

В Диссертационный совет  
Федерального государственного  
автономного образовательного учреждения  
высшего образования «Национальный  
исследовательский технологический  
университет «МИСиС»  
Москва 119049, Ленинский пр-т, д. 4, стр. 1

## ОТЗЫВ

Отзыв на автореферат диссертации **Кирюханцева-Корнеева Филиппа Владимировича** на тему: «Получение многофункциональных ионно-плазменных покрытий с использованием СВС - композиционных материалов», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.5 – Порошковая металлургия и композиционные материалы

Диссертационная работа Кирюханцева-Корнеева Ф.В. посвящена разработке функциональных покрытий на основе тугоплавких соединений ( $\text{TiN}$ ,  $\text{TiC}$ ,  $\text{TiB}_2$ ,  $\text{ZrB}_2$ ,  $\text{SiC}$ ) имеющих высокий потенциал для повышения срока службы ответственных изделий машиностроения, что определяется высокой температурой плавления, твёрдостью, износостойкостью, жаростойкостью, эрозионной и коррозионной стойкостью этих соединений. Нанесение подобных покрытий связано с проблемой получения электродных материалов для последующего катодного распыления или термического испарения. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез позволяет получать широкий спектр тугоплавких соединений, а также делает возможным введение дополнительных элементов на стадии изготовления катодов-мишеней. Представленная работа имеет безусловную актуальность и суммирует результаты, достигнутые за последние двадцать лет при использовании СВС-материалов в технологиях физического осаждения из пара.

Автором экспериментально с помощью современных научных методов и оборудования разработаны новые составы перспективных наноконпозиционных покрытий с улучшенными эксплуатационными свойствами, предложены новые ионно-плазменные методы осаждения, позволившие повысить ключевые характеристики покрытий, такие как производительность напыления, прочность сцепления с подложкой (адгезионная прочность) и плотность.

**Научная новизна полученных результатов** заключается в установлении закономерностей влияния легирующих элементов (Si, Cr, Al, Ni) на структуру и свойства износостойких покрытий TiBN и TiCN, на жаростойкие покрытия в системе SiBCN и твердые нанокомпозитные покрытия MoAlSiB с жаростойкостью до 1500°C. Изучена взаимосвязь элементного и фазового состава, структуры и жаростойкости многокомпонентных ионно-плазменных покрытий на основе MoSi<sub>2</sub>, ZrB<sub>2</sub>, SiC и структурные особенности многослойных ионно-плазменных покрытий с ЭИЛ-подслоем. Исследованы многослойные покрытия на основе TiC, Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>, а также ZrB<sub>2</sub>, осаждаемые ионно-плазменными методами с применением электроискровых подслоев для повышения износостойкости и коррозионной стойкости изделий из относительно мягких материалов (углеродистая сталь, никелевые сплавы). Получены результаты комплексного исследования оптических покрытий Zr(Si)BN для модификации поверхности изделий оптических устройств. Установлены закономерности влияния содержания азота в газовой смеси на оптические характеристики покрытий, связанные с объёмной долей аморфных фаз BN и BN+SiN<sub>x</sub>.

**Практическая значимость** работы заключается в разработке способа ионно-плазменного осаждения сверхтвердых многокомпонентных наноструктурных покрытий на основе карбидов, боридов титана и хрома при одновременной ионной имплантации. Практическая значимость подтверждается успешными испытаниями новых тонкоплёночных материалов, техническими инструкциями на разработанные процессы ионно-плазменного напыления, что подтверждается патентами.

Представленная к защите работа изложена на 347 страницах машинописного текста, состоит из введения, шести глав, выводов и приложений, прошла апробацию на научно-практических конференциях различного уровня, результаты опубликованы в 88 статьях из перечня ВАК РФ, в их числе 85 статей в рецензируемых изданиях, индексируемых в международных базах цитирования Scopus и 68 статей в Web of Science. Имеется также 225 публикаций в трудах отечественных и зарубежных конференций, 10 ноу-хау, 2 патента, 4 учебных пособия. Материалы диссертации в автореферате изложены логично и ясно.

**По автореферату имеются замечания:**

1. На стр. 20 написано, что приведены результаты испытаний твердосплавных фрез при фрезеровании стали X12ВФ и результаты

представлены на рис.8а, однако в подрисуночной надписи рис.8 стр. 21 написано, что «Результаты испытаний твёрдосплавных фрез при точении стали Х12ВФ».

2. На рисунке 8а и в тексте не представлен инструментальный материал твердосплавной фрезы, а следовательно, не ясно на каком режиме осуществлялся процесс фрезерования.

3. На рисунке 12а отсутствует информация о том, какие структурные составляющие обнаружены в покрытии ZrSiB (мишень 80%ZrB2-20%Si). Фазовый состав при этом описывается в тексте. Следовало бы указать кристаллическую и аморфную фазы на ПЭМ-изображении.

Указанные замечания не снижают практической значимости диссертации, которая выполнена на высоком научном уровне и удовлетворяет всем требованиям Положения ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Кирюханцев-Корнеев Филипп Владимирович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.5 – «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

Профессор кафедры «Технология и оборудования машиностроения»  
ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет»,  
доктор технических наук (2.6.5 - Порошковая металлургия  
и композиционные материалы) *Чекалова* Чекалова Елена Анатольевна

Федерального государственного автономного образовательного  
учреждения высшего образования «Московский политехнический  
университет» (Московский Политех)

107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38

тел.: +7 (495) 223-05-23

факс: +7 (499) 785-62-24

e-mail: [mospolytech@mospolytech.ru](mailto:mospolytech@mospolytech.ru)

Подпись Чекаловой Е.А. заверяю:

СПЕЦИАЛИСТ ПО  
КАДРОВОМУ  
ДЕЛОПРОИЗВОДСТВУ  
Бирюкова И.

