

Раздел третий
**ФИЗИКА РАДИАЦИОННЫХ
И ИОННО-ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

УДК 669.295.539.121

**ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И МЕХАНИЧЕСКИЕ
СВОЙСТВА МНОГОСЛОЙНЫХ ВАКУУМНО-ДУГОВЫХ
ПОКРЫТИЙ TiN/ZrN**

*С.С. Гранкин¹, В.А. Столбовой², У.С. Немченко¹, В.М. Береснев¹, О.В. Соболев³,
С.В. Литовченко¹, П.В. Турбин^{1,4}, В.Ю. Новиков⁵, З.Н. Проценко⁶*

¹*ХНУ им. В.Н. Каразина, Харьков, Украина;*

²*ННЦ «Харьковский физико-технический институт», Харьков, Украина;*

³*НТУ «Харьковский политехнический институт», Харьков, Украина;*

⁴*Научный физико-технологический центр МОН и НАН Украины, Харьков, Украина;*

⁵*Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Белгород, Российская Федерация;*

⁶*Сумской государственной педагогической университет им. А.С.Макаренки,
Сумы, Украина*

Методом вакуумно-дугового осаждения синтезированы наноструктурированные многослойные покрытия TiN/ZrN с их числом 134...533 и средней толщиной 20...125 нм. Выявлена хорошая планарность получаемых в нанометровом диапазоне слоев из плазменных потоков в реактивной среде. В качестве модели критических рабочих условий покрытий установлены механизмы фазово-структурных изменений в поверхностных слоях в условиях действия агрессивной кислородной атмосферы при высокой температуре (700 °С). Показано влияние толщинного параметра многослойной системы на ее твердость. Установлено, что наибольшая твердость (42 ГПа) и наименьший абразивный износ покрытия ($1,3 \cdot 10^{-5} \text{ мм}^3 \cdot \text{Н}^{-1} \cdot \text{мм}^{-1}$) и контртела ($1,9 \cdot 10^{-6} \text{ мм}^3 \cdot \text{Н}^{-1} \cdot \text{мм}^{-1}$) присущи системе TiN/ZrN с наименьшей толщиной слоев 20 нм в периоде. Полученные результаты объяснены влиянием размерного фактора межфазных границ, многократно усиливающимся в многослойной системе с нанометровой толщиной слоев.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из путей повышения функциональных свойств покрытий на основе нитридов тугоплавких соединений является создание многослойных систем, в которых путем сочетания слоев из разных нитридов можно достичь свойств, превосходящих свойства каждого из элементов в отдельности. Наиболее востребованным применением указанных материалов являются созданные на их основе поверхностные износостойкие покрытия на рабочих поверхностях режущего инструмента и узлах трения деталей машин [1].

Анализ литературных данных свидетельствует о перспективности применения многослойных покрытий, в которых слои, состоящие из нитридов тугоплавких материалов, имеют толщину порядка 20...30 нм, для совершенствования механических свойств [2, 3]. Покрытия, состоящие из двух периодически повторяющихся слоев нитридов твердых тугоплавких металлов, обладают высокой твердостью, так как создаваемые в слоях напряжения препятствуют движению дислокаций.

В этой связи объединение имеющих высокую твердость слоев TiN и ZrN в одном многослойном покрытии позволяет при сохранении высокой твердости такого комплексного покрытия в результате образования большого числа сильносвязанных

межфазных границ значительно повысить прочность сформированного вакуумно-дуговым методом материала.

МАТЕРИАЛЫ, ИХ ОБРАБОТКА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Покрытия получались вакуумно-дуговым методом из двух испарителей. Один содержит титан марки ВТ-1-00, второй – цирконий, полученный методом электронно-лучевого плавления (ЭЛП). В качестве подложек для напыления покрытий использовались образцы размером 15×15×2,5 мм из стали 12Х18Н9Т ($R_a = 0,09 \text{ мкм}$). Образцы получены при $P_N = 3 \cdot 10^{-3} \text{ Торр}$ и постоянном потенциале смещения $U_{cm} = -150 \text{ В}$.

В процессе эксперимента формировались три серии образцов покрытия, отличающихся толщиной слоев в периоде.

В первой серии образцов пара слоев покрытия TiN/ZrN имела толщину $\lambda \approx 40 \text{ нм}$ при общей толщине покрытия, составляющей $h \approx 13 \text{ мкм}$. Вторая серия – покрытия TiN/ZrN с $\lambda \approx 70 \text{ нм}$ при общей толщине, составляющей $h \approx 14 \text{ мкм}$. Третья серия образцов покрытия TiN/ZrN формировалась с $\lambda \approx 250 \text{ нм}$ при общей толщине покрытия, составляющей $h \approx 14 \text{ мкм}$.

Число слоев для разных серий составляло для: образцов первой серии – 533, второй – 233, а третьей – 134.

Отжиг образцов проводился в вакуумной камере, предварительно откачанной до давления 10^{-5} Торр в среде кислорода, напущенного до $5 \cdot 10^{-3}$ Торр.

