

ОТЗЫВ

официального рецензента на диссертационную работу Кенесбекова Айдара Бакытбекулы на тему «Разработка воздушно-плазменного способа нанесения износостойких покрытий на основе TiN на поверхности быстрорежущих сталей», представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D072300 – «Техническая физика»

№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	<p>1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам:</p> <p>1) Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы)</p> <p>2) Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы)</p> <p>3) Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление)</p>	<p>Диссертационная работа на тему «Разработка воздушно-плазменного способа нанесения износостойких покрытий на основе TiN на поверхности быстрорежущих сталей» (дата утверждения: 20.10.2018г., №1048-С Протокол №4 от 05 октября 2018г.) соответствуют приоритетному направлению развития науки «Энергетика и машиностроение».</p> <p>Диссертационная работа Кенесбекова А.Б. выполнена в рамках научно-исследовательского проекта по программно-целевому финансированию на 2018-2020 гг. (ИРН BR05236748, номер госрегистрации - 0118РК00989), договор №197 от 16.03.2018 г., по теме: «Исследования и разработка инновационных технологий получения износостойких материалов для изделий машиностроения».</p> <p>Диссертационная работа и исследования, выполненные в течение всего периода обучения, соответствует государственной программе «Индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2020-2025 годы», утвержденной 31 декабря 2019 года Постановлением Правительства Республики Казахстан №1050. В рамках диссертации выполнялись работы, соответствующие следующим приоритетным направлениям программы: Развитие технологий и инноваций, Подготовка квалифицированных кадров, Развитие секторов обрабатывающей промышленности.</p>

2.	Важность для науки	Работа <u>вносит</u> /не вносит существенный вклад в науку, а ее важность <u>хорошо раскрыта</u> /не раскрыта	<p>Диссертационное исследование вносит существенный вклад в науку в области материаловедения и машиностроения. В работе впервые рассмотрены возможности применения воздушно-плазменного способа нанесения износостойких покрытий на основе TiN на поверхности быстрорежущих сталей, обладающие низкой пористостью и высокой износостойкостью. Впервые изучено влияние воздушно-плазменного напыления на структурно-фазовые состояния и свойства (твердость и износостойкость) TiN покрытий. На основе полученных данных разработан способ воздушно-плазменного напыления износостойких TiN покрытий на поверхности режущего инструмента из быстрорежущей стали P6M5 и предложена методика оценки износостойкости сверла и сил трения в процессе резания на разработанном испытательном стенде.</p>
3.	Принцип самостоятельности	<p>Уровень самостоятельности:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) <u>Высокий</u>; 2) Средний; 3) Низкий; 4) Самостоятельности нет. 	<p>В работе приведено большое количество экспериментальных и теоретических результатов, которые были получены при непосредственном и активном участии соискателя. Диссертант самостоятельно решал существенные и конкретные задачи, важные для успешной работы коллектива по реализации прикладных задач, а также лично представлял свои результаты в ряде международных конференций. Дополнительным показателем высокого уровня самостоятельности диссертанта, служат публикации в отечественных и зарубежных научных изданиях, где он является первым автором и/или автором корреспондентом.</p>
4.	Принцип внутреннего единства	<p>4.1 Обоснование актуальности диссертации:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) <u>Обоснована</u>; 2) Частично обоснована; 3) Не обоснована. 	<p>В последние десятилетия проводятся интенсивные исследования взаимосвязи структурно-фазового состояния и функциональных свойств покрытий на основе нитридов в зависимости от методов и условий их синтеза. Их широкое использование в качестве твердых, износостойких покрытий режущего инструмента обусловлено тем, что TiN обладает высокой твердостью и</p>

			<p>химической стабильностью, низким коэффициентом трения, высокими сопротивлением коррозии и износостойкостью.</p> <p>К прогрессивным методам получения таких покрытий является воздушно-плазменное напыления. Но, несмотря на некоторые достигнутые успехи в области практической реализации воздушно-плазменных процессов, протекающие при этом фазово-структурные превращения и физические механизмы формирования покрытий еще недостаточно изучены. Существенным недостатком данной технологии до сих пор является низкий тепловой и общий КПД процесса, составляющий всего 3-8 %, что представляет актуальную проблему.</p> <p>Кроме того, по-прежнему актуальными остаются вопросы создания высокоресурсных плазмотронов для воздушно-плазменного напыления порошковых покрытий.</p> <p>Таким образом, актуальность работы обоснована во введении и первой главе диссертации, где представлен обзор современной научно-технической литературы, на основе которого выявлены и определены направления дальнейших исследований. В этой связи актуальность выполненной автором диссертационной работы не вызывает сомнений.</p>
		<p>4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Отражает; 2) Частично отражает; 3) Не отражает. 	<p>В рецензируемой диссертации содержание в полной мере отражает ее тему. Диссертация состоит из пяти разделов, заключения и списка литературы.</p> <p>Первый раздел посвящён анализу современной научно-технической литературы по методам получения покрытия на основе TiN и обоснованию применения воздушно-плазменного напыления. Подробно описано структурно-фазовое состояние, механические и трибологические свойства TiN покрытий.</p> <p>Во втором разделе представлены применяемые материалы исследований и экспериментальное</p>

