевые слова: электровзрывные покрытия, импульсный электронный пучок, азотирование в плазме газового разряда

Благодарности. Исследование выполнено при поддержке Гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых — докторов наук МД-486.2020.8 и кандидатов наук МК-5585.2021.4, а также при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-08-00044; авторы выражают благодарность научному руководителю — доктору технических наук, профессору Д. А. Романову.

Original article

Structure and Properties of Coating Based on Silver, Nickel and Nitrogen Formed by a Combined Method on Copper

Stanislav V. Moskovskii¹, Kirill V. Sosnin²

^{1,2} Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia

^{1, 2} rector@sibsiu.ru

Abstract. For the first time, coatings based on silver, nickel and nitrogen were obtained by the method of sequential processing, including electroexplosive spraying, electron beam processing and nitriding. The structure, phase composition and properties of the coatings have been investigated.

Keywords: electroexplosive coatings, pulsed electron beam, nitriding in gas discharge plasma

Acknowledgments. The research was carried out with the support of the Grant of the President of the Russian Federation for state support of young russian scientists — MD-486.2020.8 and PHD MK-5585.2021.4, as well as with the financial support of the Russian foundation for basic research within the framework of scientific project No. 20-08-00044; the authors express their gratitude to the scientific supervisor — doctor of technical sciences, professor D. A. Romanov.

Электрические контакты выключателей электрических сетей, независимо от того, что они эксплуатируются с момента демонстрации Т. А. Эдисоном в 1879 г., являются актуальным объектом фундаментальных и прикладных исследований. Основной технологией промышленного производства контактов переключателей мощных электрических сетей до сих пор остается метод порошковой металлургии. Такие электрические контакты обладают однородной и воспроизводимой структурой во всем объеме изделий. Однако совершенствование этой технологии не может обеспечить низкую пористость готовых изделий, что снижает электропроводность контактов. С целью улучшения электропроводности изделий, получаемых методом порошковой металлургии, в их состав вводят дорогостоящие химические элементы. Основным материалом в настоящее время, обеспечивающим высокую электропроводность электрических контактов при минимальной рыночной цене, является серебро.

Другим методом получения объемных материалов дугостойких электрических контактов является метод электронно-лучевого испарения и последующей вакуумной конденсации. Электрические контакты, полученные этим методом, неоднородны по структуре. Например, для системы W—Cu эта неоднородность проявляется в периодическом чередовании слоев вольфрама и меди переменной толщины. Получение же покрытий, обеспечивающих высокую дугостойкость электрических контактов, в промышленном масштабе в настоящее время до сих пор не реализовано. Это связано с трудностями формирования композитной структуры покрытий и достижения их высокой адгезии.

Целью настоящей работы является исследование структуры и свойств покрытия состава Ag–Ni–N, сформированного на меди комбинированным методом, сочетающим электровзрывное напыление, облучение импульсным электронным пучком и последующее азотирование в плазме газового разряда низкого давления.

Нами было проведено исследование структуры и свойств покрытия на основе серебра, никеля и азота, сформированного на меди комбинированным методом, сочетающим электровзрывное напыление покрытия на основе серебра и никеля, облучение импульсным электронным пучком и последующее азотирование в плазме газового разряда низкого давления. Электровзрывное напыление осуществляли в режиме, который обеспечивает нагрев медной подложки до температуры плавления. Выбор режимов электронно-пучковой обработки основывался на том, чтобы обеспечить максимальную глубину оплавления электровзрывного покрытия без его испарения. Азотирование было проведено с целью формирования нитридов, используемых для напыления материалов. Толщина покрытия составляет до 80 мкм. Показано, что износостойкость покрытия превышает износостойкость меди на 13 %; коэффициент трения покрытия на 3,5 % ниже коэффициента трения меди; твердость покрытия превышает твердость меди на 13 %. Установлено, что основным элементом покрытия является серебро, в значительно меньшем количестве присутствуют никель и медь. Между покрытием и подложкой выявлен переходный слой толщиной до 8 мкм, обогащенный атомами никеля. Также показано, что покрытие сформировано твердыми растворами на основе меди, никеля и серебра и содержит нитриды никеля, серебра и меди. Выявлено, что фазовый состав покрытия существенным образом зависит от плотности энергии пучка электронов (при постоянных значениях длительности и количества импульсов воздействия пучка). В будущем применение предложенного покрытия позволит снизить металлоемкость производства электрических контактов.