

ОТЗЫВ

официального оппонента Федина Владимира Михайловича на диссертационную работу Письменного Евгения Александровича на тему: «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 темы диссертационной работы

Динамические качества вагонов и общая безопасность перевозок непосредственно зависят от надежности работы фрикционных гасителей колебаний.

Фрикционные гасители колебаний устанавливаются в систему рессорного подвешивания тележек грузовых вагонов с целью демпфирования колебаний подрессоренных масс вагона и снижения амплитуды колебаний в условиях резонанса. Гашение колебаний обеспечивается силами трения в результате относительного перемещения контактирующих поверхностей фрикционных клиньев и фрикционных планок. Состояние трущихся поверхностей этих компонентов фрикционного гасителя напрямую определяет интервал межремонтного пробега тележки грузового вагона.

Ввиду указанных условий эксплуатации, клинья, будучи ключевым рабочим компонентом гасителя колебаний, испытывают абразивно-адгезионное изнашивание, воздействие повышенных температур на трущиеся поверхности и динамических нагрузок. Как следствие, материал для их производства должен обладать одновременно высокой прочностью и пластичностью, а также максимальным сопротивлением износу и хорошо противостоять адгезионному схватыванию поверхностей трения.

Одной из основных эксплуатационных проблем фрикционных клиньев является их недостаточная износостойкость, что ведет к сокращению межремонтного пробега. В ходе эксплуатации наиболее часто фиксируется ускоренный износ наклонной и рабочей поверхностей, вызванный низкой прочностью, что является частой причиной отцепов вагонов для ремонта. Указанные недостатки применяемых материалов обуславливают потребность в поиске решений для повышения прочности и снижения материалоемкости фрикционных клиньев путем внедрения сталей с повышенными показателями прочности и износостойкости.

Значимость результатов, полученных автором, для науки и практики

Научная новизна диссертационной работы

Сформулированные положения новизны являются убедительными, конкретными и отражают вклад автора в развитие технологий термической обработки сталей для критически важных узлов железнодорожного транспорта. Следует отметить, **впервые** методами компьютерного моделирования были установлены закономерности структурно-фазовых превращений, протекающих при распаде аустенита в стали 50СЛ в зависимости от различных температурно-скоростных режимов охлаждения, которые также были подтверждены и экспериментально, определена глубина прокаливаемости. Автор определил предпочтительную структуру стали 50СЛ, обеспечивающую требуемый уровень прочности и пластичности и разработал научно обоснованный режим термической обработки для ее стабильного получения в условиях реального производства (отливки).

Все пункты научной новизны взаимосвязаны и представляют собой последовательную цепочку: от фундаментальных исследований с применением компьютерного моделирования процессов термообработки, структурно-фазового состояния и получаемых свойств к созданию промышленной технологии термообработки клиньев из стали 50СЛ, внедренной на реальном производстве и эмпирическому доказательству преимуществ упрочненных по разработанной технологии клиньев из стали 50СЛ в условиях, близким к эксплуатационным. Положения научной новизны сформулированы корректно, подкреплены количественными показателями и имеют ярко выраженную научную ценность для металловедения и прикладную ценность для транспортного машиностроения.

Практическая значимость

Впервые предложено использование среднеуглеродистой кремнистой стали 50СЛ для изготовления фрикционного клина железнодорожного транспорта, что позволило достичь существенного (32,5%) снижения массы детали при полном сохранении её эксплуатационных характеристик, что напрямую ведет к экономии материала и снижению нагрузок на сопрягаемые узлы. Установление точных пределов скоростей охлаждения для формирования мартенсито-бейнитной структуры позволяет гарантировать необходимые уровни прочности и пластичности, а именно высокое значение ударной вязкости (свыше 350 кДж/м²) в требуемом диапазоне твердости (260...340 НВ), что критически важно для надежной и долговечной работы ответственного узла. Весомым практическим результатом является подтвержденное стендовыми испытаниями, приближенными к реальным условиям эксплуатации, 50%-ное увеличение межремонтного периода тележек грузовых вагонов, которое напрямую сократит эксплуатационные расходы. Продемонстрированная в работе при испытаниях на трение износа,

