

- мент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – Вып. 12. – Киев: ИСМ им. В.Н. Бакуля, НАН Украины, 2009. – С. 258–261.
2. Бибииков Н. Н. Осаждение металлов на токе переменной полярности. – М.: Гос. науч.-техн. изд-во машиностроит. лит., 1961. – Вып. 10. – 70 с.
  3. Полукаров Ю. М., Гринина В. В. Электроосаждение металлов с использованием периодических токов и одиночных импульсов // Итоги науки и техники. Электрохимия. – 1985. – Т. 22. – С. 3–53.
  4. Пиявский Р. С. К вопросу выбора параметров асимметричного тока промышленной частоты для электроосаждения металлов // Защита металлов. – 1975. – Т. 11. – № 3. – С. 388–391.
  5. Кочергин С. М., Леонтьев А. В. Образование текстур при электрокристаллизации металлов. – М.: Металлургия, 1974. – 184 с.
  6. Подборнов И. В., Жихарев А. И., Жихарева И. Г. Модель ориентированного зародышеобразования при электрокристаллизации металлов // Электрохимия. – 1990. – Т. 26. – Вып. 7. – С. 831–838.
  7. Щур Н.А., Донченко М.И. О влиянии магнитного поля на процесс электроосаждения никеля // Вісн. нац. техн. ун-ту «ХПІ». – 2006. – № 44. – С. 60–66.

Поступила 17.06.11

УДК 621.9.048.7

**В. С. Антонюк<sup>1</sup>**, д-р техн. наук, **Ю. І. Коваленко<sup>2</sup>**, **М. О. Бондаренко<sup>2</sup>**, **І. В. Яценко<sup>2</sup>**, кандидати техн. наук, **В. А. Ващенко<sup>2</sup>**, д-р техн. наук

<sup>1</sup>Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

<sup>2</sup>Черкаський державний технологічний університет, Україна

## ФОРМУВАННЯ НАНОСТРУКТУРНИХ ПОКРИТТІВ НІТРИДУ ТИТАНУ НА ТВЕРДОСПЛАВНИХ РІЗАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТАХ

*Наночастинки тугоплавких покриттів розмірами меншими 100 нм покращують якість поверхні. Використовуючи електронно-променевою обробку можна отримати багатошарову нанометричну структуру, а також модифікувати поверхню твердосплавних різальних інструментів. Обговорюється можливий механізм осадження TiN на підставі мікроскопічних даних по вивченню структури поверхні.*

**Ключові слова:** електронно-променевою обробка, твердосплавний інструмент, покриття, томно-силового мікроскопія.

Твердосплавні різальні інструменти з покриттями, які широкого використовують останнім часом, отримують із застосуванням технології газофазного осадження і виготовлення покриттів на основі нітриду титану. Структура отримуваних газофазним осадженням тонких покриттів є важливим параметром, що визначає експлуатаційні та технологічні показники якості виробів, які підлягають захисту [1]. Структура поверхні покриття, що утворюється, тісно пов'язана зі структурою і хімічним складом основи, а також залежить від основних технологічних параметрів процесу осадження (температури і тиску парогазової реакційної суміші). Численність додаткових чинників впливу на структуру, що формується, ускладнює можливість отримання заданої зернистості, щільності, шорсткості та стабільності покриттів.

Дослідження перехідної зони метал – покриття становить особливий інтерес, оскільки за його результатами можна дійти висновку про характер взаємодії матеріалів основи та покриття. Незважаючи на численність методик дослідження міжфазної зони (скануюча електронна мікроскопія, металографія, мікрорентгеноспектральний аналіз ті ін.), вивчати тонкі шари (товщиною меншою 1,5 мкм) доволі складно [2].

**Мета** цієї роботи – вивчити механізм утворення покриттів, зокрема з'ясувати фізико-хімічну природу утворення покриттів на основі нітриду титану, їх формування на твердосплавних матеріалах ВК8, ВК6, Т15К6 у початковий період часу осадження.

Досліджувані об'єкти отримали за технологією газофазного осадження покриттів на основі нітриду титану (тривалість осадження – 2–20 хв) при відповідному технологічному режимі для твердого сплаву з подальшою електронно-променевою обробкою.

Рельеф поверхні, кінетику розвитку шарів покриття досліджували методом скануючої електронної мікроскопії за допомогою растрового електронного мікроскопу JEOL JSM-6700F (Японія), шорсткість поверхні після електронно-променевої обробки вимірюється методом атомно-силової мікроскопії із застосуванням приладу NT-206V.

Досліджувані зразки отримували на установці плазмового осадження «Булат-3М» шляхом осадження покриття нітриду титану на основу (матеріал основи – твёрдосплавний матеріал ВК8, ВК6, Т15К6) при відповідному технологічному режимі (швидкість осадження покриття – 13–40 мкм/год, тривалість осадження – 2–20 хв, сила струму джерела живлення основи – 8 А, залишковий тиск у вакуумній камері  $1,5 \cdot 10^{-3}$  Па).

