

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

**Диссертационный совет:** 24.2.327.04 (Д 212.125.15)

**Соискатель:** Лебедев Михаил Алексеевич

**Тема диссертации:** «Исследование формирования остаточных напряжений и текстуры в гетерогенных поверхностных слоях и покрытиях» выполнена на кафедре «Материаловедение и технология обработки материалов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

**Специальность:** 2.6.1 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

**Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:** на заседании 23 декабря 2021 года, протокол № 161/21, диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, по научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению она удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, и принял решение присудить **Лебедеву Михаилу Алексеевичу** ученую степень кандидата технических наук

**Присутствовали:**

Мамонов А.М. – председатель диссертационного совета;

Скворцова С.В. – ученый секретарь диссертационного совета;

Члены диссертационного совета:

Абраимов Н.В., Бабаевский П.Г., Бецофен С.Я., Егорова Ю.Б., Коллеров М.Ю., Конкевич В.Ю., Костина М.В., Крит Б.Л., Лозован А.А., Моисеев В.С., Никитина Е.В., Серов М.М., Терентьева В.С., Шляпин С.Д., Шляпин А.Д.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

С.В. Скворцова

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**  
**ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.04 (Д.212.125.15),**  
**СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО**  
**ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ**  
**(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»**  
**МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,**  
**ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 23 декабря 2021 года № 161/21

О присуждении Лебедеву Михаилу Алексеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование формирования остаточных напряжений и текстуры в гетерогенных поверхностных слоях и покрытиях» по специальности 2.6.1 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» принята к защите 12 октября 2021 г., протокол № 145/21 диссертационным советом 24.2.327.04 (Д 212.125.15), созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.4, приказ о создании совета № 129/нк от 22.02.2017г. и приказ о внесении изменений в состав совета № 692/нк от 18.11.2020г.

Соискатель Лебедев Михаил Алексеевич, 1993 года рождения, в 2017 году окончил федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», в 2021г. окончил очную аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», работает ведущим специалистом по

менеджменту инновационных проектов в Акционерном обществе «Ступинская металлургическая компания».

Диссертация выполнена на кафедре «Материаловедение и технология обработки материалов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель:

доктор технических наук Бецофен Сергей Яковлевич, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», кафедра «Технологии и системы автоматизированного проектирования металлургических процессов», профессор.

Официальные оппоненты:

Овчинников Виктор Васильевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский политехнический университет», кафедра «Материаловедение», заведующий кафедрой;

Банных Игорь Олегович, кандидат технических наук, федеральное государственное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, лаборатория конструкционных сталей и сплавов им. Академика Н.Т. Гудцова, ведущий научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа, в своем положительном отзыве, подписанном Смысловым А.М., доктором технических наук, профессором, и утвержденном первым проректором по науке Еникеевым Р.Д., указала, что по научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п.п. 9

– 14 Положения о присуждении учёных степеней, утвержденном Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 – Metallovedeniye i termicheskaya obrabotka metallorv i splavov.

Соискатель имеет 22 опубликованных работы, в том числе по теме диссертации 18 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. С. Я. Бецофен, К. В. Григорович, А. А. Ашмарин, А. Ю. Абдурашитов, М. А. Лебедев Особенности формирования остаточных напряжений в сварном соединении и наплавке из стеллита на рельсовой стали // Физика и химия обработки материалов 2019, № 3, с. 31-39.

S. Ya. Betsofen, K. V. Grigorovich, A. A. Ashmarin, A. Yu. Abdurashitov and M. A. Lebedev. Peculiarities of Formation of Residual Stresses in Welded Joints and Stellite Weld Cladding on Rail Steel. Inorganic Materials: Applied Research, 2020, Vol. 11, No. 3, pp. 634–640.

2. Бецофен С.Я., Ашмарин А.А., Терентьев В.Ф., Грушин И.А., Лебедев М.А. Фазовый состав и остаточные напряжения в поверхностных слоях трип-стали ВНС9-Ш // Деформация и разрушение материалов, 2020, №6, с.12-20

S. Ya. Betsofen, A. A. Ashmarin, V. F. Terent'ev, I. A. Grushin and M. A. Lebedev Phase Composition and Residual Stresses in the Surface Layers of VNS9-Sh TRIP Steel//Russian Metallurgy (Metally), Vol. 2020, No. 10, pp. 91–98.

