

ЛИТЕРАТУРА

1. Гинберг А. М. Ультразвук в химических и электрохимических процессах машиностроения / А. М. Гинберг. М.: Машгиз, 1962 –С 48.
2. Яскельчик В.В., Курило И.И., Крышилович Е.В., Касач А.А. Электрохимическое меднение сложнопрофильных изделий тезисы 81-й научной науч.-техн. Конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 1-12 февраля 2017 г. [Электронный ресурс] / отв. за издание И.В. Войтов; УО БГТУ. Минск: БГТУ, 2017. – 168 с.

УДК 621.793

В.В. Жилинский, доц., канд. хим. наук;
В.В. Чаевский, доц., канд. физ.-мат. наук; А.В. Романовская
БГТУ, г. Минск

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ КОМБИНИРОВАННЫЕ Ni-УДА/Мо–N-ПОКРЫТИЯ НА ТВЕРДОМ СПЛАВЕ

Одним из перспективных направлений создания композиционных материалов является получение композиционных электрохимических покрытий (КЭП) путем гальванического соосаждения частиц с металлическими покрытиями, показывающие высокие физико-механические и электрохимические свойства [1]. В ряду модифицирующих добавок, включающем наноразмерные частицы, наибольшее практическое применение для модифицирования покрытий и поверхностных слоев получили ультрадисперсные алмазы детонационного синтеза (УДА). Использование УДА, получаемых детонацией взрывчатых веществ, в качестве композиционного материала в электрохимических и химических металл-алмазных покрытиях приводит к повышению их износостойкости, твердости, коррозионной стойкости, существенной адгезии, резкому снижению коэффициента трения [2]. Перспективное направление использования КЭП такого вида – упрочнение инструмента. Вместе с тем безэлектролизное осаждение металлических покрытий – один из перспективных методов защиты от коррозии, поскольку позволяет получать практически беспористые, однородные по толщине покрытия на деталях сложного профиля [3]. В настоящее время в машиностроении для повышения функциональных свойств деталей из конструкционных сталей: коррозионной стойкости, твердости, износостойкости – широко используются гальванические железные покрытия, покрытия сплавами железа и Ni-P

[4]. Интерес к электрохимическим и химическим покрытиям Ni-P вызван уникальным комплексом присущих этим материалам физико-химических и механических свойств.

Одним из наиболее эффективных способов обработки поверхности материалов является метод конденсации вещества из плазменной фазы в вакууме с ионной бомбардировкой (КИБ), который позволяет существенно улучшить эксплуатационные свойства изделий, применяемых в различных отраслях промышленности, в т. ч. в станкостроении и деревообработке [5].

Поэтому целью данной работы было синтезировать на поверхности лезвий ножей фирмы Leitz (Германия) из твердого сплава WC – 2 вес.% Co [6] фрезерного инструмента комбинированным методом КИБ и гальванической обработкой Ni-УДА/Мо–N-покрытий и исследовать структуру, фазовый состав и механические свойства сформированных слоев.

В первую очередь, методом КИБ наподготовленную поверхность лезвий ножей фрез осаждались Мо–N-покрытия в два этапа – с предварительной обработкой ионами молибдена в вакууме 10^{-3} Па при потенциале подложки -1 кВ и последующим нанесением покрытий при токе горения дуги катода 180 А и опорном напряжении -100 В в атмосфере азота при давлении 10^{-1} Па. Температура при осаждении соответствовала 400–450°С. Толщина полученных покрытий не превышала 1,5 мкм.

Затем на подготовленные поверхности Мо–N-покрытия формировались Ni-УДА-покрытия двух типов. Химическое осаждение никеля проводили из раствора следующего состава: NiSO₄ · 7H₂O (200,0 г/л), NaCl(20,0 г/л), H₃BO₃ (20,0 г/л), Na₂H₂PO₂(25,0 г/л). Ni-УДА КЭП осаждалось с использованием экспериментальной установки с применением источника постоянного тока марки DCPOWERSUPPLYHY3005-3 в гальваностатическом режиме электролиза при средней катодной плотности тока 0,8 А/дм² из электролита следующего состава: NiSO₄ · 6H₂O (250,0 г/л), NiCl₂·6H₂O (40,0 г/л), H₃BO₃ (30,0 г/л), сахарин (1,1 г/л), RADO 57M (6,0 мг/л). Процесс осаждения КЭП проводили при постоянном перемешивании электролита-суспензии. Уровень кислотности до значения pH 3,0 корректировался концентрированным раствором серной кислоты с помощью pH-метра pH-150. Покрытия осаждались при температурах 40–50°С. Толщина Ni-УДА-покрытий не превышала 10 мкм. В качестве дисперсной фазы использовали УДА (ТУ РБ 28619110.001-95), являющиеся продуктом детонационного превращения взрывчатых веществ с размерами 3–5 нм, развитой удельной поверхностью 200–450 м²/г. Концентрация УДА в растворе и электролите составляла 1 г/л.

