

Письменный отзыв официального рецензента на диссертационную работу
Бахытулы Наурызбек
**«Изучение формирования структуры и свойств износостойких покрытий
 карбонитрида титана при легировании их различными элементами»**
 на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности
 6D071000 – «Материаловедение и технология новых материалов»

№ п/п	Критерии	Соответствие критериям (необходимо отметить один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам	1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам: 1) <u>Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы)</u> 2) Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы) 3) Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление)	Диссертационная работа выполнена в лаборатории «Металловедения АО «Институт Metallургии и Обогащения», в рамках грантовых проектов прикладных исследований по теме: «Разработка износостойких, многофункциональных, композиционных покрытий на основе карбонитрида титана» (№AP08857049, 2020-2022 гг.), финансируемых МОН РК по приоритету «Рациональное использование природных ресурсов, в том числе водных ресурсов, геология, переработка, новые материалы и технология, безопасные изделия и конструкции».
2.	Важность для науки	<u>Работа вносит/не вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта/не раскрыта</u>	Работа вносит существенный вклад в науку, в связи с полученными новыми результатами при изучении процесса осаждения покрытий методом реактивного магнетронного распыления.

3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) <u>Высокий</u> ; 2) Средний; 3) Низкий; 4) Самостоятельности нет	Диссертационная работа Бахытулы Н. является авторской работой докторанта, выполненной самостоятельно в соответствии с требованиями по выполнению научных работ, что может подтверждаться достаточно полным изложением материалов в статьях и докладах, первым автором – автором для корреспонденции которых является соискатель, апробацией диссертационной работы с непосредственным ее активным участием на международном конференции.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) <u>Обоснована</u> ; 2) Частично обоснована; 3) Не обоснована.	Актуальность диссертации имеет высокую степень обоснованности и своевременности. Современными задачами научно-технического прогресса, стоящими перед предприятиями и научными организациями Республики Казахстан, работающими в области материаловедения, являются создание перспективных материалов и применение новых передовых технологических процессов и развитие на этой основе конкурентоспособных производств для различных отраслей промышленности. Среди методов осаждения одним из наиболее подходящих для изготовления сверхтвердых и износостойких покрытий является магнетронное распыление постоянным током, используемое как в реактивной, так и в нереакционной среде в условиях высокого вакуума. Возможность варьирования таких параметров и условий осаждения как, смещение потенциала на подложке, скорость потока реакционных и инертных газов, ток плазмы, импульсный режим осаждения, использование композиционной мишени и другие открывают широкие возможности для нанесения покрытий TiCN с улучшенными механическими и трибологическими характеристиками. Определение связи между условиями осаждения и микроскопической структурой, и свойствами осажденных пленок является ключом к определению оптимальных режимах осаждения покрытий с заданными свойствами. Основываясь на описанном выше, тема настоящей диссертационной работы является актуальной.

		<p>4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) <u>Отражает</u>; 2) Частично отражает; 3) Не отражает 	<p>Содержание диссертации полностью отражает ее тему. Работа направлена на разработку износостойких, композиционных покрытий на основе карбонитрида титана.</p>
		<p>4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) <u>соответствуют</u>; 2) Частично отражает; 3) Не отражает 	<p>Целью диссертационной работы является изучение влияния режимов реактивного магнетронного распыления композиционных мишеней Ti/(Cr; Zr; Al; Ta) на формирование свойств покрытий карбонитрида титана на подложках из стали марок AISI 304 и титана VT1-0. Из поставленной цели сформулированы задачи, решение которых обеспечивает её достижение.</p>
		<p>4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) <u>полностью взаимосвязаны</u>; 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует 	<p>В диссертации все разделы и их положения взаимосвязаны и имеют соответствующую логическую последовательность. В диссертации поочередно описываются результаты экспериментального определения оптимальной условия осаждения карбонитридных покрытий при потоках Ar 1,1, C₂H₂ 0,28, N₂ 0,1 л/ч, методом реактивного магнетронного распыления композиционных металлических мишеней Ti / (Cr; Zr; Al; Ta). Приведены данные о влиянии легирующих элементов Cr, Zr, Al, Ta на морфологию и топографию поверхности, структуру, элементный и фазовый состав, нанотвердость и коэффициент трения, скорость износа покрытий на основе карбонитрида титана. Описана зависимость механических и трибологических свойств износостойких покрытий на основе TiCN от легирования посредством магнетронного распыления композиционных металлических мишеней Ti / (Cr; Zr; Al; Ta).</p>
		<p>4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) <u>критический анализ есть</u>; 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов 	<p>В диссертационной работе проведен литературный поиск и патентные исследования известных составов и способов в области разработки износостойких, многофункциональных, композиционных покрытий на основе карбонитрида титана. Автором предложено решение проблемы создания новых износостойких защитных покрытий TiCN, применив впервые композиционные металлические мишени с наплавленным легирующим металлом Cr, Zr, Al и Ta при осаждении твердых покрытий на основе TiCN методом реактивного магнетронного распыления.</p>

