ЗАКЛЮЧЕНИЕ
ОБЪЕДИНЕННОГО ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
99.2.039.02 (Д999.122.02)

созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» и федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

аттестационное дело №_____
решение объединенного диссертационного совета от 17.12.2021 г. №

О присуждении Баранову Дмитрию Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Структура и свойства жаропрочного дисперсионно-твердеющего никелевого сплава ХН68ВМТЮК при лазерной сварке деталей ГТД» по специальности 2.6.17. Материаловедение принята к защите 08 октября 2021 г., (протокол заседания №14) объединенным диссертационным советом 99.2.039.02 (Д 999.122.02) на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет», 443100, Самара, Молодогвардейская 244, и федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 443086, Самара, Московское шоссе, 34, приказ Минобрнауки Российской Федерации № 45/нк от 30.01.2017 г.

Соискатель Баранов Дмитрий Александрович, 14.07.1991 года рождения, в 2013 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный технический университет» по специальности «Машины и технология высокоэффективных процессов обработки материалов». С марта 2021 г. является лицом, прикрепленным для подготовки диссертации без освоения программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по специальности 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение). Работает заместителем главного сварщика ПАО «ОДК-Кузнецов».

Диссертация выполнена на кафедре «Литейные и высокоэффективные технологии» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» Минобрнауки РФ.

Научный руководитель – Никитин Константин Владимирович, д.т.н, факультет «Металлургия, машиностроение и транспорт» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» Минобрнауки РФ, декан.

Официальные оппоненты: **Беленький Владимир Яковлевич**, д. т. н., кафедра «Сварочное производство, метрология и технологии материалов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», профессор»; **Пересторонин Александр Владимирович**, к. т. н., кафедра МТ12 «Лазерные технологии в машиностроении» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», ассистент **дали положительные отзывы на диссертацию.**

Ведущая организация - **федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет», г. Санкт-Петербург**, в своем положительном отзыве, подписанном Туричиным Глебом Андреевичем, д.т.н., профессором, заведующим кафедрой «Цифровые лазерные технологии», Земляковым Евгением Вячеславовичем, к.т.н., заместителем директора по научной деятельности ИЛИСТ и утвержденном проректором по научной деятельности д.т.н., доцентом Никущенко Дмитрием Владимировичем, указала, что разработанная технология создания неразъемных соединений из жаропрочного сплава ХН68ВМТЮК методом лазерной сварки на примере ДСЕ «Корпус внутренний» 1-ого соплового аппарата статора турбины для наземной тематики, внедренная в производство на ПАО «ОДК-Кузнецов» (г. Самара), может быть рекомендована к использованию на других предприятиях, специализирующихся на сварке жаропрочных сплавов.

Отзыв содержит следующие замечания: 1) не проведено исследования длительной прочности сварных соединений жаропрочного сплава ХН68ВМТЮК после лазерной сварки при повышенных температурах; 2) усталостные испытания сваренных образцов проводились при комнатной температуре, что не соответствует реальным условиям работы сварного соединения ГТД; 3) отсутствие в работе рентгенофазового анализа не позволяет более точно определить и подтвердить наличие карбидов, нитридов и карбонитридов в сварном соединении сплава ХН68ВМТЮК; 4) на рисунке 3.8 не указан доверительный интервал, обозначающий разброс измерения длины микротрещин; 5) на рисунке 5.3 отсутствует шкала увеличения, что не дает возможность провести более точную оценку размеров ОШЗ.

Соискатель имеет 20 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 12 работ, из них 5 в изданиях, рекомендованных ВАК, 3 в изданиях, индексируемых базой данных Scopus и WoS. Суммарный объем принадлежащего соискателю опубликованного материала по теме диссертации составляет 6,01 печатных листов. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах. Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1. Baranov, D.A. Analysis of Defects at Laser Welding of Heat-Resistant Alloy KnN45VMTYuBR / D.A. Baranov, A.A. Parkin, S.S. Zhatkin // Defect and Diffusion Forum. - 2021. - Vol.410. - pp 108-114. авт. вклад 0,7 п.л.

2. Baranov, D.A. Ensuring Strength in Laser Welds Made Using the Dispersion-Hardened EP693 Nickel Alloy / D.A. Baranov, S.S. Zhatkin, V.I. Nikitin other // Russian Journal of Non-Ferrous Metals. - 2021. -Vol.62. No.40. - pp441-447. авт. вклад 0,9 п.л.