неизменность микроструктуры трущихся поверхностей, свидетельствует о высокой стабильности фрикционного сопряжения и предсказуемом ресурсе детали. Важнейшим итогом, подтверждающим завершенность и готовность разработки к внедрению, является регистрация технических условий (ТУ) на сталь 50СЛ и технологию изготовления из неё фрикционных клиньев, а также получение сертификата соответствия требованиям ОАО «РЖД». Таким образом, работа имеет ярко выраженный прикладной характер, а её результаты обладают значительным потенциалом для широкого применения в отрасли, что также сопряжено со значительным экономическим эффектом.

Достоверность и обоснованность результатов и выводов

Решение поставленных задач обеспечивается за счет комплексного применения современных методов исследования, включающих методы компьютерного моделирования, оптическую и сканирующую электронную микроскопию, рентгеноструктурный анализ, дюрOMETрические, триботехнические, и другие виды испытаний, а также использования специализированного программного обеспечения и средств компьютерной обработки экспериментальных данных, сопоставление полученных в ходе диссертационного исследования результатов с данными других исследователей.

Оценка структуры и содержания диссертации

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения и 5 приложений. Полный объем диссертации составляет 150 страниц, включая 58 рисунков и 27 таблиц. Список литературы содержит 133 наименования.

Введение содержит обоснование актуальности работы, степень ее разработанности, сформулированы цель исследования и определены задачи, решение которых позволит достигнуть цели исследования, определен объект исследования; показаны научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

В **первой главе** приведен обзор литературных источников и представлены результаты основных исследований, направленных на изучение влияния структурного состояния материалов для изготовления фрикционных клиньев на их прочность и износостойкость, а также особенности технологии производства деталей фрикционного узла гашения колебаний из различных марок сталей и чугунов, влияние технологии производства фрикционных клиньев на структурное состояние и образование дефектов, структурно-фазовое состояние и эксплуатационные характеристики. Автором был проведен анализ существующих материалов для изготовления фрикционных клиньев, детально рассмотрены факторы, влияющие на стабильность работы фрикционного узла гашения колебаний грузовых вагонов, сформулированы принципы повышения ресурса работы клиньев фрикционного гасителя колебаний, показаны преимущества

применения стальных фрикционных клиньев перед чугунами и определена цель работы, которая заключается в разработке технологии термической обработки литых фрикционных клиньев из стали 50СЛ, обеспечивающей повышенные показатели ресурса работы при одновременном снижении материалоемкости их производства.

Во **второй главе** приведены сведения о материалах, методах исследования структуры и фазового состава материалов, методика натурных испытаний и представлен выбор режимов термической обработки.

В **третьей главе** определена взаимосвязь режимов термической обработки со структурно-фазовым состоянием и механическими свойствами. Методами компьютерного моделирования, впоследствии подтвержденными натурными экспериментами, установлены температуры критических точек стали 50СЛ, построена диаграмма изотермического распада переохлажденного аустенита и диаграмма распада аустенита при непрерывном охлаждении стали 50СЛ. Методом торцевой закалки определена прокаливаемость стали 50СЛ. Приведены результаты исследований структурно-фазового состояния методами оптической, растровой электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа. На основании проведенных исследований разработан и научно обоснован режим термической обработки для формирования оптимальной мартенсито-бейнитной структуры стали.

Четвертая глава посвящена сравнению свойств деталей, термообработанных по различным режимам. Представлены результаты дюрOMETрических испытаний. Проведенные испытания по определению износостойкости и ударной вязкости на образцах КСЧ показали, что наилучшие показатели были получены для образцов из стали 50СЛ, подвергнутых термообработке по режиму: нагрев до 950 °С, выдержка 2 ч, остывание с печью до 850 °С, выдержка 0,3 ч, охлаждение в воде, отпуск при 350 °С, 2 ч. 4. По результатам проведенных стендовых испытаний разработанного фрикционного клина в условиях, близких к условиям эксплуатации, продемонстрировано подтверждение заявленных эксплуатационно-прочностных характеристик фрикционного клина и сделан вывод о том, что использование клина из стали 50СЛ, упрочненного по разработанной в диссертации технологии, позволит 50%-ное увеличение межремонтного периода тележек грузовых вагонов.

