Заключение

Увеличение напряжения на конденсаторной батарее магнитоплазменного компрессора с 2.5 до 4.0 кВ при обработке КПП в остаточной атмосфере азота приводит к модификации твердого сплава Т15К6 с предварительно нанесенным покрытием Nb (толщиной 2 мкм), сопровождающееся:

- 1) легированием поверхностных слоев твердого сплава ниобием до 80 ат. %;
- 2) образованием дополнительных фаз, содержащих ниобий, таких как карбид ниобия NbC, твердые растворы (Ti, Nb)C и (Ti, Nb, W)C, а также нитрид ниобия Nb₂N;

3) повышением твердости переплавленных слоев до 35 ГПа за счет образования твердых растворов и нитридных фаз.

Список литературы

- Uglov V.V., Cherenda N. N., Anishchik V.M., Stalmashonak A.K., Kononov A.G., Petuhov Yu.A., Astashynski V.M., Kuzmitski A.M. // Journal of High Temperature Material Processes. 2007. № 11. C. 383-392.
- Uglov V.V., Cherenda N. N., Anishchik V.M., Stalmashonak A.K., Astashinski V.M., Mishchuk A.A. // Vacuum. 2007. V. 81. P. 1341-1344.

STRUCTURE AND PROPERTIES OF SURFACE LAYER OF T15K6 HARD ALLOY WITH NIOBIUM COATING TREATED BY COMPESSION PLASMA FLOWS

A.K. Kuleshov¹⁾, D.P. Rusalsky¹⁾, N.N. Cherenda¹⁾, V. M. Astashynski²⁾, A. M. Kuzmitski²⁾ Belarusian State University

4 Nezavisimosti ave., 220030 Minsk, Belarus, kuleshak @bsu.by ²⁾Transfer Institute, National Academy of Sciences of Belarus, 15 P. Brovka str., 220072 Minsk, Belarus, ast @imaph.bas-net.by)

The investigation of structure-phase state and mechanical properties of surface layers of T15K6 hard alloy formed after nio-bium coating deposition and subsequent compression plasma flows treatment is conducted. It is found that fused surface layer with complex relief and thickness of 7µm forms as a result of melting of alloys surface layer with coating and its liquid mixing and fast solidification. The formation of additional phases NbC, (Ti, Nb)C, (Ti, Nb, W)C and Nb₂N takes place in this fused layer that results in hardness increase up to 35 GPa.

ВЛИЯНИЕ ВАКУУМНО-ДУГОВОГО ОСАЖДЕНИЯ КАРБИДА ЦИРКОНИЯ ZrC НА ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ И СТРУКТУРУ Ni-УДА СЛОЯ НА WC-Co ТВЕРДОМ СПЛАВЕ

В.В. Чаевский, В.В. Жилинский Белорусский государственный технологический университет, ул. Свердлова 13a, 220006 Минск, Беларусь, chayeuski@belstu.by, zhilinski@yandex.ru

В данной работе показано, что синтезированный на WC – 2 вес.% Со твердом сплаве гальванический никельнаноалмазный Ni-УДА слой имеет характерную структуру, формируемую кластерами наноалмазов. При осаждении методом КИБ карбида циркония ZrC на Ni-УДА слой происходит диффузия кобальта из твердого сплава в Ni-УДА слой. Ni-УДА-покрытие не перемешивается с твердосплавной основой и с ZrC-покрытием.

Введение

Твердые нитридные и карбидные покрытия переходных металлов широко применяются для защиты режущих инструментов от повреждений в деревообрабатывающей металло-И промышленности. Однако такие традиционные твердые керамики как нитриды, карбиды, бориды (TiAIN, TiC, TiB₂ и др.) не обладают способностью сохранять свои свойства при тяжелых условиях резания [1]. Карбид вольфрама WC, лигированный кобальтом, является одним из современных решений для режущих инструментов [2]. Срок службы твердосплавных инструментов может также значительно улучшаться наноструктурированными многослойными покрытиями, такими как TiCN, TiCrN, AlCrN, TiAlN, CrZrN и др., синтезированными методом физического осаждения из паровой фазы с помощью катодно-дугового испарения (CAE-PVD) и обладающими превосходными механическими свойствами [3]. Использование ультрадисперсных алмазов (УДА), получаемых детонацией взрывчатых веществ, в качестве композиционного материала в электрохимических и химических металл-алмазных покрытиях приводит также к повышению их износостойкости, существенной адгезии, значительному снижению коэффициента трения [4]. В связи с этим целью данной работы было сформировать методами конденсации с ионно-плазменной бомбардировкой (КИБ) и электрохимического осаждения градиентные комбинированные ZrC/Ni-УДА-покрытия на поверхности твердого сплава WC-Co и исследовать их структуру и элементный состав.