Електронно-променеву обробку зразків здійснювали з використанням стрічкової електронної гармати Пірса на модифікованій вакуумній установці УВН-71 при таких режимах: прискорююча напруга  $U_{пр} = 6,5$  кВ, сила струму електронного потоку  $I_{пот} = 450$  мА, швидкість обробки  $v_{обр} = 1,5$  см/с, залишковий тиск у вакуумній камері –  $5,5 \cdot 10^{-5}$  Па.

#### Експериментальні дослідження

Перехідну зону «метал – покриття» досліджували методом скануючої електронної мікроскопії за допомогою растрового електронного мікроскопа JEOL JSM-6700F. За результатами експериментальних досліджень доходили висновку про характер взаємодії матеріалу основи з матеріалом покриття.

Отримані електронно-мікроскопічні знімки сканограм стадій формування тугоплавких газозфазних покриттів на основі нітриду титану на твердому сплаві Т15К6 – при осадженні протягом 15 хв показано представлені на рис. 1, а, топографію поверхні після електронно-променевої обробки на вакуумній установці УВН-71 протягом 7 с – на рис. 1, б.

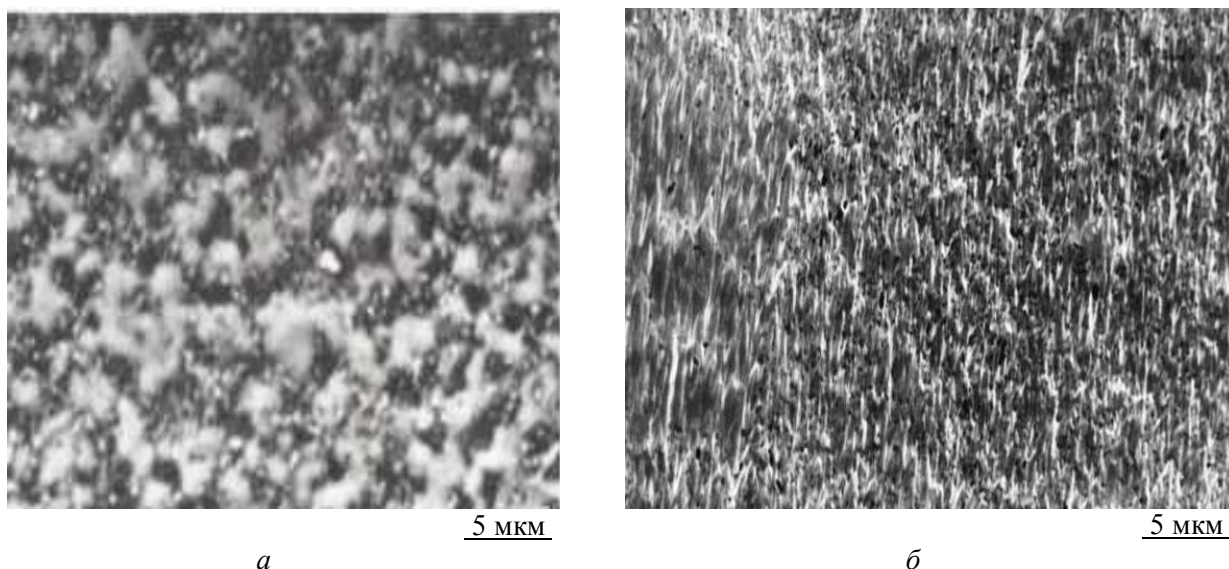


Рис. 1. Загальний вигляд поверхні твердого сплаву Т15К6 з газозфазним покриттям TiN: а – після нанесення покриття; б – після електронно-променевої обробки

Результати дослідження методом атомно-силової мікроскопії з використанням приладу NT-206V отриманих профілів покриття TiN на твердому сплаві (рис. 2) свідчать про високу суцільність тонкого покриття навіть після його тривалої експлуатації. Так, при обробці сталі 45 (ГОСТ 1050-88) різцем Т15К6 з покриттям TiN виявили, що стійкість інструменту з покриттям у 1,35–1,5 рази перевищує час надійної експлуатації цього інструменту без покриття за таких самих режимів.

#### Обговорення результатів дослідження

У результаті досліджень встановили, що на поверхні основи відбувається адсорбція активних молекул з їх термічним розкладанням і взаємодією активних атомів титана і азоту.

