

2. K. Gang, L. Lingyan, L. Jintang, C. Chunshan, Z. Zheng Study on lanthanum salt conversion coating modified with citric acid on hot dip galvanized steel // JOURNAL OF RARE EARTHS. 2010. Vol. 28. №3. P. 461-465.

3. M. Sanchez, M.C. Alonso, P. Cecilio, M.F. Montemor, C. Andrade Electrochemical and analytical assessment of galvanized steel reinforcement pre-treated with Ce and La salts under alkaline media // Cement & Concrete Composites. 2006. Vol. 28. P. 256-266.

4. P. Tianlan, M. Ruilin Rare earth and silane as chromate replacers for corrosion protection on galvanized steel // JOURNAL OF RARE EARTHS. 2009. Vol. 27. №1. P. 159-163.

УДК 621.357, 620.187

В.В. Жилинский, доцент, канд. хим. наук
В.В. Чаевский, доцент, канд. физ.-мат. наук
А.А. Касач, аспирант, маг. техн. наук
Т.Н. Филипович, млад. науч. сотр.
БГТУ, Минск

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ДУПЛЕКСНЫХ Ni-ДНА/Ni-ПОКРЫТИЙ НА ТВЕРДОМ СПЛАВЕ

Повышение износостойкости поверхностей с помощью специальных покрытий представляет собой один из наиболее эффективных методов улучшения функционально эксплуатационных характеристик изделий и деталей различного назначения. Новые перспективы развития данного направления раскрываются с использованием нанотехнологий – их реализация позволяет получать покрытия с уникальными свойствами. Установлено, что формирование многослойных наноструктурированных покрытий, состоящих из совокупности чередующихся слоев одного или нескольких типов покрытий или их комбинаций, приводит к возникновению качественно новых свойств по сравнению с однослойными покрытиями, в частности возрастанию твердости, прочности, коррозионной стойкости и др. [1, 2]. Кроме того, использование в многослойных покрытиях наноалмазов, получаемых методом детонационного синтеза взрывчатых веществ (ДНА), в качестве композиционного материала в электрохимических покрытиях (КЭП) приводит к повышению их износостойкости, твердости, коррозионной стойкости, существенной адгезии, резкому снижению коэффициента трения [3].

Целью данной работы было синтезировать на поверхности лезвий ножей фирмы Leitz (Германия) из твердого сплава WC – 3 вес.% Co фрезерного инструмента гальванической обработкой Ni-ДНА/Ni-покрытий и исследовать структуру, фазовый состав и механические свойства сформированных слоев.

Электрохимическое 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 DC POWER SUPPLY HY3005-3 в гальваностатическом режиме электролиза при средней катодной плотности тока 4,0 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 рН 4,0 корректировался раствором серной кислоты и контролировался с помощью рН-метра рН-150. Покрытия осаждались при температурах 40–50°С. В качестве дисперсной фазы использовали ДНА марки "УДА-ВК" (ТУ РБ 28619110.001-95). Концентрация ДНА в электролите составляла 1 г/л.

Фазовый состав полученных покрытий исследовался методом рентгеноструктурного анализа (РСА) при помощи дифрактометра Ultima IV (Япония) в Cu-K_α излучении в скользящем режиме под углом 5°.

Морфология и элементный состав сформированных покрытий исследовались с помощью методов РСМА, РЭМ и СЭМ с использованием электронного микроскопа Hitachi S-4800.

Микротвердость испытуемых покрытий определялась микротвердомером AFFRI-MVD M8 (Италия) по методу Виккерса с погрешностью ±15 HV при нагрузке 20, 50 и 100 г.

На рентгенограммах дуплексных Ni-ДНА/Ni-КЭП (рис. 1а) отчетливо наблюдаются рефлекссы, соответствующие кристаллографическим отражениям от плоскостей решеток карбида вольфрама WC и металлического никеля α-Ni. Кроме того, с учетом анализа результатов рентгенограммы алмазных пленок (рис. 1б) можно заключить, что интенсивный пик никеля от плоскости (111) содержит при 43,9° пик алмаза от (111), в то время как пик алмаза от (220) при дифракции около 2θ ~ 75,3° перекрывается с пиком WC и Ni (220). Можно сделать вывод, что Ni-ДНА/Ni-КЭП имели [111] текстуру.