В конце каждой главы приводится отдельное заключение. Логическим завершением работы является общее заключение, в котором представлены общие выводы по работе.

По работе есть ряд замечаний и вопросов:

1. Основная функция фрикционного узла (клин, планка) – гашение колебаний. В тележке грузового вагона модели 18-100 обеспечивается за счет

сухого трения двух сопряженных деталей – клин, планка. Работа клина, выбор материала и термообработка – сделан подробный анализ, особенно с металловедческой стороны и оценки трибологических свойств. В докладе следует коснуться и фрикционной планки (пара трения).

2. Выбор кремнистой стали для клина не является принципиальным положением, так как основные свойства зависят от твердости, которая обеспечивает износостойкость. Релаксационная стойкость тоже положительный фактор, как и упрочнение феррита.

3. Применение в паре трения подвижной фрикционной планки снижает уровень эффективности узла гашения колебаний, чему способствует процесс проскальзывания. В наиболее массово применяемых тележках на североамериканских железных дорогах, аналогом которых является тележка модели 18-100, а это тележки Barber (чугунный клин из ВЧ120 с изотермической закалкой) и Motion Control (стальной клин из качественной стали) с цельными фрикционными планками из качественной стали. Уровень твердости указанных деталей находится в диапазоне 50HRC. Такие параметры твердости пар трения обеспечивают гарантированный пробег 500,0 тыс. км. Вопрос обеспечения коэффициента относительного трения решается за счёт различных углов наклона вертикальной поверхности клиньев – сталь 45°, чугун – 35°. Принятое в работе направление позволит решить вопрос увеличения пробега фрикционного узла на уровне 500,0 тыс. км.

4. Применение стали аустенитного класса типа 110Г13Л в качестве конструкционного материала для клина с точки зрения практической реализации не является целесообразным. Отсутствие ударного динамического воздействия на клин из стали Гадфильда не приведет к получению положительного результата по износостойкости. Ранее проведенная аналогичная работа имеет подтверждение.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Актуальность диссертационной работы определяет необходимость внедрения ее результатов на металлургических предприятиях, производящих клинья для фрикционного гасителя колебаний. Поскольку 50%-ное повышение ресурса работы клиньев позволяет в целом повысить интенсивность и надежность грузоперевозок железнодорожным транспортом, что в свою очередь способно обернуться значимым мультипликативным эффектом в масштабах экономики Российской Федерации и повысить конкурентоспособность страны в области логистики.

Разработанные автором рекомендации по термической обработке стальных отливок за один цикл высокотемпературного нагрева могут использоваться в учебных пособиях для подготовки бакалавров, магистров по направлению

«Материаловедение и технология материалов», а также аспирантов по специальностям «Материаловедение (машиностроение)», «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Содержание автореферата полностью соответствует основным положениям диссертации и совместно с опубликованными работами в полной мере отражает её содержание.

Заключение

Выполненная квалификационная работа Письменного Евгения Александровича по теме «Повышение ресурса работы фрикционных клиньев грузовых железнодорожных вагонов на основе совершенствования технологии термической обработки», несмотря на замечания, которые фактически представляют пожелания, представляет законченную научную разработку.

Уровень металловедческих исследований представляет особый интерес. При этом не забыт вопрос по разработке и внедренческой стороны работы. Работа оформлена в соответствии с требованиями ВАК и заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Я, Федин Владимир Михайлович, выражаю согласие на включение своих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата технических наук Письменного Евгения Александровича и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент

Доктор технических наук, профессор
кафедры «Технология транспортного
машиностроения и ремонта подвижного
состава»



Федин

Владимир Михайлович

10.03.2025 г.

Подпись В.М.Федина
заверено.

Специалист по персоналу УРП

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Российский университет транспорта»

Адрес организации:

127994, ГСП-4, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9

Тел. 89166774609

E-mail: vmfedin@yandex.ru

