

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: 24.2.327.04 (Д 212.125.15)

Соискатель: Бибиков Петр Сергеевич

**Тема диссертации:** «Влияние газо-термоциклических процессов азотирования на структуру и свойства высоколегированных коррозионностойких сталей авиационного назначения» выполнена на кафедре «Перспективные материалы и технологии аэрокосмического назначения» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

**Специальность:** 2.6.17 – Материаловедение

**Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:** на заседании 23 декабря 2021 года, протокол № 160/21, 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 **Бибикову Петру Сергеевичу** 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., Бецоффен 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 №160/21

О присуждении Бибикову Петру Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Влияние газо-термоциклических процессов азотирования на структуру и свойства высоколегированных коррозионностойких сталей авиационного назначения» по специальности 2.6.17 – «Материаловедение» принята к защите 12 октября 2021 г., протокол № 144/21 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 Бибиков Петр Сергеевич, 1994 года рождения, в 2017 году закончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.», в 2021 году окончил аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», работает ведущим инженером-технологом на предприятии ООО «НПП Нитрид», г. Саратов.

Диссертация выполнена на кафедре «Перспективные материалы и технологии» 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 Белашова Ирина Станиславовна, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», кафедра «Перспективные материалы и технологии», профессор.

Официальные оппоненты:

Помельникова Алла Сергеевна, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Московского государственного технического университета им. Н.Э.Баумана», кафедра МТ-8, профессор;

Тарасова Татьяна Васильевна, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Московского государственного технологического университета «СТАНКИН», кафедра «Высокоэффективные технологии обработки», доцент  
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, в своем положительном отзыве, подписанном Масанским О.А., кандидатом технических наук, и утвержденном проректором по научной работе Гуц Д.С., указала, что по научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению диссертационная работа соответствует требованиям п.п. 9 – 14 Положения о присуждении учёных степеней в редакции Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – «Материаловедение» (технические науки).

Соискатель имеет 14 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 7 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. И.С. Белашова, П.С. Бибииков. Коррозионная стойкость сталей при термогазоциклических процессах азотирования //Промышленный сервис. 2019. №1 (70). С.16-21.

2. Белашова И. С., Бибииков П. С., Прокофьев М. В. Особенности технологии азотирования высоколегированных коррозионностойких сталей авиационного назначения // Вестник МАИ. 2021. № 3. Стр. 173-182.

3. Белашова И. С., Бибииков П. С. Влияние дополнительной термической обработки газофазных неоднородных поверхностных слоев на остаточные напряжения и адгезионную прочность стали // Механика композиционных материалов и конструкций. 2021. №2. С.217-226.

4. Petr Bibikov, Larisa Petrova, Irina Belashova, Peter Demin. Surface Strengthening of High- Alloyed Martensitic Steel by Staged Nitriding // // MATEC Web of Conferences (Web of Science). – 2021. pp. 25-32.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных Бибииковым П.С. работах.

На автореферат поступило 8 отзывов: от АО «МК «Витязь» за подписью главного металлурга, Ефимова К. В.; от АО «Авиаагрегат» за подписью главного металлурга, к.т.н, Цветкова Г. Г.; от ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» за подписью ассистента кафедры «Физическое и прикладное материаловедение», к.т.н., Давидяна Л. В.; от Академии наук Республики Башкортостан за подписью и.о. президента Академии наук РБ, профессора, д.т.н., Рамазанова К. Н.; от Научно-исследовательского технологического института «НИТИ-Тесар» за подписью генерального директора, Хона А.В.; от ФГБОУ ВО НИУ «Московского Энергетического Института» за подписью профессора кафедры Технологии металлов, д.т.н., профессора Матюнина В. М.; от ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (национальный

исследовательский университет) им. И.М. Губкина за подписью доцента кафедры «Трибологии и технологии ремонта нефтегазового оборудования», к.т.н. Бурякина А.В.; от ФГБОУ ВО «нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» за подписью профессора кафедры «Материаловедение и термическая обработка металлических материалов», д.т.н., Гаврилова Г. Н.

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

- стоит отметить, что задача повышения качества азотирования и исключения брака успешно решается в случае применения ионного азотирования, в т.ч. за счёт больших возможностей по управлению процессом, что во многом обуславливает упомянутый автором переход предприятий на новый процесс;

- автору следовало бы проанализировать на сколько может увеличиться продолжительность азотирования с дополнительной третьей стадией и как это отразится на производительности всего технологического процесса;

- в научной новизне, пункт 1, автор устанавливает необходимость изотермической выдержки при температуре 580 °С для изменения фазового состава нитридной зоны. Однако, в тексте автореферата отсутствует информация об исследованиях, на основании которых этот температурный режим был выбран. При этом температурный режим не содержит допуска и по этой причине не может быть реализован в производстве.

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:

доказано, что использование при азотировании высоколегированных коррозионностойких сталей газовой смеси, содержащей 70% воздуха и 30% аммиака, обеспечивает повышение температуры на границе раздела газ-металл на 70-90°С вследствие протекания экзотермической реакции связывания водорода,

образующегося при диссоциации аммиака, с кислородом воздуха, и существенно интенсифицирует процесс насыщения поверхности сталей азотом.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что дополнительная изотермическая выдержка при температуре 580°C в чистом аммиаке приводит к изменению фазового состава нитридной зоны: уменьшению количества  $\epsilon$ -фазы, увеличению количества  $\gamma'$ -фазы и переходу высвобождающегося азота в твердый раствор, что увеличивает глубину азотированного слоя и сглаживает профиль изменения микротвердости за счет протекания выравнивающей диффузии.