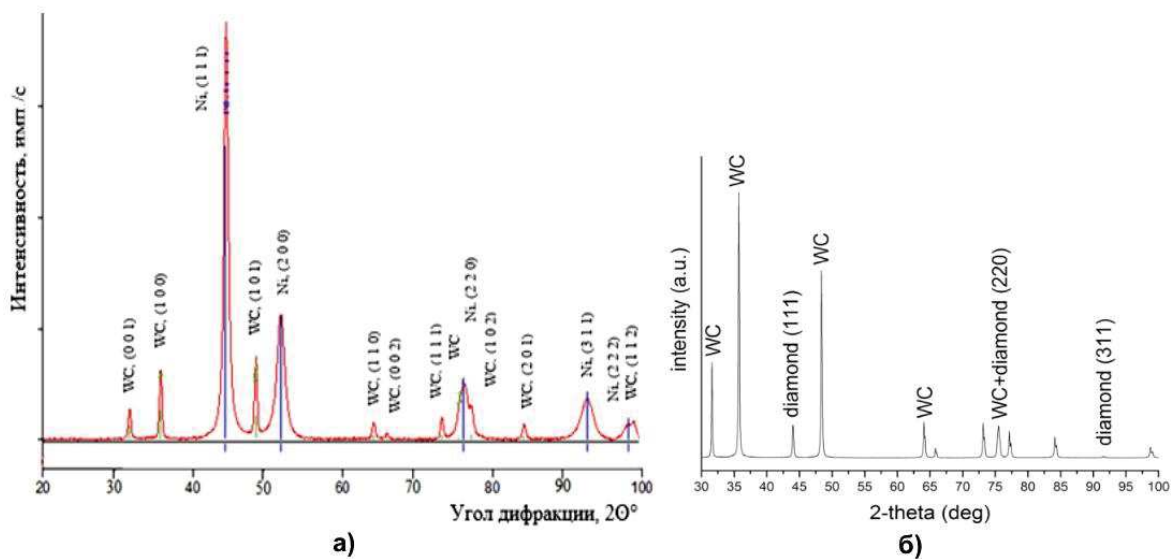
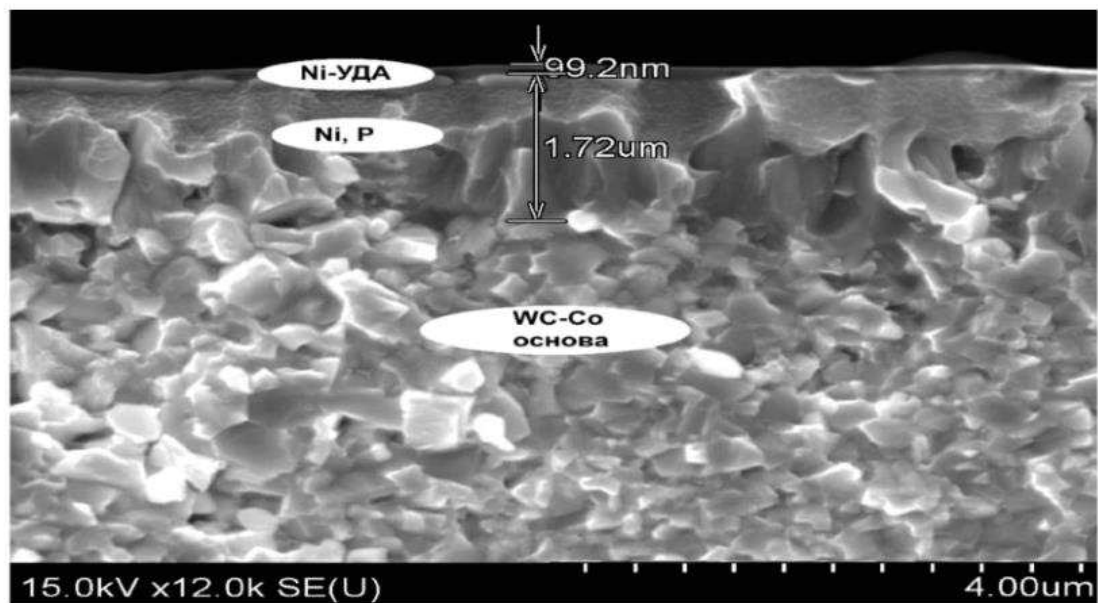
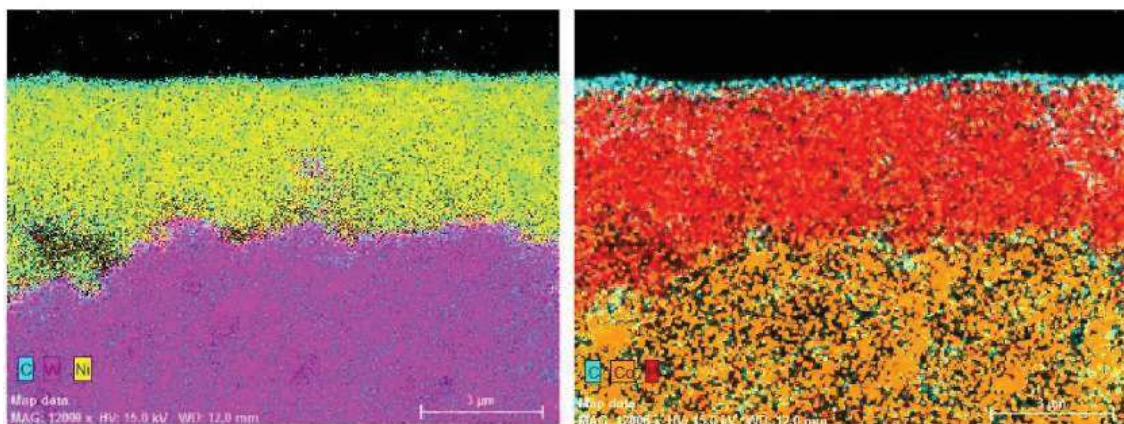


