

ОТЗЫВ
официального рецензента на диссертационную работу Сатбаевой Зарины Аскарбековны
«Структурообразование в легированных сталях при электролитно-плазменном поверхностном упрочнении» на соискание
степени доктора философии (PhD)
по специальности 6D060400 – «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	1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам:	Диссертация на тему «Структурообразование в легированных сталях при электролитно-плазменном поверхностном упрочнении» (дата утверждения: Протокол №2 от 25 октября 2018 года, дата корректировки: Протокол №3 от 28 октября 2021 года) на дату утверждения соответствуют приоритетному направлению развития науки «Энергетика и машиностроение».
		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)	Диссертация Сатбаевой З.А. выполнена в рамках научно-исследовательского проекта по грантовому финансированию на 2018-2020 гг., договор №98 от 05.03.2018 г., по теме: АР05134936 «Разработка технологии электролитно-плазменной поверхностной закалки для повышения долговечности тяжело-нагруженных зубчатых колес», финансируемого Комитетом науки МНиВО РК.
2.	Важность для науки	Работа <u>вносит</u> /не вносит существенный вклад в науку, а ее важность <u>хорошо раскрыта</u> /не раскрыта	Диссертационная работа вносит существенный вклад в науку в области материаловедения и физики конденсированного состояния. В работе разработан новый способ упрочнения легированных сталей,

			который осуществляется в электролите на основе водного раствора карбоната натрия и карбамида путем локального плазменного воздействия на поверхность обрабатываемого материала при подачи напряжения между обрабатываемым материалов и жидким электролитным катодом 320В в течении 2 сек и охлаждения при отключении напряжения за счет теплоотвода вглубь материала и воздействия направленного потока электролита, находящийся в циркуляционном режиме. Впервые получены систематизированные экспериментальные данные о влиянии электролитно-плазменного поверхностного упрочнения на структуру, фазовый состав и трибологические свойства конструкционных легированных сталей 40ХН, 34ХН1М, 20Х2Н4А. Впервые установлены морфологические особенности тонкой структуры и количественные параметры дислокационной структуры легированной стали 34ХН1М до и после электролитно-плазменной поверхностного упрочнения.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) Высокий; 2) Средний; 3) Низкий; 4) Самостоятельности нет.	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 автором корреспондентом.
4.	Принцип	4.1 Обоснование актуальности диссертации:	В настоящее время для поверхностного

внутреннего единства	1) Обоснована; 2) Частично обоснована; 3) Не обоснована.	термического упрочнения стальных изделий в промышленности широко применяют высокочастотную, газопламенную, плазменную, электроннолучевую и лазерную обработку. При этом из всех существующих способов упрочнения по своим технико-экономическим показателям находит широкое и эффективное применение плазменное поверхностное упрочнение. Одним из разновидностей плазменного поверхностного упрочнения является электролитно-плазменное упрочнение. Основной отличительной особенностью метода электролитно-плазменного упрочнения является меньшая стоимость, доступность технологического оборудования и расходных материалов, большие размеры упрочненной зоны и высокая скорость охлаждения по сравнению с традиционными методами плазменного поверхностного упрочнения. Сущность его заключается в термических фазовых и структурных превращениях, происходящих при быстром концентрированном нагреве рабочей поверхности детали плазменным воздействием с последующим быстрым охлаждением за счет теплоотвода вглубь материала и воздействия проточного электролита на нагретой поверхности материала. Образующиеся при этом структуры закалочного типа обладают высокой твердостью, износостойкостью и сопротивлением разрушению. Анализ характеристик существующих способов и технологий модифицирования поверхности конструкционных сталей показывает, что задача разработки ресурсосберегающего способа поверхностного электролитно-плазменного упрочнения стальных деталей промышленного, инструментального и машиностроительного назначения с преимущественно
-----------------------------	--	--

			высоким сроком службы является современной и актуальной. 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.
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) <u>Отражает;</u> 2) Частично отражает; 3) Не отражает.	Приведенные в диссертации анализ современной научно-технической литературы, описание материалов и методов экспериментальных исследований, а также проведенный анализ экспериментальных данных полностью отражают тему диссертации.
		4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации: 1) <u>соответствуют;</u> 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют.	Цель и задачи полностью соответствуют теме диссертации и в полной мере раскрывают все аспекты исследования.
		4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: 1) <u>полностью взаимосвязаны;</u> 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует.	Все разделы и научные положения в диссертационной работе логически взаимосвязаны, обладают единством идей, цели, задач и полученных результатов исследований.
		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.	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 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 4 статей в рецензируемых зарубежных научных журналах, входящих в базы данных компаний Web of Science и Scopus, 3 статей в рецензируемых печатных изданиях, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МНиВО 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.
		5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными: 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	Новизна и обоснованность технических и технологических решений подтверждается наличием патентов на полезную модель РК «Способ закалки стальных изделий» (полезная модель №4891 от 28.04.2020г.) и «Установка для плазменного поверхностного упрочнения деталей из стали и чугуна» (№5354 от 04.09.2020г.).
6.	Обоснованность основных выводов	Все основные выводы <u>основаны</u>/не основаны на весомах с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам).	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.

