

УДК 674.055:621.934(043.3)

В. В. Чаевский, канд. физ-мат. наук, доц. (БГТУ, г. Минск)

N. Višniakov, канд. техн. наук, зав. лаб.

(Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса, г. Вильнюс)

## **СТРУКТУРА И ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ZrC-Ni-УДА-ПОКРЫТИЙ ФРЕЗЕРНОГО ИНСТРУМЕНТА**

Создание композиционных электрохимических покрытий (КЭП) является одним из актуальных направлений функциональной гальванотехники. Принцип получения КЭП основан на том, что вместе с металлами из электролитов-суспензий сосаждаются дисперсные частицы различных размеров и видов. В последнее время все более активно исследуются композиционные покрытия, модифицированные наноалмазами детанационного синтеза (ультрадисперсными алмазами, УДА) [1]. Включаясь в покрытия, УДА существенно улучшают их эксплуатационные свойства (твердость, износостойкость, коррозионную устойчивость) и придают им новые качества (антифрикционные, каталитические и др.). КЭП никель-алмаз обладают повышенной износостойкостью, коррозионной стойкостью, микротвердостью, которая в 1,5 раза превышает микротвердость никелевых покрытий [2]. Благодаря этому КЭП находят широкое применение в различных отраслях промышленности, в т. ч. в станкостроении. Однако основным недостатком алмазно-гальванического инструмента состоит в том, что никелевая матрица не обладает высокими прочностными характеристиками и износостойкостью. Одним из наиболее эффективных способов обработки поверхности режущих кромок фрезерного инструмента с целью повышения его износостойкости является метод конденсации вещества из плазменной фазы в вакууме с ионной бомбардировкой поверхности (КИБ), существенно увеличивающий эксплуатационные свойства резцов при осаждении на их поверхность покрытий нитридов тугоплавких металлов Ti, Mo, Zr и др.

Поэтому целью данной работы было формирование комбинированных ZrC-Ni-УДА-покрытий на лезвиях ножей из твердого сплава на основе карбида вольфрама WC дереворежущего фрезерного инструмента и исследование их структуры, фазового и элементного состава.

Покрытия Ni-УДА формировались в процессе электроосаждения КЭП из сульфаминовокислых электролитов никелирования на подготовленную поверхность лезвий ножей на экспериментальной установке с применением источника постоянного тока марки DC POWER SUPPLY HY3005-3 при плотностях тока 1,0–24,0 А/дм<sup>2</sup> в гальваностатическом и импульсном режимах электролиза. Процесс электроосаждения КЭП проводили при повышенной температуре 40–50°C и постоян-

ном перемешивании электролита-суспензии для поддержания частиц УДА во взвешенном состоянии. При формировании комбинированных ZrC-Ni-УДА-покрытий предварительно на поверхность твердосплавных ножей осаждались Ni-УДА-КЭП с последующим напылением ZrC-покрытия по стандартной методике: с предварительной обработкой ионами циркония подложки в вакууме  $10^{-3}$  Па при потенциале подложки -1 кВ и последующим нанесением покрытий при токах горения дуги катода 80–100 А и опорном напряжении -100 В в атмосфере углеводорода  $\text{CH}_4$  при давлении  $10^{-1}$  Па. Температура при осаждении соответствовала 400–450°C. Толщина ZrC-покрытий не превышала 1,5 мкм.

Ni-УДА-КЭП имеют характерную структуру, формируемую кластерами наноалмазов, имеющими развитую поверхность. Кластеры наноалмазов в этом случае являются центрами осаждения ионов никеля [3]. Анализ морфологии поверхности Ni-УДА-КЭП посредством энергодисперсионного микроанализатора, показал относительно равномерное распределение углерода. Наличие ZrC-покрытий изменяет морфологию поверхности комбинированного ZrC-Ni-УДА-покрытия.

Показано, что ZrC-Ni-УДА-покрытия обладают рентгеноаморфной мелкокристаллической структурой и содержат отдельные фазы никеля, Ni-УДА, графитоподобные фазы УДА, а также фазу ZrC.

Исследования распределения концентрации элементов поверхности изношенного твердосплавного лезвия ножа с ZrC-Ni-УДА-покрытием подтверждают наличие отдельных фаз на основе углерода, фазы никеля, которые не взаимодействуют с ZrC-покрытием.

В результате формирования комбинированных ZrC-Ni-УДА-покрытий ресурс работы модифицированного фрезерного инструмента при обработке древесно-стружечных материалов увеличивается в 1,5–1,6 раза по сравнению с необработанным инструментом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Долматов, В.Ю. Ультрадисперсные алмазы детанационного синтеза: свойства и применение / В.Ю. Долматов // Успехи химии, 2001. – Т. 70, № 7. – С. 687–708.

2 Маслов, А.Л. Разработка композиционных связок импортозамещающего алмазно-гальванического инструмента, упрочненных нанодисперсными порошками алмаза и оксида алюминия: дис. ... канд. техн. наук: 05.16.06 / А.Л. Маслов; НИТУ «МИСиС». – М., 2015. – 145 с.

3 Дисперсное упрочнение наночастицами композиционного электрохимического покрытия / Н.И. Полушин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия, 2011. – № 4. – С. 49–53.