5.	Принцип научной новизны	<p>5.1 Научные результаты и положения являются новыми?</p> <p>1) полностью новые;</p> <p>2) <u>частично новые (новыми являются 25-75%)</u>;</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Основные научные результаты и положения диссертационной работы являются частично новыми, полученные сведения вносят определенный вклад в разработку износостойких покрытий на основе карбонитрида титана. К научным результатам и положениям диссертационной работы, следует отнести:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Результаты экспериментального определения оптимальной условия осаждения карбонитридных покрытий при потоках Ar 1,1, C₂H₂ 0,28, N₂ 0,1 л/ч, методом реактивного магнетронного распыления композиционных металлических мишеней Ti/(Cr; Zr; Al; Ta); – Данные о влиянии легирующих элементов Cr, Zr, Al, Ta на морфологию и топографию поверхности, структуру, элементный и фазовый состав, нанотвердость и коэффициент трения, скорость износа покрытий на основе карбонитрида титана; – Зависимость механических и трибологических свойств износостойких покрытий на основе TiCN от легирования посредством магнетронного распыления композиционных металлических мишеней Ti/(Cr; Zr; Al; Ta).
		<p>5.2 Выводы диссертации являются новыми?</p> <p>1) полностью новые;</p> <p>2) <u>частично новые (новыми являются 25-75%)</u>;</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Приведенные в диссертации выводы относительно легирующих, элементов, результаты оптимальных условия осаждения карбонитридных покрытий, элементный и фазовый состав легирующих элементов, являются частично новыми, ранее кем-либо (кроме соискателя и его соавторов) не были опубликованы результаты по осаждению TiCrCN и TiTaCN.</p>
		<p>5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными:</p> <p>1) <u>полностью новые</u>;</p> <p>2) <u>частично новые (новыми являются 25-75%)</u>;</p> <p>не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>На основании полученных исследований автором диссертации впервые при осаждении твердых покрытий на основе TiCN методом реактивного МР применены композиционные металлические мишени с наплавленным легирующим металлом Cr, Zr, Al и Ta.</p>

6.	Обоснованность основных выводов	Все основные выводы <u>основаны</u> /не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам)	Выводы, приведенные в заключении сделаны на основе результатов теоретических и экспериментальных исследовательских работ, а также результатов морфологии и топографии поверхности, структурного анализа. Полученные результаты не противоречат основным теоретическим и прикладным положениям и принципам в области теории и технологии материаловедения.
7.	Основные положения, выносимые на защиту	<p>Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности:</p> <p>7.1 Доказано ли положение?</p> <p>1) <u>доказано</u>;</p> <p>2) скорее доказано;</p> <p>3) скорее не доказано;</p> <p>4) не доказано</p>	<p>Объявленные все основные положения, выносимых на защиту, доказаны теоретически и экспериментально, а именно:</p> <p>1. Условия осаждение покрытий карбонитрида титана методом реактивного магнетронного распыления. Из результатов исследования состава и структур, параметров износа установлен наиболее оптимальный режим под названием TiCN-2.</p> <p>2. Получены покрытия TiCN, TiCrCN, TiZrCN, TiAlCN и TiTaCN с толщинами 1,302, 1,55, 1,74, 1,40 и 2,23 мкм с кристаллической ГЦК структурой.</p> <p>3. Введение элементов Cr; Zr; Al; Ta в кристаллическую структуру TiCN. Оценка влияния легирующих элементов на коэффициент трения покрытий показала не существенное повышение до 0,2, кроме Ta, который превысил отметки подложки 0,33. Легирование TiCN покрытия Cr и Zr в установленном оптимальном режиме магнетронного распыления приводит к снижению скорости износа до 10^{-7} мм³/м × Н вследствие повышения нанотвердости и снижения коэффициента трения.</p> <p>4. Результаты натурного испытания при нагрузке 100 кг со скоростью 750 об/мин упорных подшипников с покрытиями TiCN, TiCrCN, TiZrCN, TiAlCN и TiTaCN, осажденными на дорожку качения показали коррелирующие результаты износа, где наилучшей износостойкостью обладал подшипник с покрытием TiZrCN. Это позволяет рекомендовать данное покрытие на поверхностях трения деталей машин и механизмов для увеличения их функциональных характеристик, что способствует увеличению срока службы деталей.</p>

