

УДК 674.055:621.934

В. В. Чаевский<sup>1</sup>, М. А. Андреев<sup>2</sup>**СТРУКТУРА И СОСТАВ ТОНКИХ ПЛЕНОК Cr-НАНОАЛМАЗЫ/ Hf – Zr – ZrN**

<sup>1</sup> *Белорусский государственный технологический университет, ул. Свердлова, 13а,  
220006 Минск, Беларусь  
[chayevski@belstu.by](mailto:chayevski@belstu.by)*

<sup>2</sup> *ОХП «Институт сварки и защитных покрытий» НАН Беларуси, ул. Платонова, 12Б,  
220005 Минск, Беларусь  
[andreyev.mikhail@gmail.com](mailto:andreyev.mikhail@gmail.com)*

В настоящее время достигнут существенный прогресс в улучшении характеристик инструментальных материалов путем нанесения модифицирующих покрытий с применением различных технологий их осаждения, среди которых одной из основных тенденций является развитие гибридных (комбинированных) технологий [1]. Целью данной работы было сформировать на поверхности лезвий стальных (сплава НН8 18% W) ножей дереворежущего инструмента комбинированные гальвано-ионно-плазменные хром - наноалмазы детонационного синтеза (ДНА) Cr-ДНА/ Hf – Zr – ZrN покрытия и исследовать их структуру и элементный состав.

Для формирования комбинированных Cr-ДНА/ Hf – Zr – ZrN покрытий на поверхность ножей предварительно напылялись Hf – Zr – ZrN пленки, после чего осаждались Cr-ДНА слои. Перед осаждением Hf – Zr – ZrN покрытия проводилась ионная очистка содержащей Zr и Hf мишени ЦГ20 потоком ионов аргона. Затем методом ионно-лучевого распыления напылялась пленка Hf на поверхность лезвия ножа. После чего методом конденсации с ионно-плазменной бомбардировкой (КИБ) осаждалось ZrN покрытие. В результате формировалось слоистое Hf – Zr – ZrN покрытие на поверхностях лезвий ножей фрезерного инструмента. Cr-ДНА композиционные электрохимические покрытия осаждались на поверхность ZrN покрытий в гальваностатическом режиме электролиза при средней катодной плотности тока 50 А/дм<sup>2</sup> из классического электролита хромирования при содержании CrO<sub>3</sub> – 250 г/л, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 2,2–2,5 г/л с добавлением ДНА марки «УДА-ВК» 2,5–5,1 г/л. С целью улучшения адгезии Cr-ДНА слоя с ZrN покрытием на поверхность ZrN покрытия дополнительно осаждались химическим и электрохимическим методами промежуточные слои никеля и меди, соответственно.

Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) образцов и рентгеноспектральный микроанализ сформированных покрытий исследовались с помощью электронных микроскопов MIRA 3 (TESCAN) и Hitachi S-4800.

Комбинированные Cr-ДНА/ Hf – Zr – ZrN покрытия имеют слоистую структуру, состоящую из ионно-плазменных нижнего Zr-Hf и среднего ZrN слоев и верхнего гальванического Cr-ДНА слоя (рис. 1а). ZrN слой не перемешивается с Cr-ДНА и Zr-Hf слоями. Поверхность верхнего Cr-ДНА слоя Cr-ДНА/ Hf – Zr – ZrN покрытия (рис. 1) имеет характерную структуру в виде глобулярных образований, сформированных, как доказано в работах [2, 3] фосфидом никеля (Ni<sub>3</sub>P) и кластерами наноалмазов. СЭМ-снимок поперечного излома образца с Cr-ДНА/ZrN покрытием (рис. 2) показывает наличие слоев различной микроструктуры и толщины. Толщина верхнего Cr-ДНА слоя

составляет 304 нм, промежуточного слоя меди и никеля – 939 нм, нижнего ZrN слоя – 2,50 мкм. Промежуточный слой не перемешивается с верхним слоем и нижним слоем.

