

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию *Письменного Евгения Александровича*
«Повышение ресурса работы фрикционных клиньев грузовых железнодорожных вагонов на основе совершенствования технологии термической обработки»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности: 2.6.1 - Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Актуальность

Изнашивание поверхностей контактирующих друг с другом подвижных деталей является одним из естественных и неизбежных процессов, сопровождающих работу практически любого узла, механизма или машины. Детали машин могут изнашиваться и при взаимодействии с различными факторами окружающей их среды (воздух, влага, химические реагенты, абразивные частицы почвы и пр.). Процессы изнашивания, усталостного разрушения, механического повреждения и наличие внутренних дефектов в материалах - являются главными факторами, снижающими срок службы (ресурс) детали. Особую роль трение и изнашивание приобретают при эксплуатации деталей различных трибосопряжений (тормозных колодок, фрикционных дисков и пр.), где сами силы трения и обеспечивают заданное функционирование узла. Не являются здесь исключением и исследованные автором работы детали - фрикционные клинья тележек грузовых вагонов ж/д транспорта, которые благодаря сухому трению о другие элементы этого узла подвески обеспечивают гашение колебаний, нормальное функционирование, качество и безопасность всего подвижного состава, поэтому повышение их износостойкости и ресурса является безусловно **актуальной задачей**.

В настоящее время на железных дорогах России и в других странах эти детали изготавливают, в основном, из низкоуглеродистых сталей типа 20Л, не подвергая их дополнительной термической обработке, либо из серых чугунов типа СЧ35, подвергая последние изотермической закалке, с применением классических литейных технологий. Выбор автором оригинальной среднеуглеродистой легированной кремнием и марганцем стали типа 50СЛ в качестве перспективного материала для изготовления фрикционного клина, в сочетании с оптимальными режимами термообработки материала на мартенсито-бейнитную структуру позволил ему не только решить основную задачу - повысить износостойкость и ресурс детали (кратно!), но и снизить ее металлоемкость. В этой связи представленная работа имеет как фундаментальное, так и прикладное значение. Еще одним положительным элементом диссертации (только повышающем ценность научных исследований автора) является внедрение ее результатов в отрасли ж/д транспорта, литейном производстве и в процессах термообработки с разработкой соответствующего отраслевого НТД.

Диссертация выполнена соискателем в Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова, в составе коллектива авторов, в рамках целой серии работ по улучшению потребительских характеристик литых деталей железнодорожных вагонов, деталей элементов путевого хозяйства и пр., производимых для ведущих предприятий отрасли, в том числе для находящегося в нашем регионе АО «Алтайвагон» (г. Новоалтайск).

Обозначенные в работе проблемы были решены автором в рамках методологии, методов, научных и технологических подходов металловедения, в частности, на основе структурных исследований, определения качественного и количественного фазового состава, исследования эволюции структуры и свойств материала в процессе его термической обработки, а также исследования основных потребительских свойств материала и готовых изделий из него, что и предопределило выбор им заявленной научной специальности диссертации.

Цель работы - систематические металлургические исследования нового перспективного материала - стали 50СЛ, предлагаемого для изготовления фрикционного клина тележек ж/д вагонов, а также в разработке технологии термической обработки этой детали, обеспечивающей кратное увеличение ее ресурса.

Научная новизна была сформулирована автором по результатам оригинальных исследований и заключается в том, что:

1. Впервые методом физического и математического моделирования установлены закономерности структурно-фазовых превращений распада аустенита стали марки 50СЛ в условиях различных температурно-скоростных параметров охлаждения с определением глубины прокаливаемости.
2. Экспериментально обоснована целевая мартенсито-бейнитная структура стали марки 50СЛ (93...95% мартенсита+5...7% бейнита), обеспечивающая требуемый комплекс механических свойств и ударной вязкости, превышающей на 30% требования НТД ОАО «РЖД» к материалу фрикционных клиньев.
3. Обоснован температурно-скоростной режим термической обработки отливок из стали марки 50СЛ, обеспечивающий однородность химического состава по содержанию углерода в объеме отливки, повышающий ударную вязкость при гарантированной твердости за счет формирования целевой мартенсито-бейнитной структуры стали, упрочненной дисперсными выделениями наноразмерных карбидных фаз размером 70...100 нм.
4. На основе сравнительных трибологических испытаний при идентичных реальным нагрузочно-скоростных режимах показано, что в паре трения для изделия из стали марки 50СЛ в качестве контртела наиболее перспективными являются детали из сталей марок 50СЛ и 20Л, позволяющие существенно (на 56% и 28%, соответственно) уменьшить интенсивность износа относительно применяемой в настоящее время базовой пары 20Л-30ХГСА.

Достоверность и обоснованность результатов и выводов

Достоверность результатов достигается корректностью постановки цели и задач исследования, использованной методологией, методами и современным аппаратом мат. моделирования и металлургических исследований, использованием современной аппаратной базы, повторяемостью (воспроизводимостью) обнаруженных закономерностей на большом объеме экспериментальных данных, а также их согласованностью (непротиворечивостью) с данными, опубликованными другими исследователями, статистической обработкой экспериментальных результатов.