Морфология поверхности, фрактограммы излома, дорожки трения исследовались на растровом электронном микроскопе FEI Nova NanoSEM 450. Исследование фазово-структурного состояния проводилось на дифрактометре ДРОН-3М в излучении Cu-K α .

Трибологические испытания проводились на воздухе по схеме «шарик–диск». В качестве машины трения использовался «Tribometer», CSM Instruments. Для этого покрытия осаждались на поверхность полированных цилиндрических образцов ($R_a = 0,088$ мкм), изготовленных из стали 45 (диаметром 42 и высотой 5 мм). В качестве контртела использовался шарик диаметром 6,0 мм, изготовленный из спеченного сертифицированного материала Al $_2$ O $_3$. Нагрузка составляла 6,0 Н, скорость скольжения – 10 см/с. Испытания соответствуют международным стандартам ASTM G99-959, DIN50324 и ISO 20808.

Твердость покрытий измерялась с помощью твердомера модели ДМ 8 по методу микро-Викерса при нагрузке на индентор 0,2 Н.

ЭКСПЕРИМЕНТ И РЕЗУЛЬТАТЫ

На рис. 1 показан характерный фрагмент рентгенограммы образца многослойного покрытия. Видно, что после осаждения в поверхностных слоях (глубина информативного слоя около 4 мкм) формируются слои, содержащие фазы TiN и ZrN с кубической (структурный тип NaCl) кристаллической решеткой без явно выраженной преимущественной ориентации (текстуры) кристаллитов. С увеличением периода λ удельный вклад слоев TiN несколько повышается, что проявляется в изменении соотношения интенсивности пиков от TiN- и ZrN-фаз (см. рис. 1,а,б). С увеличением длительности осаждения и соответственно толщины слоев и общего периода многослойной системы λ происходит изменение периода решетки нитридных фаз в слоях: период решетки уменьшается с увеличением толщины в TiN от 0,4241502 нм при времени осаждения 20 с ($\lambda \approx 70$ нм) до 0,4238870 нм при времени осаждения 40 с ($\lambda \approx 250$ нм). В ZrN уменьшение не столь значительно – от 0,4581055 нм при 20 с до 0,4581046 нм при 40 с.

Отжиг в атмосфере кислорода приводит к окислению поверхностных слоев и формированию в качестве основных фаз в слоях диоксидов – TiO $_2$ с тетрагональной сингонией типа рутил (базовая, с содержанием до 95 об.%, в слоях на основе Ti) и анатаз (с содержанием 5% и менее). На дифракционном спектре (рис. 2,а) анатаз (DB card number 5000223) выявляется по наиболее сильной первой линии на угле $2\theta \approx 25,36$ град. Для рутила (DB card number 9007531) проявляется весь дифракционный спектр (см. рис. 2,а). В слоях нитрида циркония при окислении происходит формирование только одного

типа диоксида ZrO $_2$ (аркелит, имеющий кубическую сингонию, DB card number 5000038).

Для изучения влияния окисления на внутренние слои покрытия проводилась шлифовка с поверхности окисленных слоев на глубину покрытия около 5 мкм. Как показал рентгеноструктурный анализ, после шлифовки во внутренних слоях покрытия оксидов не наблюдается (см. рис. 2,б), а формируемые при осаждении нитриды имеют преимущественную ориентацию кристаллитов с осью [111], перпендикулярной плоскости роста. Из этого следует, что на начальной стадии роста формируется преимущественная ориентация как TiN-, так и ZrN-кристаллитов с осью [111], которая в процессе увеличения суммарной толщины покрытия и релаксации при этом сжимающих напряжений роста теряет свою приоритетность, и, тем самым, кристаллическое состояние становится неориентированным.

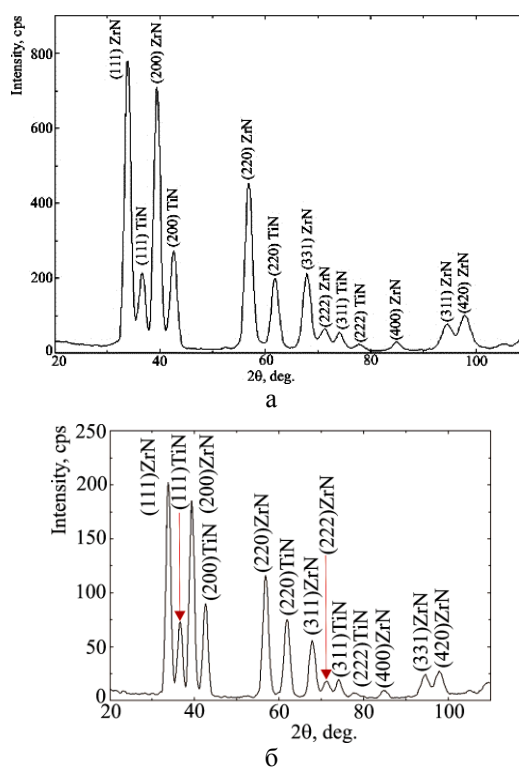


Рис. 1. Участки рентгенодифракционных спектров покрытий: с $\lambda \approx 70$ нм, вторая серия (а) и $\lambda \approx 250$ нм, третья серия (б)

В этой связи по результатам рентгеноструктурного анализа (см. рис. 2) можно предположить, что, вследствие разориентировки кристаллитов в поверхностных слоях и низких напряжений сжатия, кислород из атмосферы при отжиге по межкристаллитным путям за счет диффузии проникает в приповерхностные слои покрытия, стимулируя окисление, вплоть до образования стабильных диоксидных фаз металла. В более глубоких слоях (отражающих начальные стадии роста), в которых под действием напряжений сжатия развивается текстура роста [111] [6, 7], диффузия в глубь покрытия усложняется из-за высокой плотности упаковки плоскости (111) и кислород в достаточном количестве для образования оксидных фаз вглубь не проникает.

