

Отзыв на автореферат докторской диссертации Ф.В. Кирюханцева-Корнеева
**«Получение многофункциональных ионно-плазменных покрытий с
использованием СВС- композиционных материалов»**

Актуальность диссертации Ф.В. Кирюханцева-Корнеева не вызывает сомнения и определяется необходимостью разработки новых типов защитных покрытий и методов их получения для модификации поверхности ответственных изделий техники, подвергающихся воздействию трения, износа, эрозии, высоких температур и агрессивных сред.

При решении поставленных задач диссертант получил ряд новых научных результатов. Установлены закономерности влияния легирующих добавок (Si, Cr, Al, Ni) на структуру и свойства покрытий TiBN и TiCN, заключающиеся в формировании нанокomпозиционных покрытий TiCrBN и TiCrSiCN, состоящих из нанокристаллитов ГЦК-фазы nc-TiCr(C)N и аморфных фаз a-CrB/a-BN или a-SiCN/a-C, и обеспечивающих сочетание высокой твёрдости (до 30 ГПа), износостойкости (приведённый износ не более $1.5 \cdot 10^{-6} \text{ мм}^3 \text{ Н}^{-1} \text{ м}^{-1}$), наличие диффузионно-барьерных свойств, термической стабильности и жаростойкости до 800-1000°C, что определяет защитные функции покрытий в условиях высокоскоростного резания конструкционных материалов без охлаждения СОЖ. Разработаны жаростойкие покрытия на основе MoSi₂, ZrB₂ и SiC, предназначенные для защиты ответственных узлов из жаропрочных материалов, позволившие повысить рабочую температуру поверхности до 1000-1200°C и 1400-1700°C (кратковременно). Установлена линейная зависимость жаростойкости покрытий Mo-Si-B от концентрации кремния, что связано с формированием защитного слоя Si₃B₂O₅. Получены двух- и трехслойные покрытия TiAlCNi и CrAlCNi, высокая коррозионная стойкость которых в жидких и газовых средах обусловлена эффектом «залечивания» и «герметизации» поверхностных дефектов в результате нанесения слоев методами ионно-плазменного осаждения, тогда как нижний электроискровой подслои обеспечивает высокую износостойкость в условиях трения-скольжения и циклического ударно-динамического нагружения. Получены жаростойкие покрытия MoSiB и CrAlSiB с ЭИЛ-подслоем ZrSiB, позволившие уменьшить глубину окисления никелевого сплава в 12 и 40 раз при 900°C. Разработаны оптически-прозрачные покрытия ZrBN и ZrSiBN, на основе BN и SiN_x и обладающие твёрдостью 10-15 ГПа, коэффициентом пропускания 60-90 % и показателем преломления 1.97-2.68 при длинах волн 500-2500 нм.

Практическая значимость работы заключается в разработке новых технологических решений (импульсного катодного испарения керамических материалов, ионной имплантации и внешней ионизации во время магнетронного напыления, нанесение подслоёв наплавочными методами), установлении закономерностей «состав катодов-параметры нанесения-структура-свойства» для защитных и функциональных покрытий на металлообрабатывающий инструмент, изделия из жаропрочных материалов, оптические элементы. Новизна соответствующих решений подтверждена технической документацией, охранными документами на интеллектуальную собственность, актами промышленных испытаний. Автором установлено, что по износостойкости комбинированные покрытия TiCrBN и TiCrSiCN превосходят покрытия TiN, наносимые по традиционным технологиям, в 7 раз на операциях фрезерования (сталь X12BF) и точения (сталь 12X18H10T). Кроме вышеизложенного, покрытия SiBCN и MoSiB снижают потерю массы при окислительном нагреве углеродных материалов в 1.7-2 раза, а разработанные одно- и многослойные коррозионностойкие покрытия снижают глубину окисления изделий из никелевых сплавов в 40 раз, одновременно повышая прочностные характеристики, оптические покрытия ZrBN и ZrSiBN по стойкости к истиранию превосходят базовые оксидные покрытия в 1.5-2 раза.

По содержанию автореферата можно сделать следующие замечания.

1. В автореферате не указаны «минимально» и «максимально» возможные диапазоны микрогеометрии исходной поверхности (например, шероховатость по параметру Ra, мкм) перед нанесением покрытий, для кромок режущего инструмента или функциональной поверхности деталей (образцов) работающих в экстремальных условиях эксплуатации.
2. Неясно, автор применял ли какие-либо дополнительные физико – химические способы (технологии) по снижению шероховатости поверхности перед нанесением покрытий (например электрохимическую полировку или «аргонную очистку» для снижения шероховатости).
3. В автореферате, по-видимому, из-за ограниченности объема, отражена неполная информация, касающаяся электроискровой обработки при нанесении подслоёв. Хотелось бы видеть по каким критериям или алгоритму выбирались комбинации элементов и режимы их нанесения.
4. В текст автореферата указывается на дисперсное упрочнение, происходящие в покрытиях при нагреве, однако не раскрыто, частицы каких упрочняющих фаз выделяются.
5. В покрытиях ZrBN преобладают неметаллы (бор и азот). Закономерным является использование записи BN-Zr.

Приведённые замечания имеют в большей степени рекомендательный характер и не снижают общего положительного впечатление о работе. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, являются достоверными и новыми.

Хотелось бы подчеркнуть большой объем разносторонних исследований мирового уровня, проведенных диссертантом, на основании которых созданы несколько патентов и опубликованы статьи в ведущих отечественных и международных научных журналах (Физика твёрдого тела, Физика металлов и металловедение, Tribology Letters, Surface and Coatings Technology, Applied Surface Science). Полученные результаты вносят важный научный вклад в разработку новых составов и методов получения наноконпозиционных покрытий, обеспечивающих повышение срока эксплуатации и служебных характеристик ответственных изделий машиностроения.

Работа отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС», а ее автор Кирюханцев-Корнеев Ф.В. заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.5 - Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Даю согласие на обработку моих персональных данных.

Доктор технических наук (специальность 05.02.04 - Трение и износ в машинах), профессор кафедры Е2 «Технологии и производства артиллерийского вооружения» Балтийского государственного технического университета ВОЕНМЕХ имени Д. Ф. Устинова, 1-я Красноармейская ул., 1/21, Санкт-Петербург, телефон: +7 (812) 316-23-94, Факс: +7 (812) 490-05-91, E-mail: komdep@bstu.spb.su

«05» 12 2022 г.

Д.т.н., профессор

Petrov_vm@voenmeh.ru

+7 921-927-71-29

/Петров В. М./

ПОДПИСЬ
УДОСТОВЕРЯЮ

НАЧАЛЬНИК УПРАВЛЕНИЯ
КАДРОВ
СЕРГЕЕВА О.А.