Методика эксперимента

Ni-УДА композиционнные электрохимические покрытия (КЭП) наносили на подготовленную поверхность лезвий твердосплавных ножей фирмы Leitz (Германия) на экспериментальной установке при плотностях тока 2.0–2.5 А/дм² в гальваноста-

тическом и импульсном режимах электролиза из сульфаминовокислых электролитов никелирования. 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 электролите составляла 4.5 г/дм³. Процесс осаждения КЭП проводили при температуре 40–50°С и постоянном перемешивании электролитасуспензии для поддержания частиц УДА во взвешенном состоянии.

ZrC-покрытия осаждались методом КИБ на поверхность ножей с Ni-УДА-покрытием на установке ВУ-1Б «Булат» с предварительной обработкой ионами циркония подложки в вакууме 10^{-3} Па при потенциале подложки, равном -1 кВ, и последующим нанесением покрытий при токе горения дуги катода -100 А и опорном напряжении, равном -100 В, в атмосфере углеводорода CH_4 при давлении 10^{-1} Па. Температура при осаждении соответствовала $400-450^{\circ}$ C.

Фрактографические исследования и изучение морфологии поверхности образцов проводилось методами растровой электронной микроскопии (РЭМ) и сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) с использованием микроскопов LEO-1455 VP и Hitachi S-4800 (Япония), которые также применялись для определения элементного состава образцов методами СЭМ и рентгеноспектрального микроанализа (РСМА).

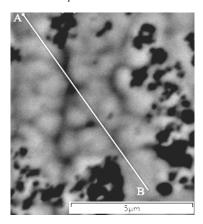
Экспериментальные результаты

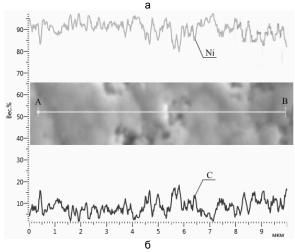
Осажденное Ni-УДА-КЭП имеет характерную структуру в виде глобулярных образований (рис. 1a), формируемую кластерами наноалмазов [5]. Кластеры наноалмазов в этом случае являются центрами осаждения ионов никеля. СЭМ-снимок поверхности Ni-УДА показывает, что углерод присутствует в Ni-УДА слое в виде связанных агломератов размером 0.7—2.5 мкм (рис. 1a, б), тем самым подтверждая данные о формировании кластеров наноалмазов размером до 10 мкм [5]. Сформированный Ni-УДА слой не перемешивается с твердосплавной основой (рис. 1в).

СЭМ-снимок поперечного сечения ZrC /Ni-УДА-покрытия показывает (рис. 2), что никельнаноалмазный слой имеет толщину 1.5 мкм, характеризуется дефектной структурой с наличием пор и пустот (рис. 2а) и не перемешивается с твердосплавной основой и ZrC-покрытием. Сформированное на поверхности Ni-УДА слоя ZrC-покрытие имеет толщину 1.75 мкм. СЭМ-снимок и РСМА области А подложки (рис. 2а) показывают, что твердосплавная основа имеет мелкокристаллическую структуру и состоит из карбида вольфрама WC – 2 вес.% Со (табл. 1).

На основании анализа элементного состава поверхности (табл. 2) можно заключить, что ZrC-покрытие закрывает Ni-УДА слой.

СЭМ-снимки поперечного сечения образцов показывают (рис. 3), что после осаждения ZrC в Ni-УДА слое присутствует кобальт (рис. 3б).