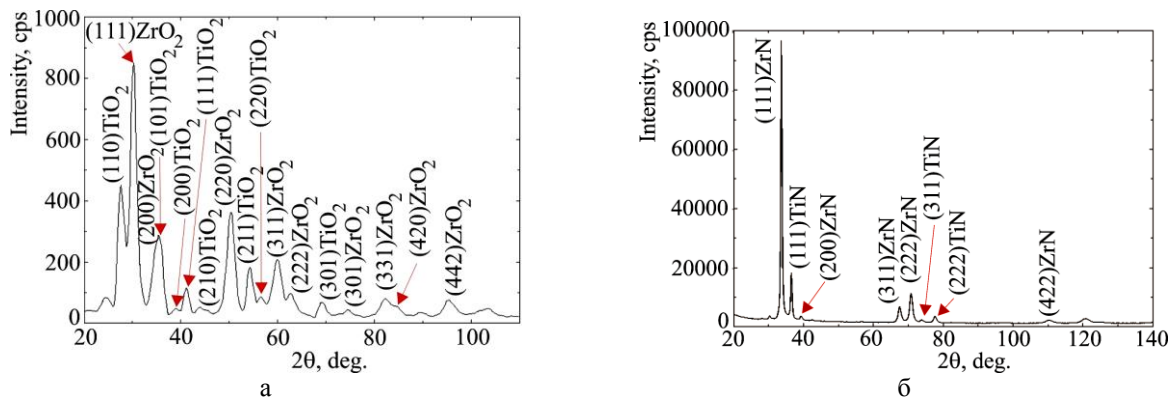


Рис. 2. Участки рентгенодифракционных спектров покрытий TiN/ZrN с $\lambda \approx 70$ нм, полученные после часового отжига при температуре 700 °С:

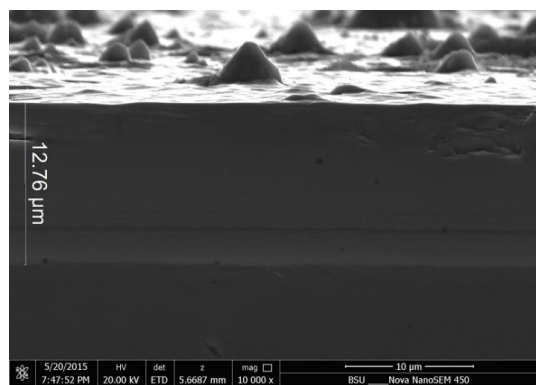
а – с поверхности без шлифовки, б – после шлифовки с окисленной поверхностью на глубину 5 мкм

С помощью растрового электронного микроскопа проводился детальный анализ изменений в поверхностных слоях при их окислении. На рис. 3 изображены боковые поверхности образцов для трех серий при разном увеличении.

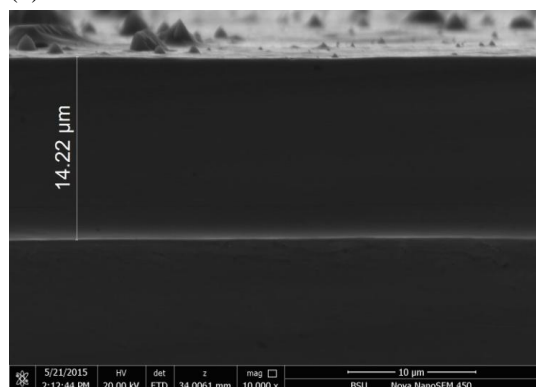
Видно, даже для наибольшего числа более тонких слоев первой серии наблюдается хорошая планарность осаждения (см. рис. 3 (1)). Также характерным является высокая сплошность покрытия и отсутствие в нем неоднородности в виде капельной фазы, заметной при осаждении на поверхности.

Приведенный на рис. 4,а энергодисперсионный спектр, является характерным для всех трех серий покрытий и характеризует стехиометрию состава покрытия TiN/ZrN.

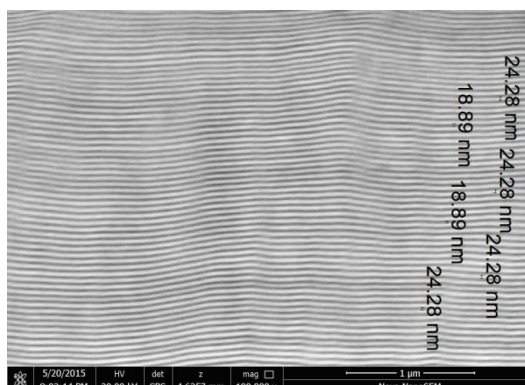
После отжига в поверхностных слоях происходит изменение элементного состава покрытия с содержанием кислородных атомов из рабочей атмосферы, при отжиге, достигающем 35 ат.% (см. рис. 4,б).