3. С. Я. Бецофен, А. А. Ашмарин, Л. М. Петров, И. А. Грушин, М. А. Лебедев. Влияние параметров ионно-плазменного процесса на текстуру и свойства TiN и ZrN покрытий // Деформация и разрушение материалов, 2021, №4, с.2-9.

S. Ya. Betsofen, A. A. Ashmarin, L. M. Petrov, I. A. Grushin, M. A. Lebedev. Effect of the Ion-Plasma Process Parameters on the Texture and Properties of TiN and ZrN Coatings. Russian Metallurgy (Metally), 2021, No. 10, pp. 1238–1244

4. С. Я. Бецофен, А. А. Ашмарин, В.Ф. Терентьев, И. А. Грушин, М.И. Гордеева, М. А. Лебедев. Влияние отпуска на фазовый состав и текстуру  $\alpha$ - и  $\gamma$ -фаз трип-стали ВНС9-Ш // Деформация и разрушение материалов, 2021, №5, с.22-28.

S. Ya. Betsofen, A. A. Ashmarin, V. F. Terent'ev, I. A. Grushin, M. I. Gordeeva, M. A., Lebedev. Effect of Tempering on the Phase Composition and Texture of the  $\alpha$  and  $\gamma$  Phases in VNS9-Sh TRIP Steel. Russian Metallurgy (Metally), 2021, No. 10, pp. 1337–1344.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных Лебедевым М.А. работах.

На автореферат поступило 7 отзывов: от ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» за подписью заведующего кафедрой «Материаловедение и композиционные материалы», д.т.н. Гуревича Л.М.; от ФГБУН «Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН» за подписью старшего научного сотрудника, к.т.н. Шокодько А.В.; от ФГБУН «Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН» за подписью старшего научного сотрудника, к.т.н. Морозова А.В.; от ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева» за подписью профессора кафедры «Материаловедения, литья и сварки», д.т.н. Изотова В.А.; от ФГБОУ ВО «Костромской государственной университет» за подписью доцента кафедры «Общей и теоретической физики, к.т.н. Дьякова И.Г.; от ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН» за подписью директора «Центра новых материалов и технологий», д.т.н. Суминова И.В.; от ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» за подписью ведущего научного сотрудника лаборатории «Механических свойств наноструктурных и жаропрочных материалов», д.ф.-м.н. Белякова А.Н.

Все отзывы положительные, в них отражена научная новизна, актуальность и практическая значимость работы, некоторые отзывы содержат замечания, например:

- одной из главных целей работы является исследование формирования текстуры в вакуумных ионно-плазменных покрытиях, однако остается неясным, а влияет ли текстура на служебные свойства этих покрытий;
- в работе наибольшее место занимают исследования остаточных напряжений, текстуры и фазовых превращений в полосе 0,3 мм из трип стали ВНС9-Ш, однако остается неясным как изменится механизм трип-эффекта для сталей другого состава или для той же стали, но отличающейся толщиной листа;
- количественные соотношения  $\alpha$  и  $\gamma$  фаз в трип сталях получены рентгеновским методом, который имеет определенные погрешности, в основном вследствие текстурированности фаз, при этом не использовали такой известный метод фазового анализа двухфазных сталей, как магнитометрический;
- выявленные в диссертации закономерности были бы более убедительными, если бы результаты изучения распределения фазового состава, текстуры и остаточных напряжений по сечению трип стали были бы дополнены исследованием послойного распределения микротвердости;

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в области данной диссертационной работы, подтвержденной наличием у них соответствующих публикаций, а также их согласием.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая экспериментальная методика определения остаточных напряжений в поверхностных слоях трип-сталей с градиентом фазового и химического состава по результатам рентгеноструктурного анализа с использованием параметров кристаллической решетки, определенных по разным рефлексам, и параметров анизотропии;

предложен критерий выбора текстурных компонентов в условиях

неравновесного формирования покрытий, основанный на предпочтительности в этих условиях кристаллитов с ориентацией (111), характеризующейся изотропией модуля Юнга в плоскости этого текстурного компонента;

доказана возможность использования предложенной методики определения остаточных напряжений для анализа структуры и свойств трип-сталей и ионно-плазменных покрытий.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана взаимосвязь между остаточными напряжениями, формирующимися в процессе термомеханической обработки и фазовым составом трип-сталей, определяемым напряженным состоянием материала;