7. Основные положения, выносимые на защиту

Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности:

7.1 Доказано ли положение?

1) доказано;

2) скорее доказано;

3) скорее не доказано;

4) не доказано

7.2 Является ли тривиальным?

1) да;

2) нет

7.3 Является ли новым?

1) да;

2) нет

7.4 Уровень для применения:

1) узкий;

2) средний;

3) широкий

7.5 Доказано ли в статье?

1) да;

2) нет

Все три основных положения, вынесенных на защиту, доказаны экспериментально, с применением современных методов исследования.

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.

Основные положения, выносимые на защиту, являются результатом детального анализа новых/оригинальных экспериментальных данных, полученных автором. Ранее подобные положения и результаты исследований по теме диссертации не были кем-либо описаны.

Положение №1. Разработанный способ электролитно-плазменного поверхностного упрочнения легированных сталей. Разработанный новый способ упрочнения легированных сталей, который осуществляется в электролите на основе водного раствора карбоната натрия и карбамида путем локального плазменного воздействия на поверхность обрабатываемого материала при подачи напряжения между обрабатываемым материалов и жидким электролитным катодом 320В в течении 2 секунд и быстрого охлаждения при отключении напряжения за счет теплоотвода вглубь материала и воздействия направленного потока электролита на нагретую поверхность, позволяет получить модифицированный поверхностный слой толщиной ~0,5-1,5 мм состоящий из α' -фазы, γ -фазы и карбида M_3C .

Первое положение **доказано**, положение **не является тривиальным**, является **новым** и имеет **широкий уровень применения** для повышения срока

службы стальных деталей.

Первое положение **доказано** в статьях и полученных патентами:

1. Rakhadilov B.K., **Satbayeva Z.**, Bayatanova L.B., Kilyshkanov M.K., Kalibayev K.A., Kochneva A.K. Influence of Electrolyte-Plasma Surface Hardening on the Structure And Properties of Steel 40HN / Journal of Physics: Conference Series. – V. 1393 (2019) 012119 (процентиль по CiteScore – 17);

2. Rakhadilov B., **Satbayeva Z.**, Baizhan D. Effect of electrolytic-plasma surface strengthening on the structure and properties of steel 40KhN, METAL-2019. – p. 950-955.

3. Рахадиллов Б.К., Степанова О.А., Сагдолдина Ж.Б., **Сатбаева З.А.** Патент на полезую модель «Способ закалки стальных изделий», №4891 от 28.04.2020г.;

4. Рахадиллов Б.К., Сагдолдина Ж.Б., **Сатбаева З.А.** Патент на полезую модель «Установка для плазменного поверхностного упрочнения деталей из стали и чугуна», №5354 от 04.09.2020г.

Положение №2. Модифицирование микроструктуры и свойств легированных сталей при электролитно-плазменном поверхностном упрочнении. После электролитно-плазменной поверхностной закалки в зависимости от степени легированности сталей твердость в среднем у хромоникелевых и хромоникельмолибденовых сталей увеличивается в 1,5-2 и ~3 раза, а также параметр износостойкости имеет определенную зависимость от содержания углерода в сталях, так значения износостойкости сталей марки 40ХН, 34ХН1М и 20Х2Н4А увеличились в 10 раз, ~6 раз и 3,5 раза соответственно, по сравнению с исходными образцами.