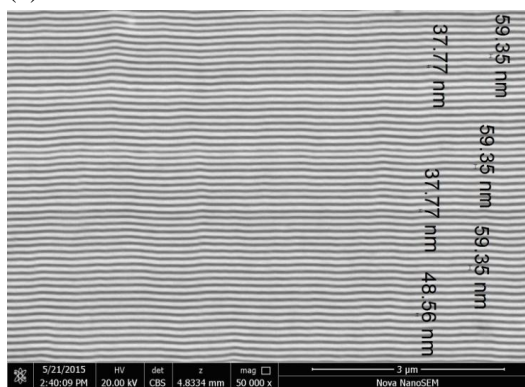
(1) а



(2) а



(1) б



(2) б

Рис. 3. Электронно-микроскопические снимки боковой поверхности многослойных покрытий TiN/ZrN: для первой серии с числом слоев 533 (1) и второй серии с числом слоев 233 (2):

а – общий вид скола образца; б – увеличенный фрагмент боковой поверхности многослойного покрытия

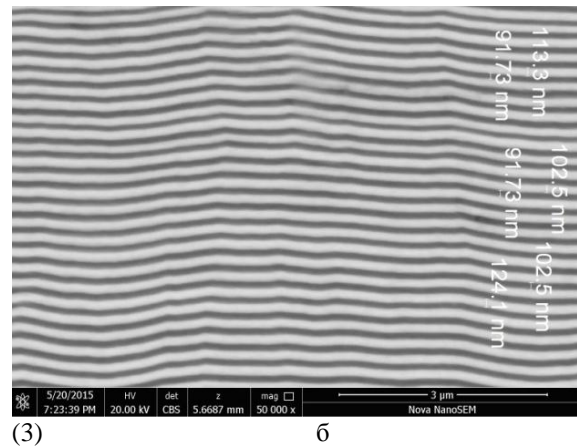
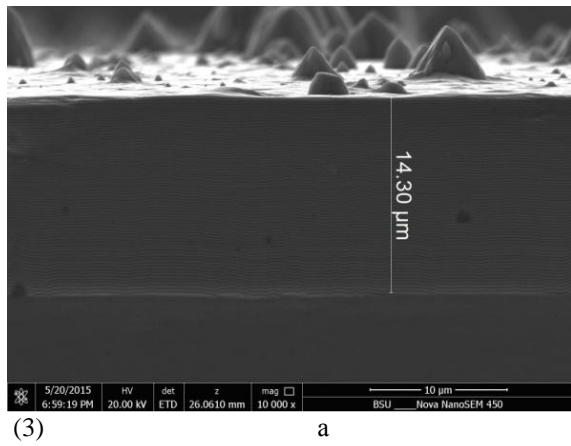


Рис. 3. Электронно-микроскопические снимки боковой поверхности многослойных покрытий TiN/ZrN: для третьей серии с числом слоев 134 (3): а – общий вид скола образца; б – увеличенный фрагмент боковой поверхности многослойного покрытия

Внедрение атомов кислорода в нитридные слои и образование в поверхности покрытия диоксидов титана и циркония в значительной степени изменяют структуру самих слоев из-за значительного увеличения их объема при замещении азотных атомов атомами кислорода и образовании диоксидных фаз.

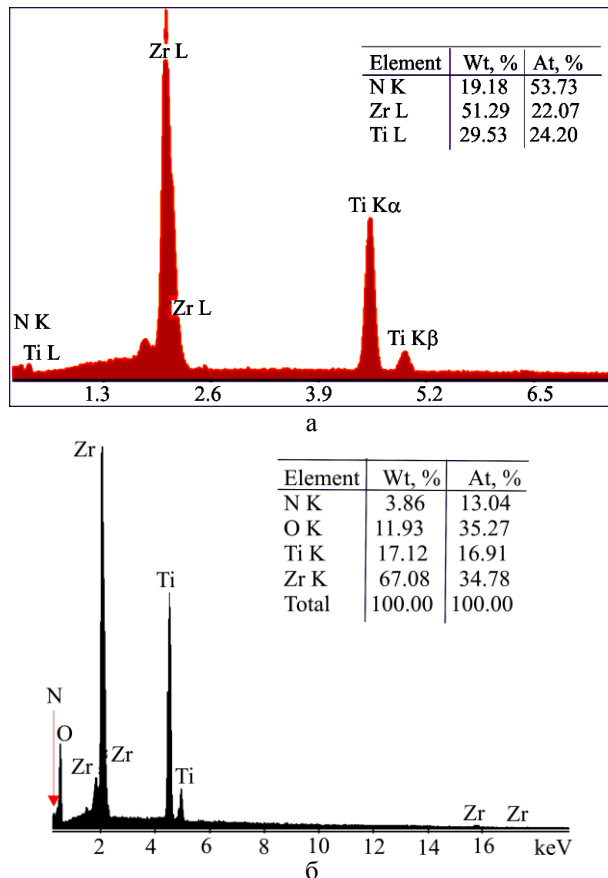
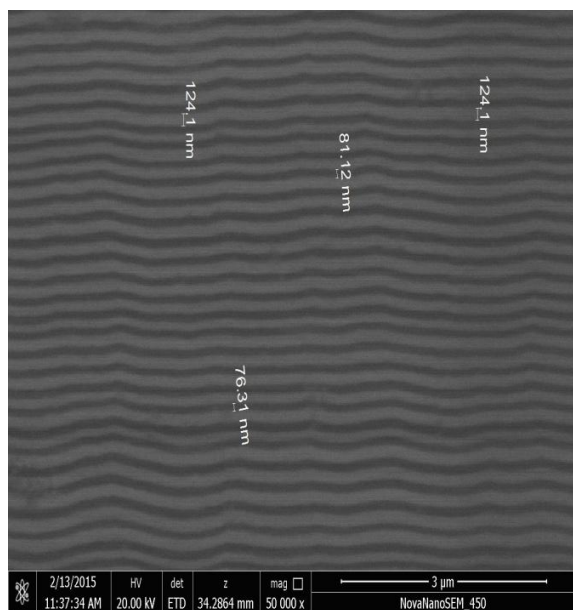