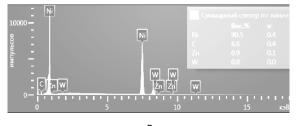


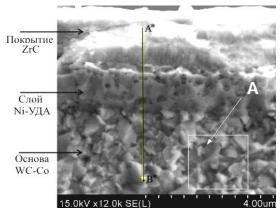
Рис. 1. СЭМ-снимок поверхности Ni-УДА-покрытия (a), распределение концентрации элементов (Ni, C) (б) и спектр элементного состава (в) при сканировании вдоль линии AB

Таблица 1. Химический состав карбида вольфрама

Элемент	Концентрация, вес %
С	14.88 ± 2.5
0	3.61 ± 0.8
Ni	1.13 ± 0.1
Zr	80.38 ± 3.6

Таблица 2. Элементный состав поверхности ZrCпокрытия

Элемент	Концентрация, вес %
С	15.51 ± 1.5
0	1.45 ± 0.3
Ni	2.02 ± 0.1
Zr	85.02 ± 3.0



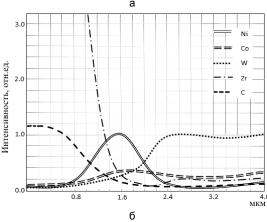


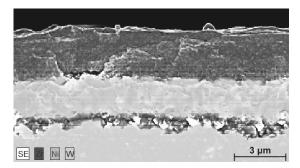
Рис. 2. СЭМ-снимок излома ножа с ZrC / Ni-УДА-покрытием (a) и распределение характеристического рентгеновского излучения Ni, Co, W, Zr и C при сканировании вдоль линии AB (б)

Заключение

На твердосплавные из карбида вольфрама WC – 2 вес.% Со ножи дереворежущего инструмента осаждены комбинированные градиентные ZrC/Ni-УДА-покрытия.

В результате адгезионной активности частиц наноалмазов и их способности формировать кластеры размером до 10 мкм углерод (наноалмазы) распределяются по поверхности Ni-УДА-слоя в виде кластеров.

Никель-наноалмазный слой характеризуется дефектной структурой с наличием пор и пустот и не перемешивается с ZrC-покрытием и твердосплавной основой.



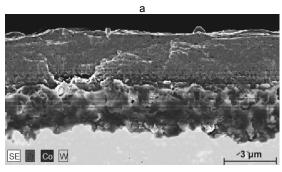


Рис. 3. СЭМ-снимок излома ножа с ZrC / Ni-УДА-покрытием и распределение характеристического рентгеновского излучения Zr, Ni, W (a); Zr, Co, W (б)

После осаждения ZrC в Ni-УДА слое присутствует кобальт.

ZrC/Ni-УДА-покрытия, благодаря их специфической структуре (чередующиеся слои разного состава, наличие твердого карбида циркония ZrC), могут быть использованы для увеличения периода стойкости дереворежущего фрезерного инструмента при резании древесностружечных плит на станках с ЧПУ.

Список литературы

- Sokovic M. // Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. 2007. Vol. 24(1). P. 421-429.
- 2. Egashira K., Hosono S., Takemoto S., Masao Y. // Precision Engineering. 2011. V. 35. P. 547-553.
- 3. Sampath Kumar T., Balasivanandha Prabu S., Manivasagam G. // Journal of Materials Engineering and Performance. 2014. V. 23. № 8. P. 2877–2884.
- 4. *Долматов В.Ю.* // Успехи химии. 2001. Т. 70. № 7. С. 687–708.
- 5. Полушин Н.И. [и др.] // Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. 2011. № 4. С. 49–53.

THE EFFECT OF VACUUM ARC DEPOSITION OF ZIRCONIUM CARBIDE ZrC ON THE ELEMENTAL COMPOSITION AND STRUCTURE OF NI-UDD LAYER ON WC-Co HARD ALLOY

V.V. Chayeuski, V.V. Zhylinski

Belarusian State Technology University,

13a Sverdlova str., 220006 Minsk, Belarus, chayeuski@belstu.by, zhilinski@yandex.ru

In this paper was shown that the nickel-nanodiamond galvanic Ni-UDD layer synthesized on WC-2 wt% Co, has a characteristic structure formed by clusters of nanodiamonds. When zirconium carbide ZrC is precipitated on the Ni-UDD layer by PVD method, cobalt diffusion from the hard alloy to the Ni-UDD layer occurs. Ni-UDD coating does not mix with hard alloy substrate and with ZrC-coating.