			<p>оборудование. Приведено описание методов исследования структурно-фазового состояния и механико-трибологических свойств покрытий.</p> <p>В третьем разделе приведены результаты работ по разработке и изготовлению плазмотрона и установки воздушно-плазменного напыления порошковых покрытий. Были рассмотрены возможности увеличения термической стойкости конструкции анода плазмотрона, изучена скорость и траектория частиц порошка, исследована термостойкость катода.</p> <p>В четвертом разделе приведены результаты влияния режимов воздушно-плазменного напыления на структурно-фазовые состояния и механико-трибологические свойства покрытий.</p> <p>В пятом разделе представлены результаты исследования формирования TiN покрытий на поверхности режущих инструментов и результаты стендовых испытаний режущих инструментов с TiN покрытием, полученных методом воздушно-плазменного напыления.</p>
		<p>4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации: 1) <u>соответствуют;</u> 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют.</p>	<p>Цель и задачи полностью соответствуют теме диссертации и в полной мере раскрывают все аспекты исследования.</p>
		<p>4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: 1) <u>полностью взаимосвязаны;</u> 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует.</p>	<p>Все разделы и научные положения в диссертационной работе логически взаимосвязаны, обладают единством идей, цели, задач и полученных результатов исследований.</p>
		<p>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;</p>	<p>По каждой главе диссертации сделаны выводы, в которых содержится критический анализ и собственное мнение соискателя по рассматриваемым вопросам. Решения, принципы и методы, предложенные автором в данной работе аргументированы и подтверждены в</p>

		3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов.	соответствии с основными научными методами исследования.
5.	Принцип научной новизны	5.1 Научные результаты и положения являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	Научные результаты и положения диссертационной работы являются новыми, что подтверждается успешным опубликованием 1 статьи в рецензируемом зарубежном научном журнале, входящем в базы данных Web of Science и Scopus, 4 статьи в рецензируемых печатных изданиях, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МНВО РК.
		5.2 Выводы диссертации являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	Выводы диссертации основаны на всестороннем анализе полученных результатов исследований с привлечением результатов и выводов других авторов. При этом сформулированные в диссертации выводы касаются только собственных результатов исследований и являются полностью новыми. В работе впервые: - разработан и создан плазмотрон для воздушно-плазменного напыления, который защищен патентом на изобретение «Плазмотрон для напыления» (№34334 опуб. 14.08.2020 г.); - исследовано формирование TiN покрытий на поверхности фрезы дисковой зуборезной по металлу методом воздушно-плазменного напыления; - разработан стенд для испытания режущих инструментов на износостойкость. Испытательный стенд позволяет измерять силу и коэффициент трения, износостойкость материала при трении индентора из инструментального материала по цилиндрической поверхности контртела из конструкционного материала.

		<p>5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными:</p> <p>1) полностью новые;</p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%).</p>	<p>Новизна и обоснованность технических и технологических решений подтверждается наличием патента на изобретение РК «Плазмотрон для напыления» (№34334 опубликован 14.08.2020 г.).</p>
6.	Обоснованность основных выводов	<p>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).</p>	<p>Все основные выводы, приведенные в заключении, сформулированы на основе экспериментальных исследований. Они не противоречат основным положениям физики твердого тела. Выводы полностью подтверждают положения диссертационной работы.</p> <p>Тем не менее не смотря на полученные положительные результаты по разделам имеются замечания:</p> <p>В процессе защиты автору диссертации необходимо пояснить свою позицию по отношению к лимитирующей стадии взаимодействия нитрида титана с подложкой при воздушно-плазменном напылении:</p> <p>- какие превращения происходят, чтобы объяснить изменение износостойкости?</p> <p>Чем обосновано выбор материала и марки подложек 12X18H10T, быстрорежущей стали Р6М?</p>
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) доказано;</p> <p>2) скорее доказано;</p> <p>3) скорее не доказано;</p> <p>4) не доказано</p> <p>7.2 Является ли тривиальным?</p> <p>1) да;</p> <p>2) нет</p> <p>7.3 Является ли новым?</p> <p>1) да;</p>	<p>Все три основных положения, выносимых на защиту, доказаны экспериментально, с применением современных методов исследования структурно-фазового состава и механико-трибологических свойств TiN покрытий при воздушно-плазменном напылении.</p> <p>Элементы тривиальности в диссертационной работе отсутствуют. Все найденные закономерности и особенности изученных процессов рассматривались не упрощенно, а с позиции современных знаний в области физики твердого тела и материаловедения.</p> <p>Основные положения, выносимые на защиту, являются результатом детального анализа</p>