Обоснованность выводов, сформулированных в диссертации, обеспечена их базированием не известных фундаментальных физических зависимостях и законах, использованием для их построения, воспроизводимых данных, полученных современными методами исследования (оптическая и электронная микроскопия, РФА и пр.), а также комплексным подходом к решению поставленных задач.

Значимость результатов для науки и практики

Значимыми для науки, очевидно, следует признать:

1. Впервые предложено использовать для изготовления детали железнодорожного транспорта «фрикционный клин» среднеуглеродистую кремнистую сталь 50СЛ, что позволило на 32,5 % снизить его массу при сохранении эксплуатационных характеристик.
2. Установлены оптимальные и технически достижимые пределы скоростей охлаждения и иных параметров термообработки, исследованной стали 50СЛ, для формирования оптимальной мартенсито-бейнитной структуры и ее трансформации вглубь

исследованной детали, для обеспечения заданной долговечности, ударной вязкости более 350 кДж/м² и твердости 260...340 НВ.

3. Подтверждено (в условиях максимально приближенным к реальным), что изготовление фрикционных клиньев из стали 50СЛ позволяет на 50 % увеличить межремонтный период тележек грузовых вагонов ж/д транспорта.

Значимыми для практики следует считать следующие результаты:

4. Разработку и регистрацию отраслевых ТУ на марку стали 50СЛ, а также технологию изготовления из нее фрикционного клина для узла гашения колебаний тележек грузовых вагонов ж/д транспорта методами литья и термообработки.
5. Получение сертификата соответствия детали из нового материала, ее конструкции и технологии изготовления, требованиям ОАО «РЖД», с рекомендацией к внедрению на грузовом подвижном составе в РФ фрикционных клиньев из стали 50СЛ.

Структура, содержание диссертации, завершенность работы в целом

Диссертация имеет общепринятую для таких научно-квалификационных работ структуру, оформлена в соответствии с действующим ГОСТом и состоит из: -введения, -4 глав, -заключения и -5-и приложений. Полный объем диссертации составляет 150 страниц печатного текста, включая 58 рисунков и 27 таблиц. Список литературы содержит 133 наименования источников.

Рукопись изложена на 150 страницах, включая 27 таблиц и 58 рисунков, а библиографический список, использованной автором литературы, состоит из 133 наименований научных источников, причем основная масса ссылок представлена статьями в ведущих, профильных журналах за последние 10 - 15 лет.

Диссертация написана грамотно, язык работы - русский, стиль изложения - научный, использованная терминология - научная и научно-техническая, текст хорошо воспринимается, так как структурирован и содержит достаточное количество рисунков, схем, таблиц и графиков, приведенных там, где это необходимо, обозначения на рисунках - читаемы, а подрисуночные подписи - отражают дополнительную информацию, сокращения в тексте выполнены также по ГОСТ-у.

Во Введении обоснована актуальность темы исследования и показана степень ее разработанности, а также приведены основные формальные признаки научно-квалификационной работы: -определены цель и задачи исследований, -сформулированы научная новизна работы и практическая значимость, -описаны методология и методы исследования, -сформулированы положения, выносимые на защиту, -указаны сведения об апробации, публикациях и структуре диссертации.

В первой главе рассмотрены материаловедческие аспекты применения различных сталей и чугунов для изготовления фрикционных клиньев, влияние состава материалов и способов их термической обработки на механические и эксплуатационные свойства фрикционных клиньев, представлен обзор применяемых в настоящее время материалов, дан критический обзор трендов развития материалов и технологий для изготовления клиньев фрикционных.

Во второй главе приводится подробное описание экспериментальных методов, способов и оборудования, использованных автором при выполнении работы. Рассматриваются методики обработки экспериментальных данных и некоторые вопросы технологического оформления исследования с металлургической направленностью. Обоснован выбор образцов сталей для проведения исследований.

Третья глава посвящена теоретическим исследованиям взаимосвязи режимов термической обработки с наиболее вероятным структурно-фазовым состоянием и механическими свойствами исследуемого материала - стали 50СЛ, теоретическим методом при помощи компьютерного моделирования равновесных процессов в специализированных пакетах прикладного ПО OpenCalphad и STATISTICA.

В четвертой главе приведены результаты исследования, в лабораторных условиях, и в условиях, максимально приближенных к реальным, величин линейных и весовых износов, механических и основных эксплуатационных свойств исследуемых деталей из стали 50СЛ - фрикционных клиньев, которые были термообработаны по предложенным ранее режимам.

В Заключении представлены общие выводы по работе в целом и показано достижение поставленных в начале исследования задач.

Выводы диссертации обоснованы, соответствуют поставленным задачам и основываются на экспериментальных результатах, подтверждающих известные теоретические закономерности. Цель работы достигнута, а результаты доведены до стадии их внедрения на предприятиях соответствующей отрасли народного хозяйства, поэтому рассматриваемую работу можно считать завершённой.