изложены доказательства влияния развития  $\gamma \rightarrow \alpha$  превращения в поверхностных слоях трип-сталей на формирование сжимающих напряжений, способствующих повышению усталостных свойств материала;

изучены остаточные напряжения в сварных соединениях рельсов из стали Р65, позволяющие прогнозировать характеристики их работоспособности.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

определены корреляции между послойным распределением фаз в трип-стали и комплексом ее механических свойств, при этом показано, что максимальный предел прочности на растяжение достигается при максимальном количестве метастабильного аустенита в подповерхностном слое, а максимальные усталостные свойства соответствуют максимальным величинам превращенного мартенсита и, соответственно, сжимающих напряжений в поверхностном слое;

представлены рекомендации по оптимизации характеристик твердости вакуумных ионно-плазменных покрытий путем управления напряжением смещения, а также интенсивности текстуры покрытий TiN и ZrN.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании с применением усовершенствованных

рентгеновских методик измерения остаточных напряжений;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации с использованием стандартных и оригинальных программных продуктов.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном и активном участии в формировании цели и задач исследования, в проведении теоретических и экспериментальных исследований, анализе и обработке полученных результатов, их обобщении, формулировке рекомендаций и выводов по диссертации, в подготовке основных публикаций по теме диссертации.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

- в результате мартенситного превращения  $\gamma$ -фаза не распадается, а превращается. На поверхности показаны напряжения отдельно для  $\alpha$  и  $\gamma$  фаз. На слайде 13 показано, что на поверхности  $\gamma$ -фаза находится в сжимающем напряженном состоянии, а в  $\alpha$ -фазе напряжения практически отсутствуют. В то же время характер изменения на поверхности Вы связываете с теми напряжениями, которые как раз формируются в процессе  $\gamma \rightarrow \alpha$  превращения с положительным объемным эффектом. Как напряжения могут иметь разный уровень, если причина для них одинакова – это их объемный эффект?

- как Вы методически разделяли уровень остаточных напряжений на поверхности и каком-то расстоянии от поверхности? Вносило ли какую погрешность механическое послойное удаление?

- слайд 14, заголовок «Влияние отпуска на фазовый состав и механические характеристики». Написано СП – состояние поставки, фазовый состав и объемная доля в зависимости от удаления от поверхности. На слайде не указан фазовый состав чего, какой фазы?

- слайд 15. На правом графике представлено 2 кривых:  $\sigma_v$  и, видимо, предел усталости, да? Штриховая линия – это что? Как его определили? Если куда-то отдавали, то Вы должны были ознакомиться с методикой испытаний:

какие образцы, характеристики циклов.

Соискатель Лебедев М.А. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

- в процессе деформации поверхности при прокатке ленты получается, что происходит  $\gamma \rightarrow \alpha$  превращение, и действительно возникает положительный объемный эффект, за счет которого происходит формирование сжимающих напряжений на поверхности. Т.к. в  $\alpha$ -фазе преобладали высокие растягивающие напряжения, то добавление к ним сжимающих напряжений от объемного эффекта превращения дает нулевые напряжения, а в  $\gamma$ -фазе растягивающие напряжения были низкие и результирующий эффект положительный.

- проводилось послойное удаление поверхности шлифованием и последующим травлением. При удалении поверхностных слоев происходит релаксация напряжений, но для нашего случая этот эффект не превышал 10% и мы его не учитывали.

- на слайде указано, что это объемная доля  $\alpha$ -фазы, но это подписано мелким шрифтом;

- для определения предела усталости образцы отдавали в Институт металлургии, с помощью высококачественного оборудования его определяли «на стороне». Получили зависимость, что она меняется с 900 МПа до 700 МПа. Предел усталости был определен по стандартной методике на базе 10 млн. циклов.

На заседании 23 декабря 2021 года диссертационный совет принял решение за новые научно обоснованные технические и технологические решения по совершенствованию рентгеновских методик и выявлению закономерностей формирования остаточных напряжений и текстуры в сталях с гетерогенной структурой поверхностных слоев для повышения надежности их применения в машиностроении, имеющие существенное значение для развития страны, присудить Лебедеву Михаилу Алексеевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 докторов наук по специальности 2.6.1 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель  
диссертационного совета



Мамонов Андрей Михайлович

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Скворцова Светлана Владимировна

23 декабря 2021 года

