

Отзыв

официального рецензента на диссертационную работу

Маратұлы Бауыржана на тему «Обоснование параметров и разработка инновационной технологии нанесения защитных металлопокрытий методом магнетронного напыления», представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по направлению подготовки: 8D071 – «Инженерия и инженерное дело», образовательной программе: 8D07102 – «Машиностроение».

№ 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:	Диссертационная работа соответствует приоритетному направлению развития науки «Энергетика и машиностроение», поскольку посвящена разработке и научному обоснованию технологического процесса нанесения защитных покрытий TaCu методом магнетронного напыления для деталей машин и оборудования. Исследование направлено на повышение эксплуатационной надежности оборудования, снижение коррозионного и микробиологического поражения поверхностей, а также совершенствование современных технологий поверхностного инженерного обеспечения машиностроительного производства.
		1) Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы) 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)	Диссертация выполнена в рамках проекта «Жас ғалым» грантового финансирования научных исследований МНиВО по теме AP25794661 «Разработка нанопокровтий обладающих бактерицидным эффектом на тканевые материалы применяемые в медицине».
2.	Важность для науки	Работа вносит/не вносит существенный вклад в науку, а	Диссертационная работа вносит существенный вклад в развитие

		ее важность хорошо раскрыта/не раскрыта	научных основ инженерии поверхности за счет установления количественных закономерностей влияния технологических параметров магнетронного напыления на структуру и функциональные характеристики покрытий системы TaCu. Особую научную значимость имеют определение и математическое описание технологического окна формирования плотной беспористой структуры, а также разработка инженерной методики прогнозирования толщины и элементного состава покрытия. Основные результаты исследования получили апробацию в 11 научных работах, включая публикации в изданиях, индексируемых в Scopus и Web of Science, а также в изданиях, рекомендуемых КОКШНО МНВО РК.
3.	Принцип самостоятельности и	Уровень самостоятельности: 1) <u>Высокий</u> ; 2) Средний; 3) Низкий; 4) Самостоятельности нет	Уровень самостоятельности автора является высоким. Автором выполнен основной комплекс теоретических и экспериментальных исследований, включая оптимизацию технологических параметров магнетронного напыления, исследование структуры и состава покрытий, оценку их трибологических, антикоррозионных и бактерицидных характеристик, а также разработку технологического процесса и модернизированной конструкции рабочей головки магнетронной установки.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) <u>Обоснована</u> ; 2) Частично обоснована; 3) Не обоснована.	Актуальность исследования обоснована необходимостью повышения эксплуатационной надежности деталей машин и оборудования, работающих в контакте со смазочно-охлаждающими жидкостями, при котором возможно развитие микробиологических процессов, биообрастания и микробиологически индуцированной коррозии. Выбор технологии магнетронного напыления покрытий TaCu направлен на формирование на поверхности деталей износостойких,

			коррозионно-устойчивых и бактерицидных слоев с заданным комплексом функциональных свойств.
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) <u>Отражает</u> ; 2) Частично отражает; 3) Не отражает	Содержание представленной на рецензию диссертационной работы полностью отражает тему диссертации.
		4.3 Цель и задачи соответствуют теме диссертации: 1) <u>соответствуют</u> ; 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют	Поставленная цель и задачи для ее достижения полностью соответствуют теме диссертационного исследования.
		4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: 1) <u>полностью взаимосвязаны</u> ; 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует	Диссертационная работа характеризуется комплексностью и взаимосвязанностью излагаемого материала. Разделы и подразделы диссертационного исследования логически взаимоувязаны и нацелены на достижение поставленных целей и задач диссертационного исследования. Диссертационное исследование представляет собой логически заверченный научный труд. Все это позволяет оценить высокий уровень внутреннего единства диссертационной работы.
		4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: 1) <u>критический анализ есть</u> ; 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов 4) анализ отсутствует	В диссертации выполнен патентно-технический анализ решений в области магнетронного напыления, а также исследовано влияние технологических параметров процесса на формирование структуры и функциональных характеристик покрытий TaSi, включая содержание меди, коэффициент трения и удельные энергетические затраты. Обоснованы принципы интеграции процесса нанесения покрытий в технологический цикл обработки деталей без изменения их исходной геометрии и базовых свойств подложки, а также рассмотрены конструктивные особенности рабочей головки магнетронной установки с учетом требований к формированию трибологических и защитных