Подтверждение публикации основных результатов работы в научных печатных изданиях

Основные положения и результаты диссертации в достаточной степени представлены в научно-технических изданиях, а также обсуждались на конференциях различного уровня.

По теме диссертации опубликовано 19 печатных работ, из них: 5 - входят в журналы, рекомендованные ВАК РФ для указанной научной специальности (категория К1); 2 публикации - представлены в изданиях, индексируемом в базах Web of Science и Scopus (квартили Q2, Q3); 10 - в сборниках трудов докладов международных научно-технических конференций; 2 - патенты РФ на полезную модель.

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Автореферат диссертации полностью соответствует основным положениям диссертации, раскрывает ее содержание и отражает структуру работы.

Дискуссия, замечания, вопросы:

1. Как, почему и на какие структурно-фазовые компоненты стали 50СЛ влияют использованные автором легирующие элементы кремний и марганец в пределах установленных концентрационных интервалов?
2. Во второй главе подробно описано различное современное оборудование и методы экспериментальных исследований, но нет никакой информации об оборудовании, технологии, шихтовых материалах и пр., использованных для выплавки стали 50СЛ (кроме указания на индукционный метод переплава лома пружин грузовых тележек ж/д вагонов).
3. В автореферате лучше было бы привести рисунок не испытательной установки, а самой конструкции тележки, где хорошо видно какой фрикционный клин и как он работает.
4. Проводились ли исследования возможной эволюции микроструктуры по толщине стенки клина (аналогично рисунку с полосами прокаливаемости) при сокращении времени выдержки при определенных температурах термообработки (закалка, отжиг)? Или целенаправленно проводили термообработку до состояния максимальной гомогенизации мартенситно-бейнитной структуры?
5. Поддерживались ли эти исследования каким-либо научным фондом, грантами и т.п.? Тема исследования зарегистрирована в ГРНТИ, либо она отвечает какому-либо официально указанному направлению (темам) исследований ведомства, организации?

Тем не менее, отмеченные недостатки и замечания не снижают общее положительное впечатление от работы, не затрагивают существа диссертации, и не ставят под сомнение достоверность ее положений и выводов.

Особенно следует отметить большой объем экспериментальных металлургических исследований, выполненных автором на современном оборудовании с привлечением современных методов, проведенное им моделирование структурно-фазового состояния материала, исследования по оптимизации технологии термообработки и тесную связь

научных задач диссертации с производственным процессом региональных предприятий, занимающихся выпуском аналогично продукции для железнодорожного транспорта.

Заключение

На основании актуальности темы исследования, уровню достижения поставленной цели и решению частных задач, научной новизны и практической значимости, полученных автором результатов, а также по совокупности иных, формальных признаков, считаю, что представленная к защите работа является научно-квалификационной и отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (см. п. II, «Положения о присуждении ученых степеней...» от 24 сентября 2013 г. №842 (в ред. от 25.01.2024 г.)).

Диссертация «Повышение ресурса работы фрикционных клиньев грузовых железнодорожных вагонов на основе совершенствования технологии термической обработки» - соответствует паспорту специальности ВАК: 2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов в части следующих пунктов: п. 2. «теоретические и экспериментальные исследования фазовых и структурных превращений в металлах и сплавах, происходящих при различных внешних воздействиях, включая технологические...»; п. 6. «разработка новых и совершенствование существующих технологических процессов объемной и поверхностной термической, химикотермической, термомеханической и других видов обработок, связанных с термическим или термодформационным воздействием...»; п. 8. «исследование работоспособности металлов и сплавов в различных условиях, выбор и рекомендация наиболее экономичных и надежных металлических материалов для конкретных технических назначений с целью сокращения металлоемкости, увеличения ресурса работы, повышения уровня заданных физических и химических характеристик...»,

а ее автор - Письменный Евгений Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности: 2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов (технические науки).

Официальный оппонент

Д.т.н., доцент, зав. кафедрой ТКМиРМ
ФГБОУ ВО «Алтайский ГАУ» Ишков А.В.

12.09.2025 г.

Подпись Ишкова А.В. удостоверяю:

Начальник управления персонала
ФГБОУ ВО «Алтайский ГАУ» Лейбгам Е.Ю.



Настоящим, я, *Ишков Алексей Владимирович*, даю согласие на включение следующих своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Письменного Евгения Александровича и их дальнейшую обработку.

О себе сообщаю следующие сведения: ФИО: Ишков Алексей Владимирович; Уч. степень, звание: специальность ВАК: д-р. техн. наук, доцент; Должность: зав. кафедрой ТКМиРМ; Контактная информация: 656049, г. Барнаул, пр-т Красноармейский, 98, ФГБОУ ВО «Алтайский ГАУ», каф. ТКМиРМ, ауд. 154; тел.: 8-(3852)-20-33-13; e-mail: tcmirm2014@yandex.ru