Зародкоутворення TiN на твердих сплавах мовідбувається в такий спосіб. Дефектів може бути більше в отриманому твердофазним спіканням карбіді вольфраму, через складнішу структуру. Кобальтовий прошарок проходить через рідкий стан при спіканні й має менше дефектів у структурі. Таким чином, зародків TiN на зернах карбіді вольфраму повинно було б бути більше, що зумовлювало б переважне збільшення покриттів. Проте виявили переважне збільшення покриття на кобальтовій фазі [3]. Це пов'язано з тим, що після утворення молекул TiN відбувається стадія взаємодії цих молекул з рещі-

ткою основи. Цей процес спрямований на зниження вільної поверхневої енергії. Ця умова здійснюватиметься при кристалізації нітриду титану з найменшими спотвореннями в кристалічній решітці.

У результаті каталітичної дії металів основи енергетичне перебування молекул на межі поділу фаз відрізняється від молекул, що залягають в об'ємі. Нагріта поверхня твердого сплаву WC, WCo активізує утворення TiN.

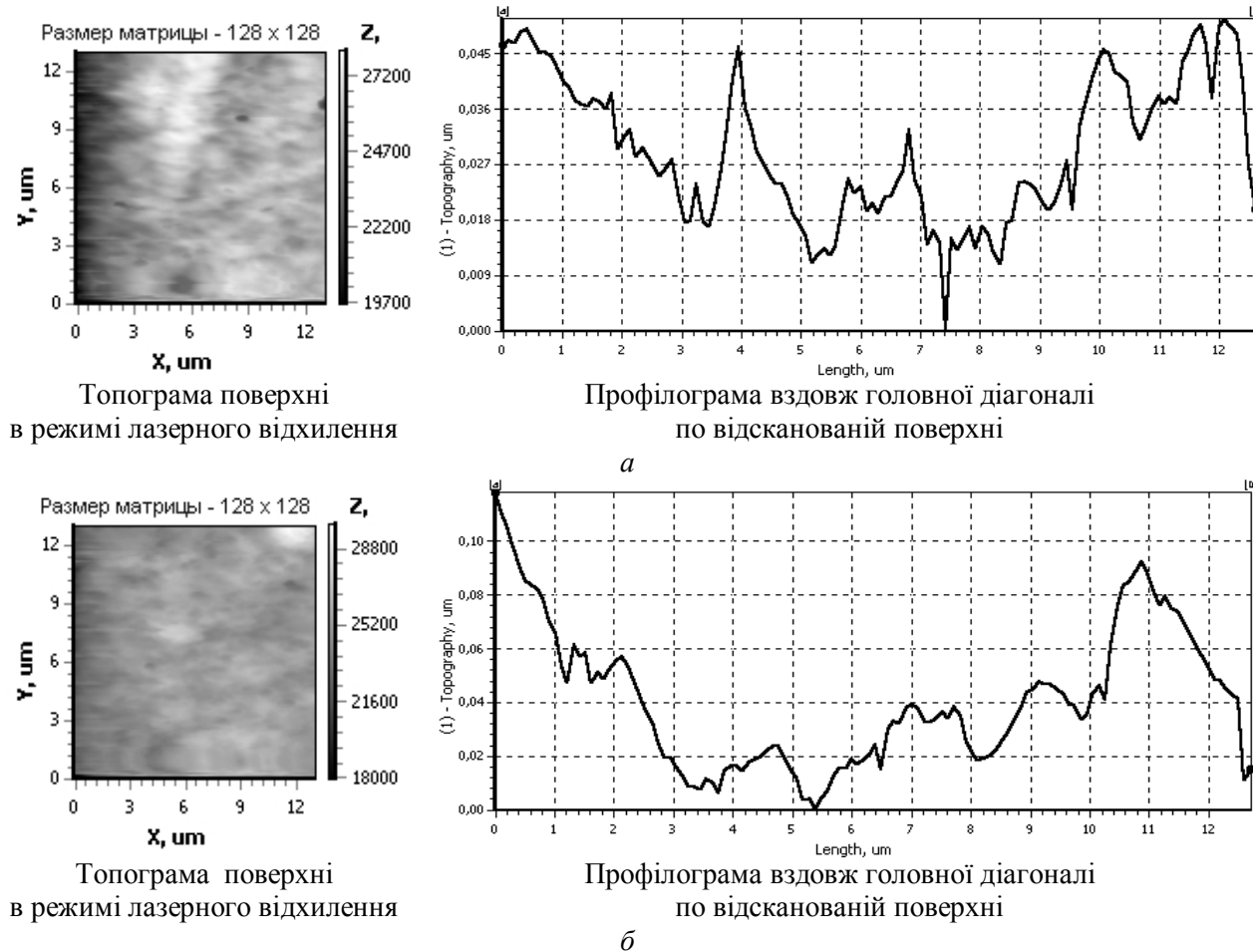


Рис. 2. Мікрогеометрія поверхні покриття TiN до (а) обробки сталі 45 та після (б)

### Висновки

Таким чином, в результаті дослідження встановлено особливості формування наноструктурних покриттів нітриду титану на твердосплавних різальних інструментах комбінованим методом електронно-променевої обробки, які полягають в адсорбції активних молекул атомів титана і азоту з матеріалом основи, що зумовлює збільшення покриття на кобальтовій фазі внаслідок взаємодії цих молекул з кристалічною решіткою основи.