3. Baranov, D.A. HN45VMTYUBR Alloy: Impact Beam Welding Modes on Microstructure and Distribution of Alloying Elements in the Seam / D.A. Baranov, A.A. Parkin, S.S. Zhatkin // Solid State Phenomena. - 2018. - Vol.284. - pp 530-535. авт. вклад 0,5 п.л.

4. Баранов, Д.А. Особенности формирования сварного шва жаропрочного сплава ХН45ВМТЮБР в зависимости от режимов лазерной сварки / Д.А. Баранов, А.А. Паркин, С.С. Жаткин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Самара. – 2018. - Т.20, №4 (2). – С. 170-176. авт. вклад 0,6 п.л.

5. Баранов, Д.А. Влияние вакуумного отпуска на структурные свойства жаропрочного никелевого сплава ЭП693 / Д.А. Баранов, К.В. Никитин, А.А. Паркин и др. // Литейное производство. – Москва. - 2018. - №11. – С.3-8. авт. вклад 0,8 п.л.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы официальных оппонентов.

В отзыве официального оппонента, **Беленького В.Я.**, указаны следующие основные замечания: 1) в диссертационной работе не представлены результаты рентгенофазовых исследований сварных швов с целью определения содержания карбидов, нитридов и карбонитридов в сварных швах, о наличии которых упоминается в четвертой главе диссертационной работы; 2) следовало бы рекомендовать автору провести исследования в более широком диапазоне мощностей и скоростей движения лазерного теплового источника с целью проведения анализа их влияния на геометрические параметры сварного шва в широком диапазоне режимов лазерного воздействия; 3) в диссертационной работе не в полной мере представлены данные по исследованию влияния фокусировки лазерного луча, которая является одним из важных параметров лазерной сварки, на геометрию и свойства сварного шва при сварке жаропрочных никелевых сплавов; 4) в автореферате имеются опечатки, в частности, в разделе «Структура и объем работы» (стр.7) указано, что диссертационная работа содержит семь глав, в то время как в диссертации шесть глав. При описании результатов шестой главы (стр. 16) последнее предложение не завершено.

В отзыве официального оппонента, **Пересторонина А.В.**, сформулированы следующие замечания: 1) в подразделе 1.4.4 уделено избыточное внимание описанию развития лазерных процессов сварки. Приведенные в нём литературные данные в дальнейшей работе используются только косвенно; 2) в разделе 2 не достаточно подробно описана методика испытаний на выносливость, а именно не приведены данные об используемом оборудовании и характеристиках цикла нагружения; 3) в разделе 3 в результатах измерения размеров сечения шва отмечена важная особенность, связанная с их изменением по длине соединения, что вызывается нагревом заготовки. Однако, не приведены размеры используемых образцов, что необходимо для понимания того, насколько это изменение будет заметно на реальных изделиях конкретных размеров; 4) в некоторых поперечных сечениях швов, приведенных на снимках в разделе 3, наблюдаются поры. Требования НТД к пористости приведены только в подразделе 6.1. Целесообразно было бы дать оценку размеров пор и сопоставить с допустимым

непосредственно в разделе 3, посвященном оптимизации процесса сварки; 5) в разделе 4 дано подробное описание и анализ результатов определения элементного состава различных структурных составляющих, имеющий важное значение для понимания влияния структуры на свойства металла. Однако, также было выполнено элементное картирование, являющееся сложным и дорогостоящим типом исследования, при этом его описанию не уделено достаточного внимания, а расшифровка затруднена неудобном форматом легенды; 6) в разделе 5 при анализе макроструктуры излома не отмечен характер разрушения, прежде всего – наличие или отсутствие участков хрупкого разрушения; 7) в разделе 6 не приведены снимки изделия, полученного в результате реализации технологии; 8) в работе нигде не приведено снимков внешнего вида лицевой стороны и корня шва, снимков образцов или их схем.