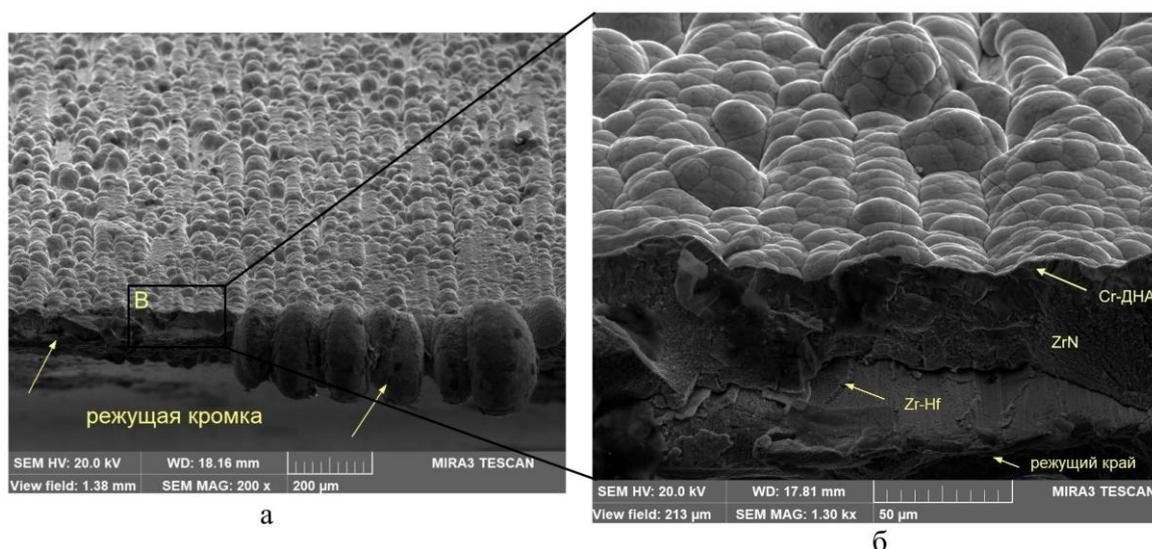


Рис. 1. СЭМ-снимки лезвия ножа с Cr-ДНА/ Hf – Zr – ZrN покрытием: (а) режущей кромки и (б) выделенной зоны В скола на острие лезвия

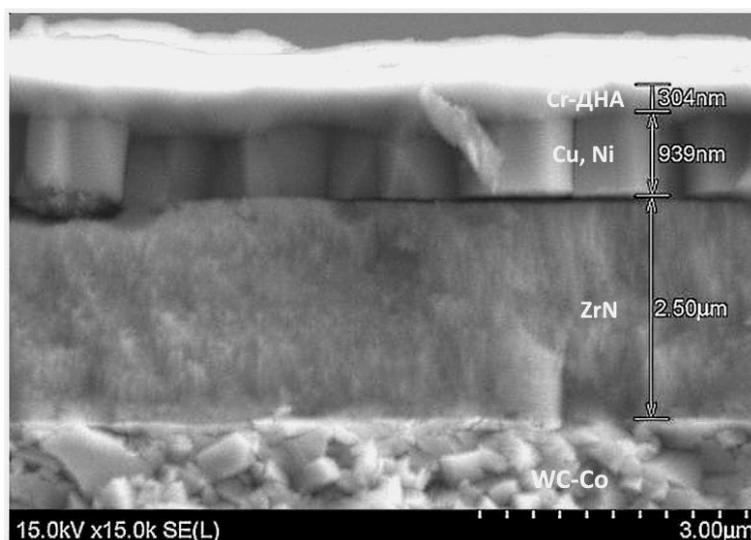


Рис. 2. Микроструктура Cr-ДНА/ ZrN покрытия на твердосплавной (WC – Co) основе

- [1] Chayeuski V. Structural and mechanical properties of the ZrC/Ni-nanodiamond coating synthesized by the PVD and electroplating processes for the cutting knives / V. Chayeuski, V. Zhylinski, O. Cernashejus, N. Visniakov, G. Mikalauskas // JMEP. – 2019. – Vol. 28, no. 3. – P. 1278–1285.
- [2] Tseluikin V. N. On the structure and properties of composite electrochemical coatings. A review / V. N. Tseluikin // Prot. Met. Phys. Chem. Surf. – 2016. – Vol. 52, no. 2. – P. 254–266.
- [3] Чаевский В. В. Влияние параметров электрохимического осаждения на структуру и фазовый состав покрытия сплавом Ni-P / В. В. Чаевский, В. В. Жилинский, О. Чернашеюс // Труды БГТУ. – 2016. – № 6. – С. 106–109.