		<p>7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) <u>нет</u></p>	<p>В диссертационной работе тривиальный подход отсутствует. Все выявленные закономерности, полученные при проведении исследований зависимости рассматривались не упрощенно, а с позиций современных знаний и сведений в области материаловедения и технологии новых материалов применительно к износостойким покрытиям карбонитрида титана.</p>
		<p>7.3 Является ли новым? 1) <u>да</u>; 2) нет</p>	<p>Положения, выносимые на защиту, являются новыми. Ранее подобные положения и результаты исследований по теме диссертации не были кем-либо (за исключением автора работы) описаны в литературе.</p>
		<p>7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) <u>средний</u>; 3) широкий</p>	<p>Уровень применения представленных диссертантом научных положений оценивается как средний. Объектом исследований диссертанта является износостойкие покрытия на основе карбонитрида титана, легированного различными элементами.</p>
		<p>7.5 Доказано ли в статье? 1) <u>да</u>; 2) нет</p>	<p>В приложении А диссертации приведен список 6 публикаций по теме диссертации. В список публикаций соискателя входят 2 статьи в журналах индексируемом в базе данных Scopus, 2 статьи по перечню журналов, рекомендованных КОКСОН МОН РК, 1 статья в зарубежном журнале и 1 публикация в международном конференции. В публикациях показаны и нашли отражения положения, выносимые на защиту.</p>
8.	<p>Принцип достоверности Достоверность источников и предоставляемой информации</p>	<p>8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана 1) <u>да</u>; 2) нет</p>	<p>Выбор методологии исследований проводился с учетом особенностей исследуемого объекта. В работе дано описание методик для формирования TiCN покрытий. Они включают физическое осаждение, химическое осаждение, методы распыления и др. Каждый из таких методов имеет свои преимущества и недостатки. Из недостатков, свойственных многим методам, можно отметить следующие: плохая адгезия покрытий к подложке, невозможность регулировать их элементный состав, ограниченность в выборе материала подложки. Данные методологии позволили получить соискателю достоверные данные об изучаемых процессах споследующим объективным заключением по работе.</p>

		<p>8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий:</p> <p>1) <u>да</u>; 2) нет</p>	<p>В работе наряду с надежными научными методами и приемами экспериментальных исследований, были использованы современные физико-химические методы исследований с использованием современных приборов и оборудования. Измерение толщины покрытия и снимки поверхности после трибоиспытаний проведены на металлографическом оптическом микроскопе Leica DM IRM. Исследование морфологии покрытия и определение его элементного состава выполнено с использованием растрового электронного микроскопа JEOL JXA-8230. Анализ топографии и шероховатости поверхности покрытия до и после трибоиспытаний осуществлен на зондовом микроскопе JSPM 5200. Измерение площади поперечного сечения дорожки износа покрытий после трибоиспытаний велось профилометром марки 130. Фазовый состав осажденных покрытий изучали по дифрактограммам, полученным с помощью рентгеновского дифрактометра BRUKER D8 ADVANCE. Испытание на износ покрытий по схеме «шар-на-диске» выполняли с помощью трибометра TRB³ CSM Instruments. Результаты измерений твердости покрытий получили на нанотвердомере модели Nanoscan-4D. Однако, использование РЭМ для измерения толщины покрытий при поперечном сечении было бы лучшим вариантом, нежели на оптическом микроскопе. С помощью электронно-зондового микроанализа возможно определение элементного состава локального участка исследуемого вещества, результаты трибологических испытаний можно было для наглядности показать линейным анализом ЭДС в картинах.</p>
		<p>8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента):</p> <p>1) <u>да</u>; 2) нет</p>	<p>Закономерности, выявленные в процессе исследования многофункциональных, композиционных покрытий на основе карбонитрида титана полностью подтверждены экспериментальными исследованиями.</p>

		8.4 Важные утверждения <u>подтверждены/частично подтверждены/не подтверждены</u> ссылками на актуальную и достоверную научную литературу	Основные важные утверждения, в том числе и результаты автора, подтверждены соответствующими ссылками на достоверную научную литературу.
		8.5 Используемые источники литературы <u>достаточны/не достаточны</u> для литературного обзора	Список литературных источников диссертации насчитывает 109 научных работ, в том числе для литературного обзора 65, которых достаточно для проведения аналитического литературного обзора по теме диссертации.
9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) <u>да</u> ; 2) <u>нет</u>	Теоретические исследования, представленные в работе, были выполнены для получения дополнительных знаний в области изучаемого процесса, что послужило для осуществления основной цели. Поэтому работа не имеет основного теоретического назначения.
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) <u>да</u> ; 2) <u>нет</u>	Совокупность результатов, проведенных теоретических и экспериментальных исследований будет способствовать разработке новых перспективных покрытий карбонитрида титана при легировании цирконием, хромом, алюминием и танталом предназначенных для применения в оптимизированных покрытиях на контактной поверхности упорного подшипника при натуральных испытаниях.
10	Качество написания и оформления	Качество академического письма 1) <u>высокое</u> ; 2) <u>среднее</u> ; 3) ниже среднего; 4) <u>низкое</u> .	Диссертационная работа написано с выдержкой достаточно хорошего профессионального научно-технического стиля. Формулировки основных положений и выводов четкие, ясные и являются недвусмысленными. В диссертационной работе имеются незначительные опечатки, не снижающие качества работы.

Заключение: Диссертационная работа, выполненная на тему: «Изучение формирования структуры и свойств износостойких покрытий карбонитрида титана при легировании их различными элементами», по содержанию и оформлению соответствует всем требованиям, предъявляемым к диссертационным работам, а ее автор, Бахытулы Наурызбек заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по специальности 6D071000 – «Материаловедение и технология новых материалов».

Научный сотрудник,
Департамента научно-технической информации и прогнозирования
Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного
ведения «Национальный Центр Технологического Прогнозирования»

Зелено пописан
Абрамиди Т.М.
Ок: *М*
Абдощевылова
Абраева Г. М.