На автореферат поступили 8 положительных отзывов от В.А. Ивановой, д.т.н., доцент, директор института инженерии и машиностроения, Д.В. Наумова, к.т.н., доцент, первый проректор ФГБОУ ВО «ЯГТУ» (г. Ярославль); С.А. Солохина, к.т.н., доцент, зав. каф. лазерной физики и технологии ФГБОУ ВО «Ковровская государственная технологическая академия им. В.А, Дегтярева» (г. Ковров); Д.А. Винника, д.х.н., доцент, зав. каф. материаловедения и физико-химии материалов, Н.А. Шабулевой, к.х.н., доцент, зав.каф. материаловедения и физико-химии материалов ФГАБОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» (г. Челябинск), Н.А. Феоктистова, к.т.н., доцент, зав.каф. литейных процессов и материаловедения, А.Б. Сычкова, д.т.н., проф. каф. литейных процессов и материаловедения ФГБОУ «Магнитогорский государственный технический университет им Г.И. Носова» (г. Магнитогорск), Р.С. Миникаева, главный металлург АО «Казанское моторостроительное производственное объединение (АО «КМПО») (г. Казань), Ю.А. Моргуновой, к.т.н., проф. каф. «Технология и оборудование машиностроения» ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет» (г. Москва), Е.Л. Фурмана, д.т.н., проф., зав.каф. литейного производства и упрочняющих технологий, Е.А. Усольцева, к.т.н., старший преподаватель кафедры Литейного производства и упрочняющих технологий ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет им. первого президента России Б.Н. Ельцина» (г. Екатеринбург); С.Х. Даутова, главный сварщик АО «ОДК-Уфимское моторостроительное производственное объединение» (г. Уфа).

В замечаниях указано, что не проведено исследования длительной прочности сварных соединений жаропрочного сплава ХН68ВМТЮК после лазерной сварки; отсутствие в работе рентгенофазового анализа не позволяет более точно определить и подтвердить наличие карбидов, нитридов и карбонитридов в сварном соединении сплава ХН68ВМТЮК, о наличии которых упоминается в четвертой главе диссертационной работы; отсутствует расчет тепловой модели, описывающий процесс сварки исследуемых материалов непрерывным лазерным излучением. В данном направлении исследования он не является обязательным, но рекомендуем для более точного планирования эксперимента; не в полной мере представлены данные по влиянию фокусировки лазерного излучения на процесс формирования геометрии и свойств сварного шва при реализации исследуемой технологии. Все отзывы положительные, отмечают актуальность темы диссертации,

научную новизну и практическую значимость основных положений работы, соответствие диссертационной работы Баранова Д.А. требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а её автор – Баранов Д.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой компетентностью в области материаловедения сварных швов, получаемых при использовании инновационных методов сварки жаропрочных дисперсионно-твердеющих железохромоникелевых и никелевых сплавов, в том числе применением лазерной сварки, что подтверждается публикациями в научных изданиях в сфере исследования соискателя.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **разработана** *новая экспериментальная методика,* позволившая выявить пути для снижения склонности к трещинообразованию в сварном шве за счет повышения свариваемости жаропрочного дисперсионно-твердеющего никелевого сплава ХН68ВМТЮК методом лазерной сварки с обеспечением гарантированного запаса прочности сварного соединения;

- **предложен** *и реализован нетрадиционный подход* определения физико-механических свойств для сварных соединений, а именно определение предела выносливости сварных соединений;

- **доказана** *перспективность* повышения свариваемости жаропрочного дисперсионно-твердеющего никелевого сплава ХН68ВМТЮК и механических свойств сварного соединения методом лазерной сварки;

- **введены** *новые понятия* в части применения лазерной сварки жаропрочного дисперсионно-твердеющего сплава ХН68ВМТЮК при производстве деталей «Корпуса внутреннего» 1-ого соплового аппарата статора турбины ГТД.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **доказано** *положение о том*, что перераспределение легирующих элементов в околошовной зоне и дополнительное легирование шва молибденом приводит к повышению деформационной способности и стойкости к образованию трещин при сварке сплава ХН68ВМТЮК;

- **применительно к проблематике диссертации результативно использован** комплекс существующих базовых и современных методов исследования, экспериментальных методик с использованием аналитического подхода, что позволило получить новые научные и практические результаты при изучении процессов лазерной сварки жаропрочных сплавов;

- **раскрыта** *проблема обеспечения прочности сварного шва* при лазерной сварке жаропрочного дисперсионно-твердеющего сплава за счет дополнительного легирования сварочной ванны молибденом, который перераспределяется из присадочной проволоки;

- **изучены** *закономерности*, объясняющие влияние величины погонной энергии на процессы формирования микротрещин в структуре сварного шва;

- **проведена модернизация** методики исследования в части экспериментальной базы получения структуры сварного шва методом лазерной сварки для обеспечения бездефектного сварного соединяя жаропрочных сплавов.