Рис. 4. Участки энергодисперсионных спектров и определенный по ним элементный состав многослойного покрытия системы TiN/ZrN до (а) и после (б) отжига в атмосфере кислорода при 700 °С

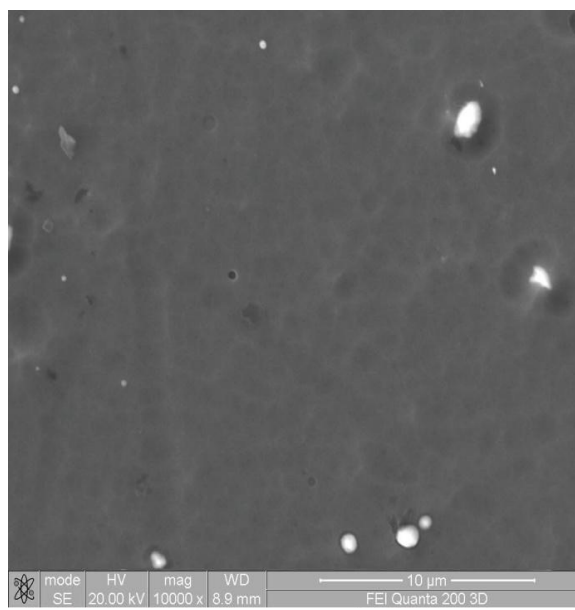
Сопоставление электронно-микроскопических снимков структурного состояния слоев в много-

слойной системе TiN/ZrN с суммарным числом слоев 134 (рис. 5) показывает, что в процессе окисления увеличение удельного объема приводит к изгибу слоев, расслоению с отрывом и потерей сплошности (см. рис. 5(2),а) и что на поверхности образуются куполоподобные несплошности в местах частичного отделения слоев (см. рис. 5(2),б). При этом сопоставление структур 1 и 2 на рис. 5 показывает, что основные объемные изменения происходят в слоях на основе титана, толщина которых увеличивается в среднем от 80 до 110 нм, т. е. на 37,5%. В слоях на основе циркония толщина при окислении увеличивается со среднего значения около 120 до отжига до 135 нм после отжига (см. рис. 5(1),а и (2),а), т. е. на 12,5 %. При этом в слоях на основе циркония явно выявляется столбчатый характер зеренной структуры, в результате они становятся достаточно хрупкими. В слоях на основе титана сохраняется высокая плотность, следовательно, можно предположить, что в такой структуре вследствие окисления слои в композиции подвергаются сжатию и уплотнению, несмотря на большое относительное увеличение толщины. Также в слоях на основе титана должна создаваться компенсирующая деформация растяжения в плоскости роста слоев, что и определяет их склонность к хрупкому разрушению. При этом видно, что основным местом отрыва является межфазная граница, определяющая уменьшение адгезионной связи при формировании вследствие окисления в слоях на основе титана и циркония фаз с разным типом кристаллических решеток (кубической – в слоях на основе Zr и тетрагональной – в слоях на основе Ti).

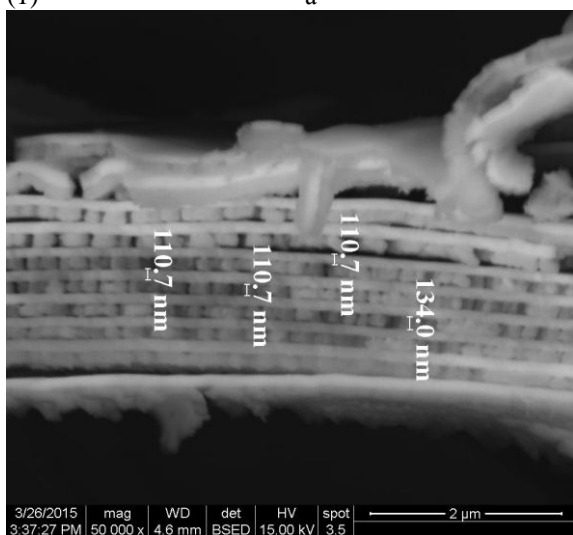
Таким образом, в отличие от однослойного или покрытия с малым числом слоев, в многослойном покрытии с числом слоев, превышающим 100, в случае жестких эксплуатационных условий воздействие активной кислородной среды при высокой температуре приводит к фазовым изменениям только в поверхностном слое, предотвращая от изменения основное структурное состояние внутренних несущих слоев.