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

Второе положение **доказано** в статьях:

1. B. Rakhadilov, V. Buranich, **Z. Satbayeva**, Zh. Sagdoldina, R. Kozhanova, and A. Pogrebnjak The cathodic plasma electrolysis hardening of the chromium-nickel steel // Journal of Materials Research and Technology. - V. 9(4). – 2020. - P. 6969-6976 (*процентиль по CiteScore – 68, квартиль по данным Journal Citation Reports – 1, IF = 5.289*);

2. **Z.A. Satbayeva**, B.K. Rakhadilov, Zh.B. Sagdoldina, M.K. Kylyshkanov, D.R. Bayzhan Change in the structure and properties of structural chromium-nickel steels after electrolyte-plasma hardening // News of national academy of science of the republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences, 4(448), 2021, C. 76-82;

3. Rakhadilov B.K., **Satbayeva Z.A.**, Kozhanova R.S, Baizhan D.R., Rakhadilov M.K., Botabayeva G.B. Influence of electrolytic-plasma hardening modes on structure and hardness of 0.34Cr-1Ni-Mo-Fe steel // Eurasian Journal of Physics and Functional Materials, 4(4), 2020, P. 327-335;

4. **Сатбаева З.А.**, Байжан Д.Р., Кенесбеков А.Б. «Особенности структурообразования в стали 40ХН при электролитно-плазменном поверхностном упрочнении». 11-ый Международный симпозиум "Порошковая металлургия: инженерия поверхности, новые порошковые композиционные материалы, сварка». – 2019. – С. 76-86.

Положение №3. Морфологические особенности и

количественные параметры дислокационной структуры стали 34ХН1М до и после электролитно-плазменного поверхностного упрочнения. ЭППУ стали 34ХН1М способствует образованию тонкой структуры, состоящей из пакетного и пластинчатого мартенсита с объемными долями 60% и 40%, остаточного аустенита, цементита и сложного карбида $M_{23}C_6$, формирование которых, способствует повышению внутреннего напряжения сдвига от 295 МПа до 370 МПа и тем самым приводит к упрочнению поверхности материала за счет повышения скалярной плотности дислокации от $2,20 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2}$ до $\rho = 3,47 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2}$ и ее высокого значения по сравнению с избыточной плотностью дислокации, которая составляет $\rho_{\pm} = 1,97 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2}$ в модифицированном слое.

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

Третье положение **доказано** в статьях:

1. B. Rakhadilov, **Z. Satbayeva**, L. Zhurerova, Sh. Ramankulov, Zh. Sagdoldina Change of 0.34Cr-1Ni-Mo-Fe steel dislocation structure in electrolyte-plasma hardening // Materials 14(8), 2021, 1928 (*процентиль по CiteScore – 67, квартиль по данным Journal Citation Reports – 2, IF = 3.623*);

B. Rakhadilov, **Z. Satbayeva**, M. Kylyshkanov, L. Zhurerova, Zh. Sagdoldina, A. Kiykabaeva Investigation of structural mechanical and tribological properties of plasma electrolytic hardening chromium-nickel steel // Lubricants (*процентиль по CiteScore – 61, квартиль по данным Journal Citation Reports – 2, IF = 3.584*).