		<p>2) нет 7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; 3) широкий 7.5 Доказано ли в статье? 1) да; 2) нет</p>	<p>новых/оригинальных экспериментальных данных, полученных автором. Ранее подобные положения и результаты исследований по теме диссертации не были кем-либо описаны</p> <p>Положение №1. Результаты теоретических и экспериментальных исследований, обосновывающие тепловую эффективность плазматрона с цельносварным анодом, поверхность которого имеет радиаторный профиль</p> <p>Первое положение доказано, положение не является тривиальным, является новым и имеет широкий уровень применения для повышения срока службы стальных деталей.</p> <p>Первое положение доказано в статьях:</p> <p>1. Патент на изобретение № 34334., Плазматрон для напыления., Дата регистрации в Государственном реестре полезных моделей 14.08.2020., Очередько Игорь Александрович., Рахадиллов Бауыржан Корабаевич., Туякбаев Бауыржан Толеубекович., Кенесбеков Айдар Бакытбекулы.</p> <p>2. Кенесбеков А.Б., Рахышов Т.Т., Рахадиллов Б.К., Модификация оборудования и способа нанесения покрытий методом воздушно-плазменного напыления // VI Международная конференция «Лазерные, плазменные исследования и технологии - ЛаПлаз-2020» Сборник научных трудов. Ч.1. – М.: НИЯУ МИФИ, 2020. – С. 66-67.</p> <p>3. А.В. Kenesbekov, В.К. Rakhadilov, Plasmatron for spraying of powder coatings // The international conference “Advanced materials manufacturing and research: new technologies and methods” (ANN&R2021). – 2021. – P. 74.</p> <p>4. Kylyshkanov, M.K., Shestakov, K.A., Sagdoldina, Z.B., Rakhadilov, B. K., & Kengesbekov, A.B. (2021). Processing of industrial waste by plasma-chemical method. Bull. Univ. Karaganda, 3, 45-51.</p>
--	--	---	---

5. Rakhadilov B., **Kengesbekov A.**, Sagdoldina Zh., Satbaeva Z., Dautbekov M., Baizhan D., Magazov N. Plasmatron for air plasma spraying of nitride coatings // World Conference on Materials Science and Nanotechnology (WCMSN-2022), Bangkok, Thailand, 2022, – P. 15.

Положение №2. Технологические приемы получения покрытий на основе TiN с высокой твердостью и стойкостью к износу методом воздушно-плазменного напыления.

Второе положение доказано, положение не является тривиальными, является новым и имеет широкий уровень применения для совершенствования технологии получения износостойких покрытий на основе TiN.

Второе положение доказано в статьях:

1. **Kengesbekov, A.**, Rakhadilov, B., Sagdoldina, Z., Buitkenov, D., Dosymov, Y., Kylyshkanov, M., Improving the Efficiency of Air Plasma Spraying of Titanium Nitride Powder // Coatings. –2022. – No.12(11). – P.1644(12);

2. **Kengesbekov A.B.**, Sagdoldina Zh.B., Buitkenov D.B., Ocheredko I.A., Abdulina S.A., Torebek K. Investigation of the characteristics of an indirect plasma torch // Bulletin of the Karaganda University. –2022. – No.3(107). – P.80-88;

3. **Kengesbekov A.B.**, Rakhadilov B.K., Zhurerova L.G., Uazyrkhanova G.K., Kambarov Ye.Ye. Formation of TiN coatings by air plasma spraying // Bulletin of the Karaganda University. – 2022. – No.4(108). – P.22-31.

Положение №3. Результаты разработки и внедрения специального технологического оборудования воздушно-плазменного напыления износостойких TiN покрытий на поверхности режущего инструмента из быстрорежущей стали P6M5, которые позволяют увеличить ресурс сверл из стали P6M5 до 2 раз.

Третье положение доказано, положение не является тривиальными, является новым и имеет широкий уровень применения для совершенствования технологии получения износостойких покрытий на основе TiN.

Третье положение доказано в статьях:

1. Сағдолдина Ж.Б., Журерова Л.Г., Кылышканов М.К., **Кенесбеков А.Б.**, Плазменные технологии, Монография. – Усть-Каменогорск: издательство «Берел» ВКУ имени С. Аманжолова. – 2022. – 116 с.