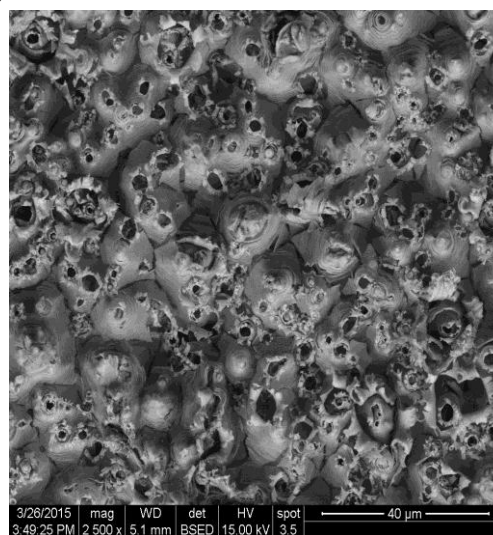
(1) а



(1) б



(2) а



(2) б

Рис. 5. Изображения бокового среза и поверхности покрытия третьей серии до (1) и после отжига при 700 °С (2): а – поперечный шлиф; б – поверхность

Как известно, универсальной характеристикой, позволяющей достаточно экспрессно оценить механические свойства покрытия, является твердость [8].

Определенная методом микроиндентирования твердость покрытий составила: для первой серии $H \approx 42$ ГПа, второй серии $H \approx 38$ ГПа и третьей серии $H \approx 36$ ГПа. Таким образом, для всех толщин слоев системы TiN/ZrN характерно высокотвердое состояние, что делает такие покрытия перспективными для применения в качестве защитных износо-

стойких. В этой связи является необходимым проведение трибологических испытаний для определения основных механических характеристик при контактном взаимодействии изучаемых покрытий с контртелом.

Результаты трибологических испытаний при комнатной температуре многослойных покрытий на основе системы TiN/ZrN с различным λ приведены в таблице.

Трибологические характеристики многослойных покрытий TiN/ZrN

Номер серии	Коэффициент трения		Фактор износа, $\text{мм}^3 \times \text{Н}^{-1} \times \text{мм}^{-1}$	
	Начальный этап	При испытаниях	Контртело ($\times 10^{-6}$)	Образцы с покрытием ($\times 10^{-5}$)
1	0,59	1,0	1,9	1,3
2	0,62	1,2	2,0	1,5
3	0,62	1,1	2,2	1,4

Полученные многослойные покрытия характеризуются высоким коэффициентом трения в паре с контртелом из Al_2O_3 .

На рис. 6 изображены дорожки трения, полученные при испытании образцов первой, второй и третьей серий многослойных покрытий системы TiN/ZrN.

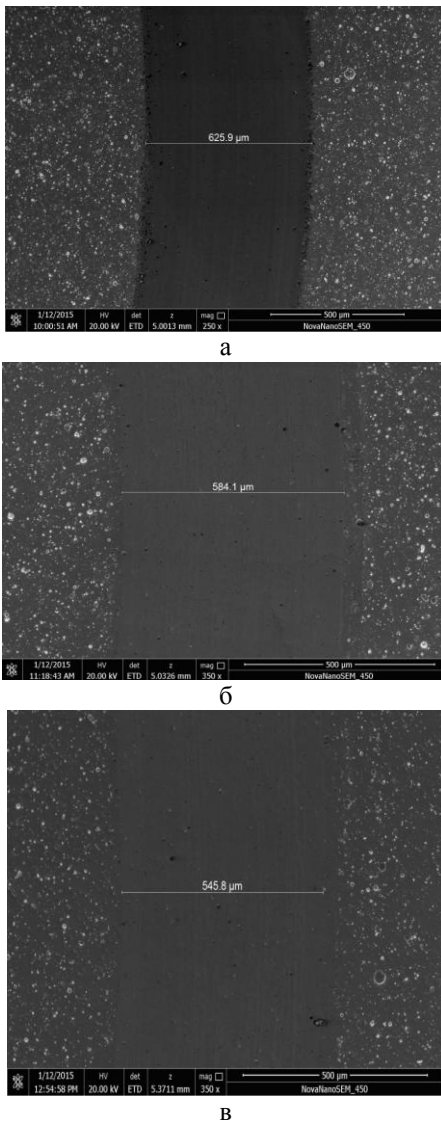


Рис. 6. Дорожки трения при испытании многослойного покрытия TiN/ZrN образцов: а – первой серии; б – второй серии и в – третьей серии

Визуально определяется, что дорожки трения характеризуются отсутствием заусениц, сколов и радиальных трещин, что указывает на высокое качество покрытия и адгезионную прочность.