Применительно к проблематике диссертации результативно использованы базовые методы исследования структуры и свойств материалов, в том числе экспериментальные методики металлографического, рентгеноструктурного анализа и механических испытаний;

изложены результаты исследований влияния состава компонентов в рабочей атмосфере печи, изменения температуры, времени насыщения и протекания выравнивающей объемной диффузии на формирование структуры, фазового состава, комплекс механических свойств и коррозионную стойкость высоколегированных сталей аустенитного (03X11H10M2T) и мартенситного (13X11H2B2MФ) классов.

изучена кинетика изменения структуры и фазового состава азотированного слоя на стадии протекания выравнивающей диффузии: показано, что длительность изотермической выдержки на третьей стадии азотирования является регулирующим параметром, позволяющим управлять фазовым составом поверхности и в широком диапазоне изменять механические свойства изделия.

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

разработан трехстадийный процесс газо-циклического азотирования сталей 03X11H10M2T-ВД (ЭП-678, ВНС-17) и 13X11H2B2MФ-Ш (ЭИ-961), в котором используется циклически изменяющаяся атмосфера в рабочей печи с различной насыщающей способностью. Первая стадия азотирования при температуре 500-

540°C с высокой активностью насыщающей атмосферы обеспечивает образование азотированного слоя со сплошной нитридной зоной. Вторая стадия при температуре 580°C обеспечивает прирост нитридной зоны на основе высокоазотистой  $\epsilon$ -фазы. Третья стадия в среде чистого аммиака уменьшает концентрацию азота в нитридной зоне и формирует более протяженный азотированный слой. Процесс позволяет увеличить ударную вязкость и износостойкость сталей.

Полученные результаты использованы в ООО «НПП «Нитрид» и АО «Авиаагрегат», г. Самара, ПАО «Гидроавтоматика», г. Самара, ОАО «Красный Октябрь», г. Санкт-Петербург, ООО «Термаль», г. Санкт-Петербург для разработки технологий обработки изделий, выполненных из высоколегированных сталей и их применения в производстве

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании с применением современных методов исследования;

идея базируется на принципах классической теории химико-термической обработки и обобщения опыта азотирования конкретных деталей в сотрудничестве с ведущими предприятиями авиационной промышленности;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации.

Личный вклад соискателя состоит в постановке задачи исследования; в выполнении экспериментальной части работы и исследовании получаемых структур, в формулировке рекомендаций и выводов по диссертации, в подготовке основных публикаций по теме диссертации, личном участии автора в апробации и внедрении результатов исследования.

На заседании 23 декабря 2021 года диссертационный совет принял решение за новые научно-обоснованные технические и технологические решения по прогнозированию и обеспечению стабильности свойств изделий авиационной и ракетно-космической техники, имеющие существенное значение для развития

страны, присудить Бибикову Петру Сергеевичу ученую степень кандидата технических наук.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

- скажите пожалуйста фазовый состав и рентгенограммы сняты с поверхности, не проводился ли послойный РФА-анализ? Если на поверхности образуются нитриды, то под поверхностью у Вас может образоваться твёрдый раствор азота в аустените, который, возможно имеет большую протяженность и обуславливает и высокую ударную вязкость. Вы предполагаете, что ваш слой полностью нитридный или там присутствуют слои твёрдого раствора.

- в работе представлены две стали – одна аустенитная (03X11N10M2T), вторая (13X11N2B2MФ) двухфазная, в которой аустенита небольшое количество, механизм взаимодействия с азотом для них отличался?

- процесс азотирования ведётся в атмосфере аммиака, т.е. там и водород и азот, как происходит взаимодействие, т.е. если азот был один, то бы было бы хуже или лучше?

Соискатель Бибиков П.С. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

- фазовый состав определялся методом рентгеноструктурного анализа, который проводился с поверхности образцов. Да, под поверхностной нитридной зоной присутствуют твёрдый раствор азота в аустените и нитриды легирующих элементов, что подтверждается металлографическими исследованиями. Применение третьей стадии азотирования позволяет снизить концентрацию азота в поверхностном слое, уменьшить его твёрдость, что определяет меньшее снижение ударной вязкости, чем при традиционном азотировании;

- скорость роста азотированного слоя в аустенитной стали существенно ниже, чем в мартенситной за счёт более плотной структуры металла с ГЦК решеткой и большей степени легированности;

- газовое печное низкотемпературное азотирование, рассматриваемое в данной работе, проводится только в атмосфере аммиака, поэтому водород всегда




присутствует в насыщающей атмосфере. Таким образом, невозможно провести сравнение проводимого процесса азотирования с водородом и без.

На заседании 23 декабря 2021 года диссертационный совет принял решение за новые научно-обоснованные технические и технологические решения по прогнозированию и обеспечению стабильности свойств изделий авиационной и ракетно-космической техники, имеющие существенное значение для развития страны, присудить Бибикову Петру Сергеевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 5 докторов наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение, 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

