

## Отзыв

**Официального оппонента на диссертацию Кузнецова Романа Вадимовича  
«Структурно-фазовые состояния, дефектная субструктура и свойства  
длинномерных рельсов после экстремально длительной эксплуатации»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния**

### **Актуальность диссертационной работы**

Рассмотрение поведения рельсов при длительной эксплуатации и анализ причин их изъятия вызывает в последнее время большой интерес. Расширение информации в этой области связано как со стремлением к более глубокому пониманию фундаментальных проблем физического материаловедения, так и с практической значимостью, диктуемой непрерывным возрастанием требований к надежности рельсов в современных условиях высоких нагрузок на ось и скоростей движения. Одним из наиболее важных направлений, способствующих развитию представлений о физической природе структурно-фазовых превращений, является установление количественных закономерностей изменения соответствующих параметров в головке рельсов.

Несущие элементы рельсового пути подвергаются в процессе эксплуатации значительным знакопеременным механическим нагрузкам, температурным воздействиям, что совместно с изменениями структурного состояния объекта, его механических характеристик, в том числе ударной вязкости, уровня остаточных напряжений, микрповреждениями может приводить к разрушению и катастрофическим последствиям. Поэтому выявление природы и закономерностей эволюции структуры, фазового состава и дефектной субструктуры в головке рельсов при длительной эксплуатации приобретает особую актуальность.



## **Научная новизна.**

Успешное выполнение поставленной в работе цели позволило диссертанту получить впервые ряд оригинальных результатов, среди которых к наиболее значимым можно отнести следующие:

1. Новые знания о структурно-фазовых состояниях, дислокационной субструктуре и механических свойствах длинномерных термоупрочненных рельсов в сечении головки после экстремально длительной эксплуатации (пропущенный тоннаж 1770 млн. тонн брутто).

2. Градиентный характер изменения относительного содержания различных типов структуры, скалярной и избыточной плотности дислокаций в сечении головки рельсов.

3. Количественная оценка перераспределения карбидной фазы и атомов углерода в головке рельсов при эксплуатации.

4. Сравнение суммарного предела текучести по разным направлениям в головке рельсов после различного объема пропущенного тоннажа.

**Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации,** обеспечивается комплексным подходом к решению поставленных задач и большим объемом экспериментальных результатов, полученных современными методами физического материаловедения, согласованием полученных экспериментальных данных с результатами, полученными другими авторами, справками об использовании результатов работы. Научные положения, выводы и рекомендации, приведенные в работе, достаточно достоверны и обоснованы.

## **Научная и практическая значимость**

Научная значимость диссертационной работы заключается в том, что в ней методами современного физического материаловедения получены данные о закономерностях формирования структуры, фазового состава, дефектной субструктуры и механических свойств в головке рельсов после экстремально

длительной эксплуатации (пропущенный тоннаж 1770 млн. тонн брутто). Это позволило установить физическую природу и количественно оценить механизмы упрочнения поверхности головки рельсов в процессе экстремально длительной эксплуатации. Выявлен градиентный характер изменения структуры, фазового состава, дислокационной субструктуры рельсовой стали, характеризующийся определенными закономерными изменениями скалярной и избыточной плотности дислокаций, относительного содержания типов структуры, карбидной фазы и атомов углерода в сечении головки рельсов.

Практическая значимость диссертационной работы, подтвержденная актами использования ее результатов в промышленности, заключается в возможности корректировки режимов дифференцированной закалки рельсов, формирующих требуемый комплекс свойств, и сокращения сроков регламентных работ по проверке состояния поверхностного слоя, разработке методик неразрушающего контроля. Результаты диссертации апробированы при проведении научных исследований в Сибирском государственном индустриальном университете и учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Материаловедение и технологии материалов», что подтверждено соответствующими актами. Научные результаты, полученные в работе, могут быть использованы в научных учреждениях и в высших учебных заведениях, таких как ИФПМ СО РАН, ИМАШ РАН, ИФМ УРО РАН, ИМЕТ РАН, ЦНИИчермет, НИ ТПУ, НГТУ, НИТУ «МИСИС», СибГИУ, ВНИИЖТ.