2. В.К. Rakhadilov, **А.В. Kenesbekov**, P. Kowalevski, Y.A. Ocheredko, Zh.B. Sagdoldina, Development of air-plasma technology for hardening cutting tools by applying wear-resistant coatings // News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, series of Geology and Technical Sciences . –2020 . – Vol.3(441). – P.54-62;

3. Магазов Н.М., Сағдолдина Ж.Б., **Кенесбеков А.Б.** Получение SiC и TiN покрытий методом воздушно-плазменного напыления // VII Респ. науч.-практ. конф. «Интеграция «Образования-науки-бизнеса»: проблемы и перспективы». – Усть-каменогорск: ВКУ им. С. Аманжолова, издательство «Берел», 2021. – С. 306-308.

4. Рахадиллов Б.К., **Кенесбеков А.Б.**, Рахышов Т., Жанузакова Л.Н., Еркинов Е.Е., Рахымжанова К. Разработка воздушно-плазменной технологии упрочнения режущих инструментов путем нанесения износостойких покрытий. 14-я Международная конференция «Новые материалы и технологии: порошковая металлургия, композиционные материалы, защитные покрытия, сварка», г. Минск, Беларусь, 2020, – С. 532-536.

5. **Кенесбеков А.Б.**, Структура и свойства TiN покрытий, полученных методом воздушно-плазменного напыления, V Международное книжное издание стран Содружество Независимых Государств «Лучший молодой ученый -2022»: V международная книжная

			коллекция научных работ молодых ученых – Нур-Султан, 2022 г. – 35-40 с.
8.	Принцип достоверности Достоверность источников и предоставляемой информации	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно подробно описана <u>1) да;</u> 2) нет.	При проведении исследований было обоснованно использовано лабораторное оборудование, позволяющее получать достоверные результаты, описанные во втором разделе диссертации.
		8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий: <u>1) да;</u> 2) нет.	Для выполнения поставленных задач в работе использовались современные экспериментальные методики исследования состава, структуры и свойств покрытий: электронная микроскопия; рентгенофазовый анализ; методы микро- и наноиндентирования, скрещт-тестирования; определение адгезии методом отрыва; потенциометрический метод испытания на коррозию; трибологические испытания по схеме «шар-диск» и «линейный возвратно-поступательный износ»; стендовые испытания сверла; термический анализ конструкции плазмотрона методом конечных элементов в программном комплексе SolidWorks. В качестве инструментальных средств применяли следующее оборудование и приборы: рентгеновский дифрактометр X'PertPRO, электронный сканирующий микроскоп TESCAN MIRA3 с энергодисперсионным рентгеновским

			детектором (EDAX) модели INCA ENERGY; потенциостат-гальваностат Р-150; адгезиметр Elcometer 510; «скретч-тестер» CSEM Micro Scratch Tester; микротвердомер Метолаб 502; нанотвердомер НаноСкан-4DКомпакт; профилометр модели 130; трибометр TRB3, а также разработанный, изготовленный и протестированный нами стенд для оценки износостойкости материалов и сил трения в процессе резания.
		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): 1) да; 2) нет	Полученные в ходе выполнения диссертационной работы выводы доказаны и основаны на оригинальных, полученных в рамках выполнения НИР экспериментальных данных.
		8.4 Важные утверждения <u>подтверждены</u> /частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу	Важные утверждения подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.
		8.5 Используемые источники литературы достаточны/не достаточны для литературного обзора	Используемые источники литературы весьма достаточны и обширны для литературного обзора. В диссертации приведен 131 литературный источник.
9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: <u>1) да;</u> 2) нет	Результаты диссертации могут быть использованы при объяснении характера структурных образований в процессе формирования TiN покрытий методом воздушно-плазменного напыления. Также получены данные о механико-трибологических свойствах TiN покрытий при воздушно-плазменном напылении.
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике:	Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике для повышения срока службы

		1) да; 2) нет 9.3 Предложения для практики являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	стальных деталей, работающих в условиях износа и трения. Степень новизны практических рекомендаций и предложений достаточно высокая. Предложения для практики являются полностью новыми.
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) высокое; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Качество академического письма высокое, работа изложена достаточно ясным научно-теоретическим текстом.

Диссертация Кеңесбекова Айдара Бақытбекұлы на тему «Разработка воздушно-плазменного способа нанесения износостойких покрытий на основе TiN на поверхности быстрорежущих сталей» полностью соответствует всем требованиям, предъявляемым Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МНВО РК к диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения искомой степени доктора философии (PhD) по специальности – 6D072300 – «Техническая физика».

Официальный рецензент:

к.ф.-м.н., Ассоциированный Профессор,
заведующий лабораторий металловедения
АО «Институт металлургии и обогащения»
при КазНУТУ имени К.И. Сатпаева

« 11 » июля 2023г.

А.А. Мамаева