Все покрытия обладают хорошей износостойкостью ($(1,3...1,5) \cdot 10^{-5} \text{ мм}^3 \cdot \text{Н}^{-1} \cdot \text{мм}^{-1}$). Износ контртела невысокий и варьирует в интервале $(1,9...2,2) \cdot 10^{-6} \text{ мм}^3 \cdot \text{Н}^{-1} \cdot \text{мм}^{-1}$. В процессе испытаний не наблюдалось скалывания, растрескивания и отслоения покрытий. Покрытия характеризуются хорошей адгезией с подложкой. В ходе абразивного износа материал покрытий пластически деформируется; наблюдаемая картина износа характерна для мягких металлов [9].

Ниже (рис. 7) приведены значения коэффициентов трения, полученные при испытании трех серий многокомпонентных покрытий системы TiN/ZrN.

Наивысшее значение коэффициента трения наблюдается у покрытий второй серии (см. рис. 7, кривая 2). На участке до 300 м значения коэффици-

ентов трения у покрытий первой и третьей серий существенно разнятся.

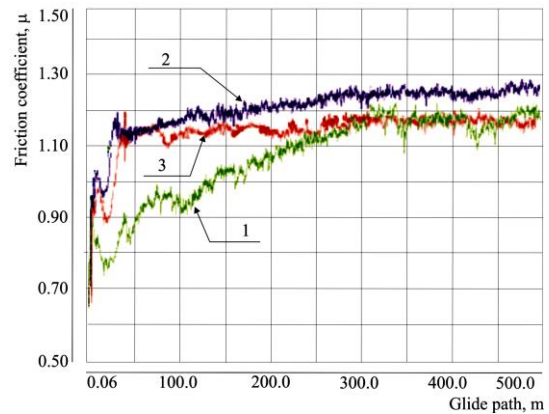


Рис. 7. Коэффициенты трения μ многокомпонентного покрытия TiN/ZrN в зависимости от длины прохода образцов: 1 – первой серии; 2 – второй серии и 3 – третьей серии

Для покрытий третьей серии μ резко возрастает до значения 1,2 и практически находится на этом уровне на всей длине участка испытания. Значения μ для первой серии образцов покрытия монотонно возрастают до отметки 300 м и принимают значения, аналогичные третьей серии. Значения μ для образцов второй серии резко выходят на значение 1,2, а затем медленно и монотонно растут до значения 1,3.

Значения μ существенно зависят от толщины бислоя и общей толщины покрытий. Наиболее низкое значение μ наблюдается для покрытий первой серии с толщиной слоя около 20 нм и $\lambda \approx 40$ нм, а наибольшее – в образцах второй серии с $\lambda \approx 70$ нм.

ВЫВОДЫ

1. Использование вакуумно-дугового метода позволяет получить двухфазную многослойную систему TiN/ZrN с нанометровым диапазоном толщин хорошей планарности.

2. С увеличением толщины композиции TiN/ZrN, осаждаемой при действии $U_s = -150$ В, происходит переход от преимущественной ориентации с осью [111] к нетекстурированному состоянию.

3. Наличие в начальных слоях роста покрытия текстуры [111] препятствует прокислению при высокотемпературном (700°C) отжиге в атмосфере кислорода.

4. Полученные покрытия во всем диапазоне толщин слоев 20...125 нм отвечают высокотвердому состоянию с твердостью в диапазоне 38...42 ГПа.

5. Наибольшая твердость (42 ГПа) и наименьший абразивный износ покрытия ($1,3 \cdot 10^{-5} \text{ мм}^3 \cdot \text{Н}^{-1} \cdot \text{мм}^{-1}$) и контртела ($1,9 \cdot 10^{-6} \text{ мм}^3 \cdot \text{Н}^{-1} \cdot \text{мм}^{-1}$) присущи системе TiN/ZrN с наименьшей толщиной слоев (20 нм) в периоде, что является следствием наибольшего влияния для такой системы размерного фактора межфазных границ.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Министерства образования и науки Украины по темам научно-исследовательских работ

0113U001079, 0115U000508, 0115U000477 и 0115U003166. Часть исследований выполнена на научном оборудовании Центра коллективного пользования «Диагностика структуры и свойств наноматериалов» Белгородского государственного национального исследовательского университета, при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках проекта №14.594.21.0010, уникальный код RFMEFI59414X0010.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Nanostructured coatings* / Edited by: Cavaleiro, Albano; De Hosson, Jeff Th. M. Springer-Verlag, 2006, 648 p.
2. В.М. Анищик, В.В. Углов, С.В. Злоцкий, В.А. Емельянов, В.Н. Пономарь, В.А. Ухов. Многослойные наноструктурированные покрытия TiN/ZrN: структура и механические свойства // *Перспективные материалы*. 2003, №4, с. 75-78.
3. Siao-Fan Chen, Yu-Chu Kuo, Chaur-Jeng Wang, Sung-Hsiu Huang, Jyh-Wei Lee, Yu-Chen Chan, Hsien-Wei Chen, Jenq-Gong Duh, Tsung-Eong Hsieh. The effect of Cr/Zr chemical composition ratios on the mechanical properties of CrN/ZrN multilayered coatings deposited by cathodic arc deposition system // *Surface & Coatings Technology*. 2013, N 231, p. 247-252.
4. А.С. Куприн, В.А. Белоус, В.Н. Воеводин, В.В. Брык, Р.Л. Василенко, В.Д. Овчаренко,

Г.Н. Толмачева, П.Н. Вьюгов. Високотемпературное окисление на воздухе оболочек из циркониевых сплавов Э110 и Zr-1Nb с покрытиями // *ВАХТ*. 2014, №1(89), с. 126-131.

