

УДК 621.793  
МНОГОКОМПОНЕНТНЫЕ (Ti,Zr)N ПОКРЫТИЯ, ОСАЖДЕННЫЕ ИЗ  
ПОТОКОВ СЕПАРИРОВАННОЙ ВАКУУМНО-ДУГОВОЙ ПЛАЗМЫ

С. Д. ЛАТУШКИНА, В. Ю. ГЛАДКИЙ, О. И. ТЕРЕЩУК  
Государственное научное учреждение  
«ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ НАН Беларуси»  
Минск, Беларусь

Повышение работоспособности режущего инструмента можно обеспечить за счет осаждения наноструктурных покрытий, обладающих уникальными свойствами, обеспечивающие повышение стойкости инструментального материала [1, 2]. Уменьшение размера кристаллитов ниже некоторой пороговой величины 100 нм, приводит к изменению физико-механических свойств таких материалов.

Цель исследования заключалась в изучении процессов фазо- и структурообразования многокомпонентных систем (Ti,Zr)N, осажденных из потоков сепарированной плазмы в зависимости от технологических параметров осаждения.

Покрытия формировались на вакуумно-дуговой модернизированной установке УРМЗ.279.048 с сепаратором макрочастиц в виде двухканального Y-образного плазменного фильтра [3] путем одновременного распыления двух катодов из титана и циркония в среде очищенного азота, при парциальном давлении  $0,6 \cdot 10^{-2}$  Па. Потенциал смещения на подложке составлял – 80 В. Соотношение элементов в составе покрытий регулировалось изменением токов дуговых разрядов для используемых катодов.

Как показали исследования структуры и морфологии осажденных покрытий, использование сепарирующей системы позволило осаждать покрытия без макрочастиц, отрицательно влияющих на физико-механические свойства конденсата (рис. 1).

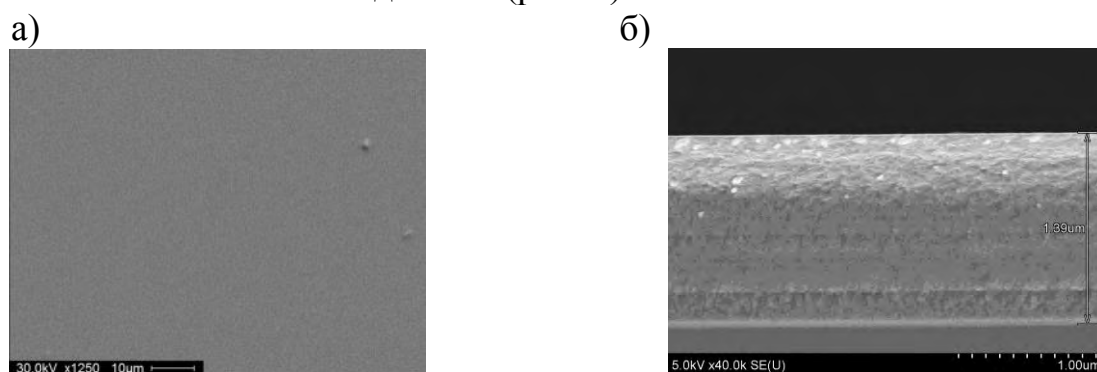


Рис. 1. Морфология поверхности (а) и фрактограмма (б) осажденных покрытий (Ti,Zr)N из сепарированных плазменных потоков

Применение сепарирующей системы позволило снизить шероховатость осаждаемых покрытий до уровня 0,1–0,2 мкм, что в 2,5–3 раза ниже в сравнении с характеристиками покрытий, осаждаемых из несепарированных плазменных потоков. Уменьшение шероховатости способствует снижению температуры и адгезионного схватывания в зоне контакта.

Установлено, что для покрытий системы (Ti,Zr)N основной кристаллической составляющей является твердый раствор (Ti,Zr)N на основе кубической решетки структурного типа NaCl. Период решетки покрытий (Ti,Zr)N увеличивается с повышением концентрации Zr. Поскольку атомный радиус циркония (0,160 нм) превышает атомный радиус титана (0,146 нм) можно говорить об образовании твердого раствора  $Ti_xZr_{1-x}N$  на базе решетки TiN. Введение легирующего элемента приводит к уменьшению размера зерна до 6–8 нм (для покрытий TiN – 30–40 нм). Для всех исследованных покрытий характерны высокие значения сжимающих остаточных напряжений порядка 13–20 ГПа. Это свойственно конденсатам нитридов, полученным в условиях ионной бомбардировки, способствующей улучшению адгезии покрытия к материалу основы и развитию в нем структурных напряжений сжатия, обусловленных «atomic peening» эффектом [4].