Рисунок 1 – Рентгенограммы Ni/Ni-ДНА-покрытия на твердом сплаве (а) и алмазных пленок на твердом сплаве WC-6 вес.% Co [4] (б)

СЭМ-снимок поперечного излома образца (рис. 2а) показывает наличие слоев различной микроструктуры и толщины. Рисунки 2 б, в показывают, что Ni-ДНА слой и слой никеля не перемешиваются друг с другом и основой. Кроме того, слой никеля содержит фосфор (рис. 2 в), что связано с условиями осаждения Ni-покрытия.



а)



б)

в)

Рисунок 2 – Микроструктура образца с Ni/Ni-ДНА-покрытием (а) в характеристическом рентгеновском излучении (б, в)

Морфология поверхностного слоя Ni/Ni-ДНА-покрытия (рис. 3) показывает, что полученные дулексные покрытия имеют характерную структуру, формируемую кластерами наноалмазов [5].

Значение микротвердости Ni/Ni-ДНА-покрытия составило 590 ± 9 HV, которое меньше микротвердости твердого сплава WC – 3 вес.% Co (3070 ± 90 HV).

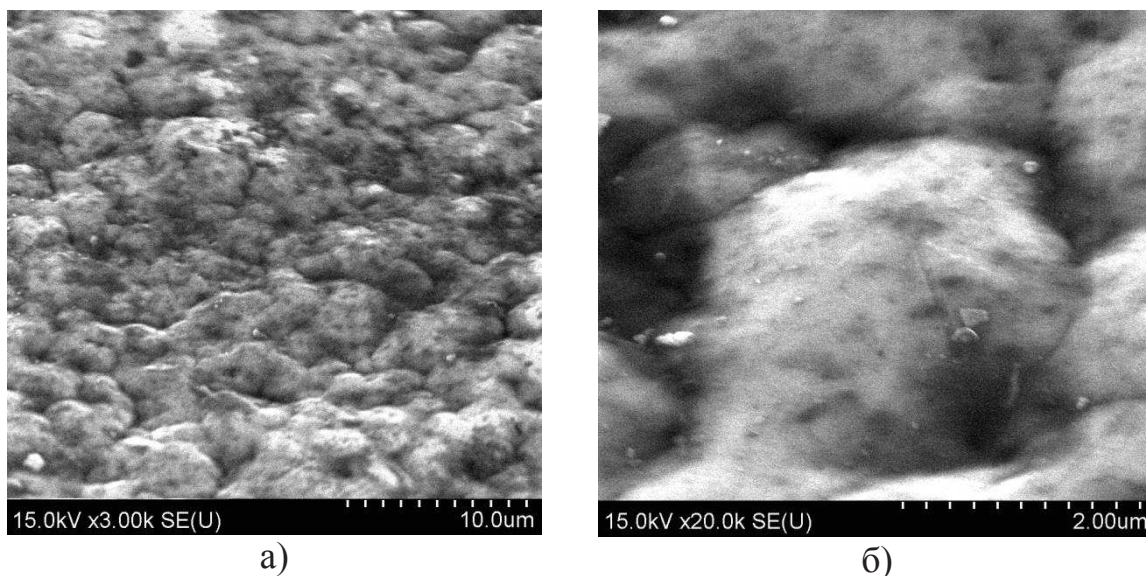


Рисунок 3 – Морфология поверхностного слоя Ni/Ni-ДНА-покрытия при различных увеличениях

Таким образом, разработаны основы технологии нанесения дуплексных Ni-ДНА/Ni-покрытий для упрочнения поверхности лезвий твердосплавных ножей дереворежущего инструмента. Установлено, что сформированное покрытие состоит из отдельных слоев Ni-ДНА и никеля с включениями фосфора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е. К. Севидова, Ю. Г. Гуцаленко, Н. В. Крюкова. Повышение износостойкости поверхности наноструктурными покрытиями // *Электронная обработка материалов*, 2014. – Т. 50, № 3. – С. 92–94.
2. Microstructural, surface and electrochemical properties of a novel Ni-B/ Ni-W-BN duplex composite coating by co-electrodeposition / B. Li [et al.] // *Applied Surface Science*, 2018. – no. 458. – pp. 305–318.
3. Долматов В.Ю. Ультрадисперсные алмазы детанационного синтеза: свойства и применение // *Успехи химии*, 2001. – Т. 70, № 7. – С. 687–708.
4. Sandblasting pretreatment for deposition of diamond films on WC-Co hard metal substrates / X. Shen [et al.] // *Diamond & Related Materials*, 2017. – no. 73. – pp. 7–14.
5. 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.