			покрытий. Полученные выводы подтверждены результатами экспериментальных исследований и количественным анализом взаимосвязей между режимами напыления и свойствами покрытий.
5.	Принцип научной новизны	5.1 Научные результаты и положения являются новыми? 1) <u>полностью новые</u>; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Научные результаты диссертации получены на основе комплекса теоретических и экспериментальных исследований технологического процесса магнетронного напыления покрытий TaCu на постоянном токе. Установлены количественные зависимости формирования элементного состава, толщины и функциональных характеристик покрытия от основных параметров процесса, в том числе от соотношения мощностей, подводимых к магнетронным источникам. Определены рациональные условия проведения процесса при давлении рабочего газа Ar в диапазоне 0,18–0,28 Па, обеспечивающие формирование плотной беспористой структуры покрытия и стабильность его состава. На основе полученных эмпирико-теоретических зависимостей разработана методика инженерного расчёта технологических параметров нанесения покрытий TaCu, позволяющая прогнозировать их толщину и элементный состав применительно к установке EPOS-PVD-440. Погрешность прогнозирования не превышает 5–7 %, что подтверждает практическую применимость предложенного подхода для обоснованного выбора режимов магнетронного напыления.
		5.2 Выводы диссертации являются новыми? 1) <u>полностью новые</u>; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Выводы диссертации являются научно обоснованными и содержат новые результаты, полученные на основе теоретических и экспериментальных исследований процесса магнетронного напыления покрытий TaCu. Установлены количественные зависимости между технологическими параметрами процесса и свойствами

			покрытий, определены рациональные режимы нанесения при мощности танталового магнетрона 2,0–2,1 кВт, мощности медного магнетрона 0,33–0,80 кВт и рабочем давлении аргона 0,18 Па. Экспериментально определены условия стабильного ведения процесса, обеспечивающие воспроизводимость требуемых характеристик покрытий, а также выполнен инженерный расчёт технологических параметров применительно к промышленной установке EPOS-PVD-440. Полученные результаты подтверждают возможность практической реализации предложенного технологического подхода и его применения для управления составом и функциональными характеристиками покрытий TaCu.
		5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными: 1) <u>полностью новые</u>; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Предложенные технические и технологические решения являются научно обоснованными и обладают практической значимостью в рамках поставленной задачи. К основным результатам относятся разработка технологического регламента магнетронного напыления покрытий TaCu и инженерной методики расчёта технологических параметров процесса, а также конструктивная реализация рабочей головки установки EPOS-PVD-440 с возможностью монтажа магнетрона с диаметром мишени 40 мм. Практическая применимость разработанных решений подтверждена производственными испытаниями технологии нанесения бактерицидного покрытия TaCu методом магнетронного напыления.
6.	Обоснованность основных выводов	Все основные выводы основаны/не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам)	Все выводы диссертационного исследования научно обоснованы и полностью доказаны теоретически и экспериментально.

7.	Основные положения, выносимые на защиту	Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности: 7.1 Доказано ли положение? 1) <u>доказано</u>; 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано 7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) <u>нет</u> 3) в текущей формулировке проверить тривиальность положения невозможно. 7.3 Является ли новым? 1) <u>да</u>; 2) нет 3) в текущей формулировке проверить новизну положения невозможно. 7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) <u>средний</u>; 3) широкий 4) в текущей формулировке проверить уровень применения положения невозможно. 7.5 Доказано ли в статье? 1) <u>да</u>; 2) нет 3) в текущей формулировке проверить доказанность положения невозможно.	7.1) Основные положения, выносимые на защиту, доказаны совокупностью результатов теоретических, расчётных и экспериментальных исследований, а также сравнительного и регрессионного анализа полученных данных. Достоверность положений подтверждена согласованностью расчётных и экспериментальных результатов. 7.2) Тривиальность основных положений, выносимых на защиту, отсутствует. Их научная новизна определяется установленными количественными закономерностями влияния технологических параметров магнетронного напыления на состав и функциональные характеристики покрытий TaCu, а также определением рациональных условий формирования покрытия с заданными свойствами. 7.3) Все положения, выносимые на защиту, имеют научную новизну и получили подтверждение в результатах проведённых исследований и практической апробации. Основные результаты представлены в научных публикациях автора, включая 3 статьи в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus, 1 статью в издании, индексируемом в Web of Science, публикации в журналах, рекомендованных КОКСНВО МНВО РК, а также доклады на международных научных конференциях. 7.4) Уровень применимости научных положений, представленных в диссертации, можно охарактеризовать как средний с учетом ограничений и специфической области применения разработанной технологии нанесения бактерицидных покрытий TaCu. 7.5) Достоверность научных положений подтверждена результатами теоретических и экспериментальных исследований, инженерными расчётами и
----	---	---	--