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

- **разработан и внедрен** в производство ПАО «ОДК-Кузнецов» технологический процесс создания неразъемных соединений методом лазерной сварки жаропрочного сплава ХН68ВМТЮК для деталей сборочных единиц «Корпус внутренний» 1-ого соплового аппарата статора турбины ГТД.

- **определены** *оптимальные режимы*, обеспечивающие увеличение кратковременной прочности до 787 МПа сварного соединения при повышенных температурах, для лазерной сварки сплава ХН68ВМТЮК.

- **создана** *система практических рекомендаций* по применению лазерной сварки жаропрочных сплавов ХН45ВМТЮБР и ХН68ВМТЮК, которая может быть использована при выборе режимов сварки в процессе создания неразъемных соединений из тонколистового проката.

- **представлены** *рекомендации* для повышения свариваемости жаропрочного сплава ХН68ВМТЮК методом лазерной сварки, обеспечивающие гарантированный запас прочности конструкции.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- **для экспериментальных работ**, что результаты получены на сертифицированном оборудовании;

- **теория** построена на известных проверяемых данных, фактах, положениях и постулатах материаловедения, теории сварки, а также общепринятых классических подходах. Полученные новые результаты не противоречат ранее опубликованным данным и теоретическим положениям;

- **идея** базируется на сравнительном анализе и испытаниях натурных образцов, изготовленных в ходе выполнения диссертационной работы, а также анализе процессов структурообразования сварных соединений;

- **использовано** *сравнение авторских данных и данных, полученных ранее* по проблемам свариваемости жаропрочных сплавов различными типами сварки;

- **установлено** качественное и количественное совпадение полученных экспериментальных и теоретических результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;

- **использованы** современные методики сбора и обработки информации, представленные выборочные совокупности с обоснованием выбора объектов и методов исследования.

Личный вклад соискателя состоит в организации соискателем всех проводимых работ и экспериментов, связанных с данным исследованием; непосредственном участии соискателя в получении исходных данных, научных экспериментов, а также апробации результатов исследования; самостоятельном проведении соискателем значительной части экспериментальных исследований, включая изготовление натурных образцов, анализ

структуры на электронном растровом микроскопе, а также участии при испытаниях физико-механических свойств; обработке и интерполяции экспериментальных данных, выполненных лично автором; самостоятельной подготовке большей части опубликованных работ по результатам диссертации.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: 1) не ясно на каком оборудовании, проводилось исследования структуры, определение кратковременной прочности и усталостных испытаний; 2) не проведено сравнение химических составов основного материала с техническими условиями; 3) из доклада было не ясно, как проводилась фиксация уровня внутренних напряжений в сварных соединениях.

Соискатель Баранов Д.А. ответил на задаваемые в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию: 1) все проводимые исследования проводились на аттестованном оборудовании центральной заводской лаборатории ПАО «ОДК-Кузнецов», в работе указаны марки оборудования на которых проводились исследования, возможно необходимо было дать более подробное описание используемого оборудования 2) в диссертационной работе представлены таблицы по исследованию химического состава сварного соединения в которых входит как сварной шов так и основной материал, также исследования химического состава и определение физико-механических свойств на соответствие ТУ проходит материал в процессе входного контроля на предприятие ПАО «ОДК-Кузнецов»; 3) Фиксация уровня внутренних напряжений производилась по стреловидности сварного шва на образцах.

На заседании 17.12. 2021 г. диссертационный совет принял решение присудить Баранову Дмитрию Александровичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение за решение научной задачи формирования состава, структуры и свойств сварного шва при лазерной сварке, обеспечивающего повышение свариваемости жаропрочного дисперсионно-твердеющего никелевого сплава ХН68ВМТЮК, имеющей важное значение для развития материаловедения.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 докторов наук по специальности 2.6.17, участвующих в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 17, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного
совета 99.2.039.02 (Д 999.122.02) Клебанов Яков Мордухович

Секретарь диссертационного
совета 99.2.039.02 (Д 999.122.02) Луц Альфия Расимовна

17 декабря 2021 г.