### **Анализ содержания диссертации**

Основное содержание диссертации опубликовано в 19 статьях, в том числе 10 - в журналах, входящих в Перечень, рекомендованный ВАК для публикации результатов диссертационных исследований, и 2 статьях в зарубежных и переводных изданиях, 1 монографии, остальное в трудах российских и международных конференций.

Диссертация включает в себя введение, 6 глав, основные выводы, список литературы из 220 наименований, приложения, изложена на 146 страницах машинописного текста, содержит 55 рисунков, 9 таблиц.

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость работы, перечислены положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** «Структурные преобразования в рельсах и изменение свойств при длительной эксплуатации», являющейся обзором литературы, проведен тщательный анализ работ отечественных и зарубежных исследователей по изменению структурно-фазовых состояний, дефектной субструктуры и свойств объемно- и дифференцированных рельсов при эксплуатации.

**Во второй главе** «Материал и методы исследования» отмечено, что материалом исследования являлись образцы дифференцированно закаленных рельсов категории ДТ350 из стали марки Э76ХФ производства АО «Евраз-ЗСМК» после пропущенного тоннажа 1770 млн. т брутто в процессе полигонных испытаний на Экспериментальном кольце АО «Всероссийский научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (г. Щербинка). Приведено описание методик и методов исследования.

**В третьей главе** «Структурно-фазовое состояние и свойства рельсов на различных масштабных уровнях после экстремально длительной эксплуатации» представлены результаты исследования на макро и микроуровнях структуры, фазового состава, дислокационной субструктуры и механических свойств в исходном состоянии (после дифференцированной закалки) и их эволюция на глубине 10 мм от поверхности катания по разным направлениям в головке после экстремально длительной эксплуатации.

Проведена количественная оценка параметров микроструктуры зерен перлита проанализированы частотные распределения величины перлитных колоний и межпластинчатого расстояния в них вдоль центральной оси симметрии головки и радиуса скругления рабочей выкружки. Отмечено, что значения механических свойств удовлетворяют техническим условиям РЖД.

**В четвертой главе** «Градиенты структурно-фазового состояния в головке рельсов после ультра длительной эксплуатации» приведены результаты формирования градиентов по радиусу скругления рабочей выкружки и центральной оси симметрии головки рельсов.

Показано, что преобразования зерен и колоний пластинчатого перлита приводит к формированию следующих типов структуры: 1 – перлит пластинчатой морфологии; 2 – перлит разрушенный; 3 – вырожденный перлит (феррито-карбидная смесь); 4 – зерна перлита, пластины феррита в которых декорированы наноразмерными частицами цементита; 5 – зерна феррита с субмикроструктурной зеренно-субзеренной структурой.

Сравнивая результаты относительного содержания различных типов структуры головки рельсов вдоль центральной оси и радиуса скругления рабочей выкружки, автор делает заключение о существенно более высоком уровне термодеформационного преобразования металла рельсов вдоль радиуса скругления рабочей выкружки, по сравнению с металлом рельсов вдоль центральной оси. К такому же выводу автор приходит при анализе изменения величин скалярной и избыточной плотности дислокаций по сечению головки рельсов. При анализе деформационного преобразования перлита рассмотрены механизмы разрушения и растворения пластин цементита. Показано, что выявленная потеря углерода в поверхностных слоях обусловлена как обезуглероживанием поверхностного слоя металла рельсов в процессе сверхдлительной эксплуатации, так и выходом атомов углерода на дефекты структуры стали – линии дислокаций, границы зерен и субзерен.