			производственными испытаниями технологии нанесения покрытий TaCu. Результаты исследования получили апробацию в 3 статьях, индексированных в базе данных Scopus, 1 статье, индексированной в Web of Science, публикациях в изданиях, рекомендованных КОКСНВО МНВО РК, а также материалах международных научных конференций.
8.	Принцип достоверности Достоверность источников и предоставляемой информации	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана 1) <u>да</u>; 2) нет	Выбор методологии исследования является обоснованным и соответствует поставленной цели и задачам диссертационной работы. Методическая база включает методы магнетронного напыления, факторного планирования и статистической обработки результатов эксперимента, математического анализа, а также микроструктурного, элементного, трибологического и электрохимического исследований. Комплексное применение указанных методов позволило установить научно значимые количественные зависимости между технологическими параметрами процесса и структурными, элементными и функциональными характеристиками покрытий TaCu, что обеспечивает достоверность полученных результатов и обоснованность сформулированных научных положений.
		8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий: 1) <u>да</u>; 2) нет	Результаты получены с применением современных методов экспериментального исследования и математической обработки данных. В работе установлены количественные зависимости между параметрами процесса и характеристиками покрытий, в том числе линейная зависимость содержания меди от тока на медной мишени в диапазоне 0,6–1,4 А.
		8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности	Натурные испытания конструкции рабочей головки магнетронной установки, включая узел уплотнения

		доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента): 1) <u>да</u>; 2) нет	для обеспечения высокого вакуума, а также анализ полученных данных подтверждают и согласуются с теоретическими выводами, представленными в рамках диссертационной работы. Математическое моделирование и оптимизация параметров технологического процесса выполнено с применением факторного планирования экспериментов. В ходе исследований проведен микроструктурный анализ с применением СЭМ, использована энергодисперсионная спектроскопия. Выявленные закономерности подтверждены трибологическими испытаниями на специализированном оборудовании для фиксации коэффициента трения. Использованы электрохимические методы исследований для определения антикоррозионных характеристик и микробиологические тесты in vitro на штаммах <i>Pseudomonas aeruginosa</i> для количественной оценки бактерицидной активности. Экспериментальная модель была успешно апробирована и протестирована в реальных производственных условиях, что подтверждает эффективность и практическую применимость разработанных решений.
		8.4 Важные утверждения подтверждены/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу	Все значимые утверждения в диссертации подтверждаются ссылками на актуальную научную литературу. Проведенный анализ научной литературы охватывает известные публикации последних десятилетий.
		8.5 Использованные источники литературы достаточны/не достаточны для литературного обзора	Список использованных источников содержит 141 наименование, что является достаточным для осуществления литературного обзора в рамках диссертационного исследования.
9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) <u>да</u>;	Диссертационные исследования автора имеют большое теоретическое значение, поскольку

		2) нет	полученные эмпирико-теоретические зависимости и предложенная методика расчета позволяют решать различные задачи по определению параметров технологического процесса магнетронного напыления на постоянном токе для системы TaCu, в границах которого формируется плотная беспористая микроструктура типа зоны Т по классификации Торнтона.
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) <u>да</u> ; 2) нет	Диссертация обладает высоким практическим значением, поскольку разработана техническая документация и конструкция оригинальной рабочей головки магнетронной установки, включая узел уплотнения для обеспечения высокого вакуума. Расчет кинетических параметров процесса для установки EPOS-PVD-440, позволяет прогнозировать производительность и себестоимость обработки деталей. Имеется акт производственных испытаний на предприятии г. Усть-Каменогорска в ТОО "ВК ПРОМЭНЕРГОРЕМОНТ".
		9.3 Предложения для практики являются новыми? 1) <u>полностью новые</u> ; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	В диссертации представлен комплекс технических решений, который имеет научную и практическую новизну. Разработанные предложения, конструкция рабочей головки магнетронной установки, а также инженерная методика расчета кинетических параметров процесса для установки EPOS-PVD-440 являются безопасными и эффективными при использовании, что способствует их эффективной реализации.
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) <u>высокое</u> ; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	В целом диссертационная работа имеет высокое качество академического письма, написана грамотно, кратко и понятно.
11	Замечания к диссертации		Замечания по содержанию и оформлению отсутствуют.
12	Научный уровень		Научный уровень публикаций

	статей докторанта по теме исследования (в случае защиты диссертации в форме серии статей официальные рецензенты комментируют научный уровень каждой статьи докторанта по теме исследования)		докторанта по теме диссертационного исследования оценивается как высокий.
13	Решение официального рецензента (согласно пункту 28 настоящего Типового положения)	Диссертационная работа Маратұлы Бауыржана на тему «Обоснование параметров и разработка инновационной технологии нанесения защитных металлопокрытий методом магнетронного напыления», представленная на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07102 – «Машиностроение», является завершённым научно-квалификационным исследованием, в котором решена актуальная научно-практическая задача обоснования параметров и совершенствования технологии нанесения защитных металлопокрытий методом магнетронного напыления. С учётом актуальности темы, научной новизны полученных результатов, их теоретической и экспериментальной обоснованности, достоверности, достаточного объёма проведённых исследований и практической значимости полученных результатов диссертационная работа соответствует установленным требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание степени доктора философии (PhD). Автор диссертации Маратұлы Бауыржан заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07102 – «Машиностроение».	

Официальный рецензент:

кандидат технических наук, профессор кафедры
«Технологическое оборудование, машиностроение и
стандартизация», НАО «Карагандинский технический
университет имени Абылкаса Сагинова»



Жаркевич О.М.