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⁾ ¹⁾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 niobium 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 металлои 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-УДA 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-

12-я Международная конференция «Взаимодействие излучений с твердым телом», 19-22 сентября 2017 г., Минск, Беларусь 12th International Conference "Interaction of Radiation with Solids", September 19-22, 2017, Minsk, Belarus 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 CH₄ 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. 1а), 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. 1а, 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-УДАпокрытия 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 ZrCпокрытие 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 (а), 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	ZrC-
покрытия					

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

12-я Международная конференция «Взаимодействие излучений с твердым телом», 19-22 сентября 2017 г., Минск, Беларусь 12th International Conference "Interaction of Radiation with Solids", September 19-22, 2017, Minsk, Belarus

Секция 5. Влияние излучений на структуру и свойства покрытий



Рис. 2. СЭМ-снимок излома ножа с ZrC / Ni-УДА-покрытием (а) 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

- 1. 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.
- 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.
- 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.

12-я Международная конференция «Взаимодействие излучений с твердым телом», 19-22 сентября 2017 г., Минск, Беларусь 12th International Conference "Interaction of Radiation with Solids", September 19-22, 2017, Minsk, Belarus

402