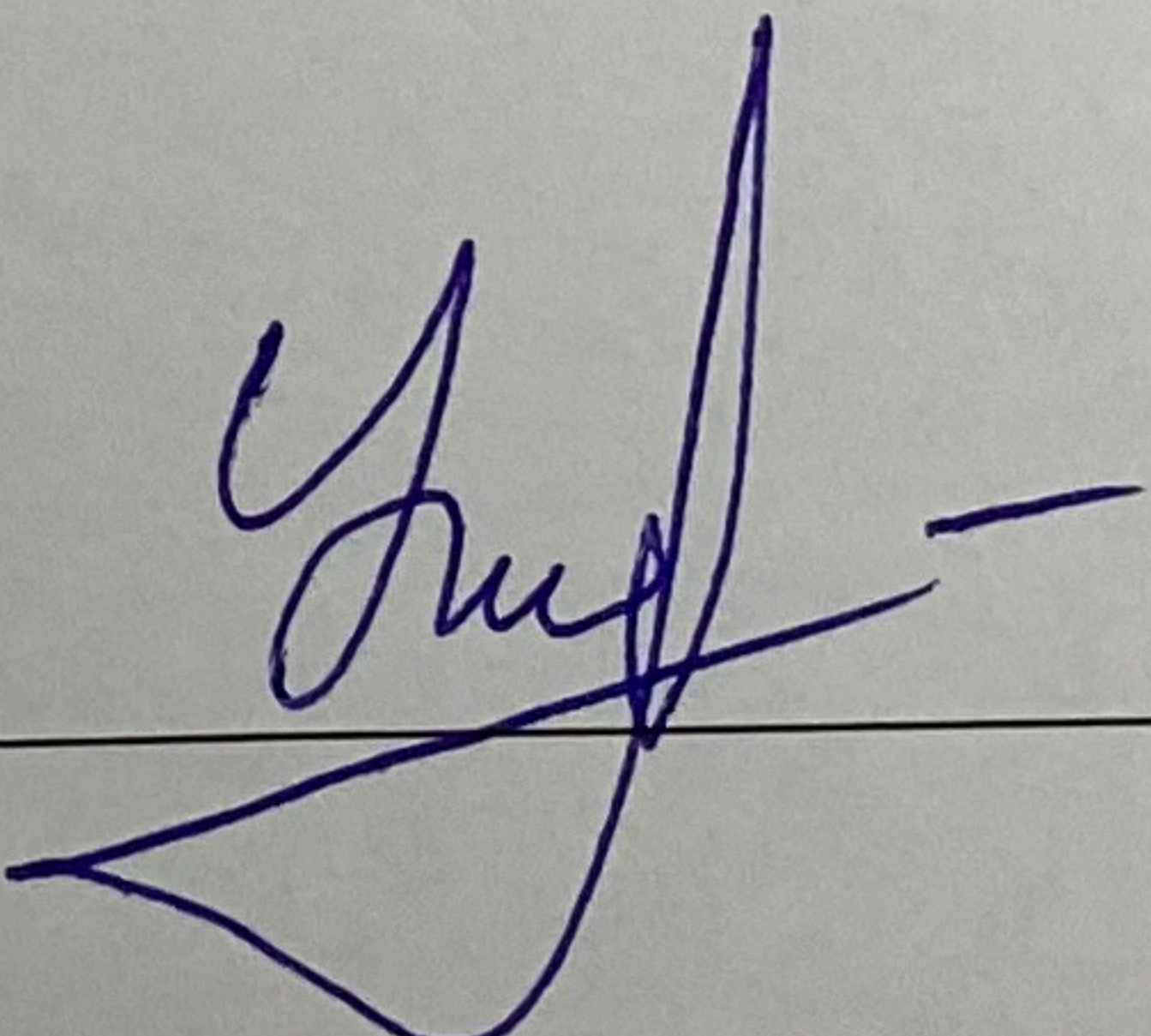
8.	Принцип достоверности Достоверность источников и предоставляемой информации	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно подробно описана <u>1) да;</u> 2) нет.	При проведении исследований было обоснованно использовано лабораторное оборудование, позволяющее получать достоверные 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.	Результаты диссертационной работы получены посредством современных методов и методик. Для изучения структурно-фазовых состояний сталей до и после упрочнения применялись следующие методы экспериментального исследования: рентгеноструктурный анализ, сканирующая электронная микроскопия, просвечивающая электронная микроскопия, профилометрия. Механические характеристики покрытий определялись путем измерения микротвердости. Трибологические свойства покрытий определялись измерением коэффициента трения и износа трущихся поверхностей по схеме «шар-диск», а также испытаниями на абразивное изнашивание.
		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 Использованные источники литературы достаточны/не достаточны для литературного обзора	Использованные источники литературы весьма достаточны и обширны для литературного обзора. В диссертации приведено 183 литературных источника.

9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) да; 2) нет	Данные, полученные при реализации НИР в рамках диссертационной работы, могут быть использованы при объяснении процессов, происходящих при формировании модифицированного поверхностного слоя на конструкционных легированных сталях с улучшенными физико-механическими, трибокоррозионными свойствами.
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) да; 2) нет	Диссертационная работа имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике для повышения срока службы стальных деталей, в частности зубчатых колес, работающих в условиях износа и трения.
		9.3 Предложения для практики являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	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.

Диссертационная работа, выполненная на тему «Структурообразование в легированных сталях при электролитно-плазменном поверхностном упрочнении», представляет собой законченную исследовательскую работу, имеющую экспериментальный характер. Считаю, что работа по содержанию и оформлению соответствует всем требованиям, предъявляемым Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МНиВО РК к диссертациям, а ее автор Сатбаева Зарина Аскарбековна заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по направлению подготовки кадров специальности 6D060400 – «Физика».

Официальный рецензент:

Доктор PhD, ассоциированный профессор кафедры физики школы естественных, социальных и гуманитарных наук, директор лаборатории перспективных исследований материалов и лазерных технологий Назарбаев Университета



Ж.Н. Утегулов

« 3 » ноября 2022 г.

Подпись Утегулова Жандоса Нурпеисовича удостоверяю
Старший HR менеджер Школы Естественных, Социальных и Гуманитарных Наук
Назарбаева Университета



Ш.М. Карабалиева