Фазовый состав полученных покрытий исследовался методом

рентгеноструктурного анализа (РСА) при помощи дифрактометра UltimaIV (Япония) в Cu-K_α излучении в скользящем режиме под углом 5°.

Микротвердость испытываемых покрытий определялась микротвердомером AFFRI-MVDM8 (Италия) по методу Виккерса с погрешностью ±15 HV при нагрузке 100 г. Оптический микроскоп микротвердомера использовался также для исследования морфологии поверхности образцов.

Измерение адгезионной прочности образцов с полученным Ni-УДА/Мо-N-покрытием проводилось на установке «скретч-тестер», принцип работы которого основан на методе склерометрии – царапании поверхности покрытия алмазным индентором (с радиусом закругления 0,5 мм) при пропорционально возрастающей нагрузке и определении критической нагрузки, при которой происходит отрыв или разрушение покрытия. Скорость движения индентора была 20 мм/мин, максимальная нагрузка на индентор в конце трека достигала 150 Н. Адгезионная прочность оценивалась по величине критической нагрузки.

На основании РСА рентгенограммы сформированного Ni-УДА/Мо-N-покрытия (рис. 1), которое показывает широкое галло в области 2θ, равном 40–54° и наличие отдельных пиков областях 2θ 31–36° и 64–99°, можно утверждать о формировании отдельных фаз никеля α-Ni, Ni-УДА, Ni₃Pс тетрагональной решеткой, молибдена α-Mo и Mo₂Nс тетрагональной решеткой.

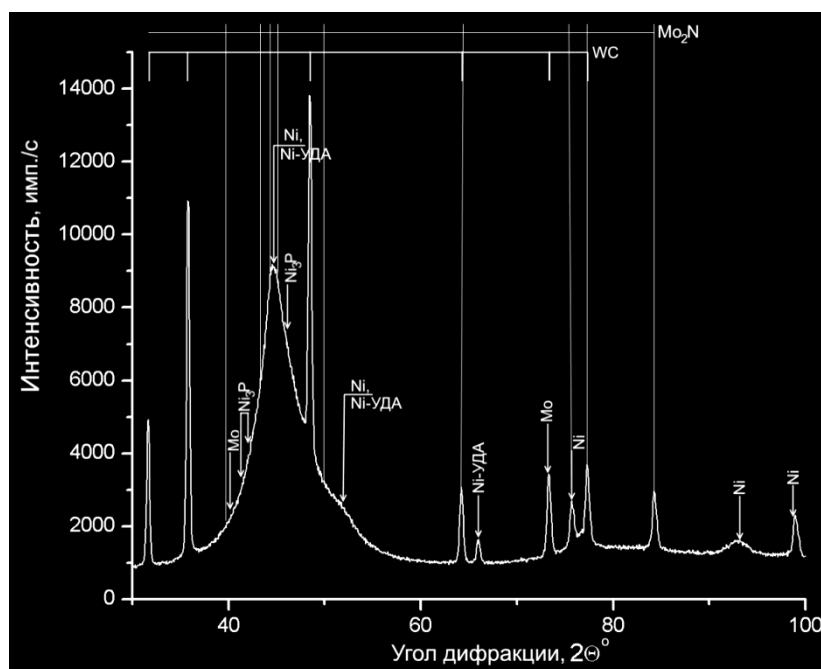


Рисунок 1 – Рентгенограмма покрытия Ni-УДА КЭП/Мо-N

Ni-УДА/Мо–N-покрытия имеют характерную структуру, формируемую кластерами наноалмазов (рис. 2) [7]. Микрорельеф поверхности слоя Ni-УДА КЭП (рис. 2а) имеет более выраженный в сравнении с Ni-УДА (рис. 2б) характер.

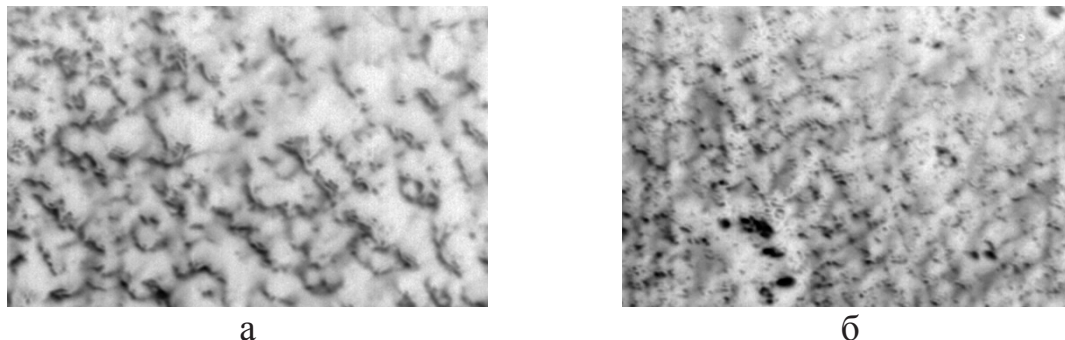
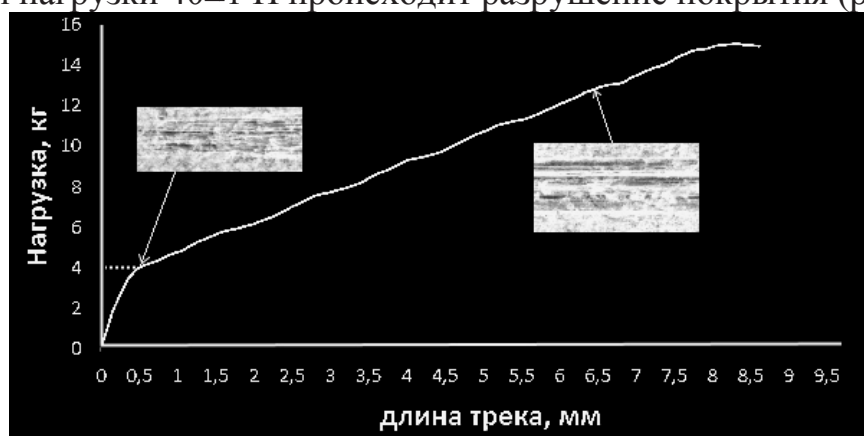