5. И.И. Аксенов, А.А. Андреев, В.А. Белоус, В.Е. Стрельницкий, В.М. Хороших. *Вакуумная дуга. Источники плазмы, осаждение покрытий, поверхностное модифицирование*: Монография. Киев: «Наукова думка», 2012, 726 с.

6. O.V. Sobol', A.A. Andreev, S.N. Grigoriev, V.F. Gorban', M.A. Volosova, S.V. Aleshin, V.A. Stolbovoi. Effect of high-voltage pulses on the structure and properties of titanium nitride vacuum-arc coatings // *Metal Science and Heat Treatment*. 2012, v. 54, N 3-4, p. 195-203.

7. О.В. Соболев, А.А. Андреев, В.Ф. Горбань, В.А. Столбовой, Н.В. Пинчук, А.А. Мейлехов. Влияние толщины бислоев TiN/ZrN на структуру и свойства многослойных покрытий, полученных вакуумно-дуговым испарением // *Вопросы атомной науки и техники*. 2015, №2(96), с. 124-129.

8. А.С. Верещака *Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями*. М.: «Машиностроение», 1993, 336 с.

9. Л.Ш. Шустер, Н.К. Криони, В.Ю. Шолом, М.Ш. Мигранов. *Покрытия и смазка в высокотемпературных подвижных сопряжениях и металлообработке*. М.: «Машиностроение», 2008, 318 с.

Статья поступила в редакцию 06.08.2015 г.

ТРИБОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ І МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БАГАТОШАРОВИХ ВАКУУМНО-ДУГОВИХ ПОКРИТТІВ TiN/ZrN

С.С. Гранкін, В.О. Столбовой, У.С. Немченко, В.М. Береснев, О.В. Соболев, С.В. Литовченко, П.В. Турбін, В.Ю. Новіков, З.М. Проценко

Методом вакуумно-дугового осадження синтезовані наноструктуровані багатошарові покриття TiN/ZrN з числом шарів 134...533 і їх середньою товщиною 20...125 нм. Виявлено хороша планарність, яка одержана у нанометровому діапазоні шарів з плазмових потоків у реактивному середовищі. Як модель критичних робочих умов покриттів встановлені механізми фазово-структурних змін у поверхневих шарах в умовах дії агресивної кисневої атмосфери при високій температурі (700 °C). Показано вплив товщинного параметра багатошарової системи на її твердість. Встановлено, що найвища твердість (42 ГПа) і найменше абразивне зношування покриття ($1,3 \cdot 10^{-5} \text{ мм}^3 \cdot \text{Н}^{-1} \cdot \text{мм}^{-1}$) і контртіла ($1,9 \cdot 10^{-6} \text{ мм}^3 \cdot \text{Н}^{-1} \cdot \text{мм}^{-1}$) властиві системі TiN/ZrN з найменшою товщиною шарів 20 нм у періоді. Отримані результати пояснені впливом розмірного фактора міжфазних границь багаторазово посилюється в багатошаровій системі з нанометровою товщиною шарів.

TRIBOLOGICAL CHARACTERISTICS AND MECHANICAL PROPERTIES OF MULTILAYER VACUUM ARC COVERED WITH A BEARING TiN/ZrN

S.S. Grankin, V.O. Stolbovoi, U.S. Nyemchenko, V.M. Beresnev, O.V. Sobol', S.V. Lytovchenko, P.V. Turbin, V.Yu. Novikov, Z.M. Protsenko

Nanostructured multilayered coatings TiN/ZrN with 134...533 layers and the average thickness of layers of 20...125 nm have been synthesized by means of vacuum-arc deposition method. Good planarity of the layers obtained in nanometer scale from plasma flows in reaction medium has been revealed. As a model of critical working conditions of the coatings, the mechanisms of structural and phase changes in surface layers at conditions of influence of aggressive oxygen atmosphere at high temperature (700 °C) have been determined. The influence of thickness parameter of multilayered system on its hardness has been shown. It has been determined, that the highest hardness of 42 GPa and the lowest abrasive wear of the coating $1.3 \cdot 10^{-5} \text{ mm}^3 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$ and the counterbody $1.9 \cdot 10^{-6} \text{ mm}^3 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$ are inherent to the system TiN/ZrN with the minimal thickness of the layers of 20 nm in a period. The obtained results have been explained by the influence of dimensional factor of interphase borders, which is multiply enhanced in multilayered system with the nanometer scale thickness of the coatings.