**В пятой главе** «Физическая природа прочности и механизмы упрочнения рельсов при сверхдлительной эксплуатации» проведена количественная оценка механизмов упрочнения поверхностных слоев рельсов по разным направлениям в головке и перераспределения атомов углерода. Это позволило оценить аддитивный (суммарный) предел текучести. При сравнении с ранее полученными результатами по оценке суммарного предела текучести в рельсах с меньшим пропущенным тоннажем (691,8 и 1411 млн. тонн брутто) показано, что увеличение пропущенного

тоннажа до 1770 млн. тонн не привело к ожидаемому повышению предела прочности по сравнению с данными 1411 млн. тонн. Дискутируя с авторами работ Украинской и Томской научных школ, автор приходит к заключению, что повышение ресурса работы рельсов может быть достигнуто за счет как можно более длительного сохранения структуры, способной к развитию обратимых деформационных процессов, исключая разрушение цементитных пластин в перлитных колониях с последующим перемещением атомов углерода на дефекты (дислокации) и области решетки  $\alpha$ -железа.

**Шестая глава** посвящена описанию апробации результатов работы в учебном процессе, научной деятельности и промышленности.

В приложении приведены справки и акты использования результатов работы.

Автореферат и опубликованные работы отражают основное содержание диссертации. Диссертация изложена ясно, последовательно, грамотным языком. Ее структура логически обоснована.

#### **Соответствие диссертации паспорту специальности**

Диссертационная работа по своим целям, задачам, содержанию, методам исследования, научной новизне и практической значимости соответствует специальности 01.04.07. – Физика конденсированного состояния пп. 1 и 7 (п. 1 «Теоретическое и экспериментальное изучение физической природы свойств металлов и их сплавов, неорганических и органических соединений, диэлектриков и в том числе материалов световодов как в твердом, так и в аморфном состоянии в зависимости от их химического, изотопного состава, температуры и давления», п.7 «Технические и технологические приложения физики конденсированного состояния»).

#### **Апробация работы**

Результаты диссертации обсуждены на профильных конференциях Всероссийского и международного уровня.

В качестве замечаний можно указать следующее:

1. Структурные исследования выполнены на расстояниях 2 мм, 10 мм и вблизи поверхности катания, а твердость и микротвердость измерены на большем удалении от поверхности катания. Механические свойства измерены только в головке рельса. В тексте диссертации не объяснен выбор этих расстояний.

2. Понимание градиентного характера изменения параметров тонкой структуры головки рельсов (скалярная и избыточная плотность дислокаций) могло бы быть усиленно анализом эпюры макронапряжений по сечению головки.

3. В общее содержание работы не вписываются ссылки на публикации академика В.Е. Панина, так как его интерпретация результатов не подтверждена экспериментальными данными.

Приведенные замечания не снижают общего положительного впечатления от работы.

### **Заключение**

Оценивая работу в целом, необходимо отметить, что по уровню решаемых задач, объему и актуальности выполненных исследований, обоснованности вынесенных на защиту положений, достоверности и научной новизне полученных результатов, их значимости для науки и производства диссертация Кузнецова Р. В. отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. Диссертация соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней. Она является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная задача, имеющая важное значение для физики конденсированного состояния и заключающаяся в установлении физических механизмов упрочнения, закономерностей и сравнительном анализе структуры, фазового состава, дефектной субструктуры и механических свойств, формирующихся на различных расстояниях по центральной оси и по радиусу округления выкружки в головке длинномерных рельсов после экстремально длительной эксплуатации, а ее автор, Кузнецов Роман Вадимович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.07 - Физика конденсированного состояния.

На обработку персональных данных согласна.

Официальный оппонент,

кандидат физико-математических наук,

доцент, доцент кафедры физики, химии и теоретической механики

федерального государственного бюджетного образовательного

учреждения высшего образования

«Томский государственный архитектурно-  
строительный университет»

специальность

01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Никоненко Е.Л.

Подпись Никоненко Елены Леонидовны удостоверяю

Проректор по НР ТГАСУ



С.В. Ефименко

М.П.

20.04.2022 г.

Рабочий адрес: 634003 г. Томск, пл. Соляная, 2

e-mail: vilatomsk@mail.ru

телефон: 8-903-914-39-90

факс: 8-382-2-65-42-63