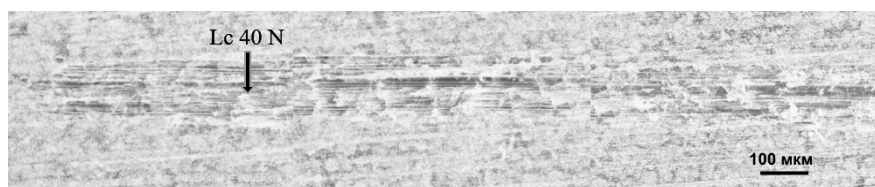
Рисунок 2 – Оптический снимок поверхностей покрытий:
(а) Ni-УДА КЭП/Мо–N, (б) Ni-УДА/Мо–N

Значения микротвердости Ni-УДА КЭП/Мо–N- и Ni-УДА/Мо–N-покрытий практически одинаковы и составляют 162 HV и 186 HV. Значение микротвердости твердого сплава WC – 2 вес.% Co составило 10700 ± 90 HV.

Согласно полученным экспериментальным данным трибологических испытаний Ni-УДА/Мо–N-покрытий на скретч-тестере при достижении нагрузки 40 ± 1 Н происходит разрушение покрытия (рис. 3).



а



б

Рисунок 3 – (а) Кривая микроскретча и снимки скретч-трека образца, (б) Оптический снимок скретч-трека Ni-УДА/Мо–N-покрытия

Сравнение полученного значения критической нагрузки с литературными данными [8] показывает, что прочности сцепления покрытия с твердосплавной основой достаточно высокая.

Таким образом, разработаны технологии нанесения комбинированных двухслойных Ni-УДА/Mo-N-покрытий двух типов для упрочнения поверхности лезвий твердосплавных ножей дереворежущего инструмента. Установлено, что комбинированное покрытие с химически осажденным никелем с УДА (Ni-УДА/Mo-N) имеет достаточно высокую адгезию с твердосплавной основой и состоит из отдельных фаз α -Ni, Ni-УДА, Ni₃P, α -Mo и Mo₂N.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кубрак П.Б., Дроздович В.Б., Жарский И.М., Чаевский В.В. Электрохимическое осаждение и свойства композиционных никелевых покрытий, содержащих углеродные наноматериалы // Гальванотехника и обработка поверхности, 2012. – Т. XX, № 2. – С. 43–49.
2. Долматов В.Ю. Ультрадисперсные алмазы детанационного синтеза: свойства и применение // Успехи химии, 2001. – Т. 70, № 7. – С. 687–708.
3. Какарека А.С., Врублевская О.Н., Воробьева Т.Н. Химическое осаждение пленок Ni-W-P и Ni-P на алюминий как способ защиты алюминия от коррозии // Вестник БГУ, 2011. – Сер. 2, № 1. – С. 18–22.
4. Функциональные покрытия на основе сплавов железа / С. С. Попова [и др.] // Гальванотехника и обработка поверхности, 2001. – Т. 9, № 1. – С. 34–39.
5. Влияние ZrN, Mo-N покрытий, сульфатирования на износ ножей дереворежущего инструмента / А.К. Кулешов [и др.] // Трение и износ, 2014. – Т. 35, № 3. – С. 276–286.
6. Influence of high energy treatment on wear of edges knives of wood-cutting tool / V. Chayauski [et al.] // MM Science Journal, 2016. – no. 6. – pp. 1519–1523.
7. Дисперсное упрочнение наночастицами алмазного композиционного электрохимического покрытия / Н.И. Полушин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия, 2011. – № 4. – С. 49–53.
8. The effects of the H/E ratio of various Cr-N interlayers on the adhesion strength of CrZrN coatings on tungsten carbide substrates / Hye-Kun Kim [et al.] // Surface & Coatings Technology, 2015. – no. 284. – pp. 230–234.