Исследования покрытий с различным содержанием циркония установили повышение микротвердости исследуемых покрытий до 32–36 ГПа.

Определены зависимости коэффициента трения покрытий (Ti,Zr)N от содержания циркония в составе покрытия (рис. 2).

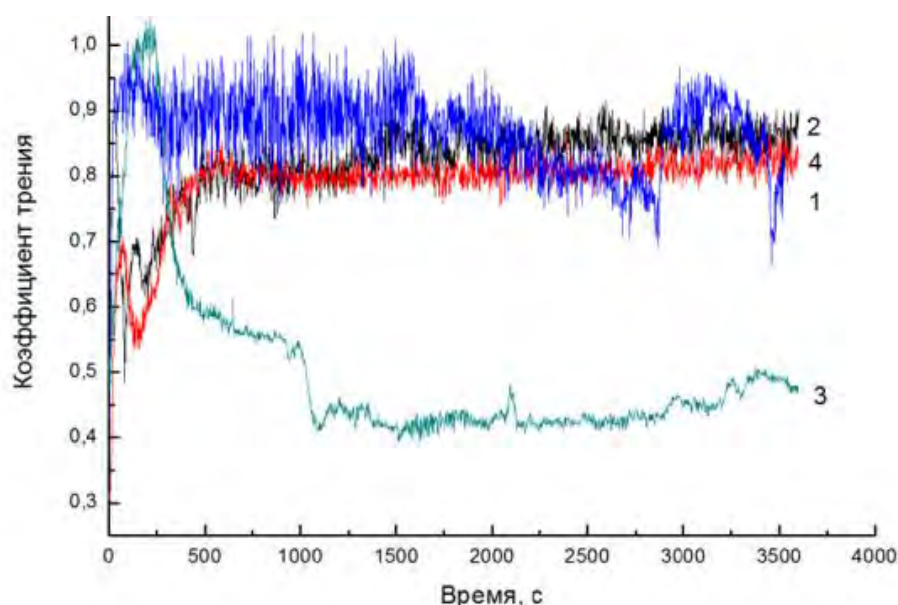


Рис. 2. Зависимость коэффициента сухого трения твердосплавных пластин с покрытиями при различном содержании циркония: 1 – (Ti,Zr)N (15 ат. % Zr), 2 – (Ti,Zr)N (23 ат. % Zr), 3 – (Ti,Zr)N (34 ат. % Zr), 4 – (Ti,Zr)N (43 ат. % Zr)

Предложен способ формирования из сепарированных плазменных потоков многокомпонентных нанокристаллических покрытий,

отличающихся высокой плотностью, однородностью по толщине, а также низкой шероховатостью. Применение разработанных нанокристаллических высокотвердых покрытий для упрочнения рабочей поверхности инструмента должно обеспечить снижение абразивного износа инструментального материала, а низкий коэффициент трения быстрое удаление стружки из зоны обработки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Veprek, S.** Industrial applications of superhard nanocomposite coatings / S. Veprek, M. Veprek-Heijman, // Surf. And Coat. Technol. – 2008. – Vol. 202 – P. 5063–5073.
2. **Левашов, Е. А.** Многофункциональные наноструктурированные пленки / Е. А. Левашов, Д. В. Штанский // Успехи химии. – 2007. – № 76(5). – С. 501–509.
3. Латушкина, С. Д. Вакуумно-дуговые наноструктурные покрытия на основе нитрида титана / С. Д. Латушкина [ и др. ] // Перспективные материалы – 2014. – № 6. – С. 49–55.
4. **Detor, A. J.** Stress and microstructure evolution in thick sputtered films / A. J. Detor, A. M. Hodeg, E. Chason [ et. al ] // Acta Materialia. – 2009. – 57 (7). – P. 2055–2065.