*Наночастицы тугоплавких покрытий размером менее 100 нм улучшают качество поверхности. Используя электронно-лучевую обработку можно получить многослойную нанометрическую структуру, а также модифицировать поверхность твердосплавных режущих инструментов. Рассмотрен возможный механизм осаждения TiN на основе микроскопических данных по изучению структуры поверхности.*

**Ключевые слова:** электронно-лучевая обработка, твердосплавный инструмент, покрытие, атомно-силовая микроскопия.

*Nanoparticles of refractory coverages that have sizes less 100 nanometers improve quality of surface. Using electronic-beam treatment it is possible to get few layers of nanometric structures, and also to modify a surface of hard-alloy cutting instruments. The possible mechanism of besieging TiN on the basis of microscopic data for researching of structure of surface comes into question.*

**Key words:** elektron-beam processing, the hard alloy tool, a covering, atomic-powered microscopy.

### Література

1. Тополянский П. А. Исследование адгезионных свойств и механизма образования покрытия, наносимого методом финишного плазменного упрочнения. Ч. 2 // Матер. 7-й междунар. практ. конф.-выставки «Технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки», 12–15 апр. 2005 г., Санкт-Петербург.– СПб.: Изд-во. СПбГПУ, 2005. – С. 316–333.
2. Приклади застосування фізичних методів дослідження структури поверхні / Г. М. Дубровська, Г. В. Канашевич, Н. І. Божко та ін. // Сільхет: Шобуж Біпоні, Удоун Офсет Принтерс, 2007. – 248 с.
3. Prognostication the term of exploitation of workings elements of cutters and grinding downer after it finish pvd with the used of method of atomic force microscopy / М. А. Bondarenko, N. V. Handyuk, A. V. Batrachenko at al. // Вісн. Черкаськ. держ. технол. ун-ту. Черкаси: Вид-во ЧДТУ, 2009. – С. 111–113.

Надійшла 20.06.11

УДК 621.921:547.639

**Е. А. Пашенко**, д-р техн. наук, **О. В. Лажевская**, канд. техн. наук, **А. Н. Черненко**,  
**Д. А. Савченко**, **А. О. Вознюк**

*Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев, Украина*

### **МОДЕЛЬ МЕЖФАЗНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В КОМПОЗИТАХ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТА, НАПОЛНЕННОГО ПОРОШКАМИ АМОРФНОГО ДИОКСИДА КРЕМНИЯ**

*В статье рассматривается межфазное взаимодействие в композитах на полимерных связующих, наполненных порошками аморфного диоксида кремния. Изучено влияние режима термической обработки на концентрацию адсорбционно-активных центров на поверхности наполнителя – порошка аморфного диоксида кремния.*

**Ключевые слова:** полимерный композит, аморфный диоксид кремния, адсорбционно-активные центры.

#### **Введение**

Поведение полимерной составляющей композита в зоне трения (абразивного резания) в значительной степени определяется характером ее взаимодействия с поверхностью наполнителя. Чаще всего на границе раздела полимерной составляющей композита и неорганического субстрата – пористой матрицы или наполнителя – наблюдается адсорбционное взаимодействие, причем вследствие энергетической неоднородности поверхности твердого тела главную роль в этом взаимодействии играют сорбционно-активные центры различной природы. Для изучения влияния количества и активности адсорбционных центров поверхности на структуру полимерной составляющей композиции в качестве наполнителя были взяты порошки кварцевого стекла, подвергнутые термообработке в различных условиях.

На поверхности исходного порошка содержатся адсорбционные центры различной природы – координационно ненасыщенные ионы кремния и деформированные кремнекислородные тетраэдры. Такие центры можно назвать первичными. При взаимодействии поверхности стекла с органическими мономерами или олигомерами и другими компонентами связующих возможно образование вторичных центров адсорбции, например, прочно связанных с поверхностью фрагментов молекул отвердителя. Экспериментально подтвержденная корреляция между концентрацией таких вторичных сорбционно-активных центров на поверхности исходных порошков или пористых матриц и различными характеристиками полимерной составляющей композитов и системы в целом позволяет предположить, что эти адсорбционные центры позволяют гибко управлять свойствами материалов. Процесс термообработки существенно влияет на концентрацию сорбционно-активных центров поверхности диоксида кремния. Рассмотрим влияние обжига на состояние поверхности порошка стекла. Исследования проводили методом термодесорбции, причем в качестве тест-молекул использовали мономеры, которые применяли для изготовления композитов, в частности, метилметакрилат.