ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.080.03,

созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем сверхпластичности металлов Российской академии наук (ФГБУН ИПСМ РАН) ,по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № \_\_\_\_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 21 ноября 2019 г., протокол № 8/19

О присуждении Хазгалиеву Руслану Галиевичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Влияние аустенитно-мартенситного превращения в слое TiNi на прочность диффузионного соединения титанового сплава и нержавеющей стали через прослойку никеля и сплава никель-хром» по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния» принята к защите 15 августа 2019 г., протокол № 5/19, диссертационным советом Д 002.080.03 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем сверхпластичности металлов Российской академии наук, адрес: 450001, г. Уфа, ул. Степана Халтурина, 39, Приказ Министерства образования и науки РФ о создании совета ‑ № 785/нк от 10.07.2015 г.

Соискатель Хазгалиев Руслан Галиевич, 1986 года рождения.

Соискатель работает младшим научным сотрудником в лаборатории 10 «Сверхпластическая обработка перспективных материалов» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем сверхпластичности металлов Российской академии наук.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте проблем сверхпластичности металлов Российской академии наук, в лаборатории 10 «Сверхпластическая обработка перспективных материалов».

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН, **Мулюков Радик Рафикович**, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем сверхпластичности металлов Российской академии наук, директор института.

Научный консультант - доктор физико-математических наук, **Имаев Марсель Фаниревич**, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем сверхпластичности металлов Российской академии наук, ведущий научный сотрудник временного творческого коллектива «Сварка трением».

Официальные оппоненты:

1. **Алымов Михаил Иванович**, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор ФГБУН Института структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А.Г. Мержанова;

2. **Глезер Александр Маркович,** доктор физико-математических наук, профессор, директор Научного центра металловедения и физики металлов имени Г. В. Курдюмова ЦНИИчермет, профессор кафедры физического материаловедения НИТУ МИСиС;

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, в своем положительном заключении, подписанном главным научным сотрудником лаборатории механических свойств ИФМ УРО РАН, член-корреспондентом РАН, доктором технических наук **Сагарадзе Виктором Владимировичем**, указала, что диссертационная работа Хазгалиева Р.Г. выполнена на актуальную тему и представляет собой логически выстроенную и завершенную научно-исследовательскую работу.

Соискатель имеет 25 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 14 работ, из них 5 опубликованы в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК РФ и ведущих международных журналах. Пять публикаций по теме диссертации являются научными статьями, написанными лично автором (либо при его непосредственном участии), их общий объём – 14 печатных листов.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Заведующего кафедрой «Физика» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, д. ф.-м. н., проф., заслуженного деятеля науки РФ **Старостенкова М. Д.** Отзыв положительный, есть 2 замечания: 1) Рисунки 1, 3, 7, 12 было бы желательно представить в цвете. В этом случае выиграла бы наглядность материала. 2) Причина возникновения «жестких» межфазных границ, требуется дать определенное толкование.

2. Руководителя научного направления Института проблем машиностроения РАН, филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук», д.ф.-м.н. профессора, заслуженного деятеля науки РФ, **Перевезенцева В. Н.** Отзыв положительный, без замечаний.

3. Профессора ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина», д. т. н. **Попова А. А.** Отзыв положительный, имеется 1 замечание: на стр. 15 автореферата, в втором абзаце констатируется, что при использовании в качестве прослойки при сварке сплава Х2Н98 – «...Выше 700 °С суммарная толщина интерметаллидных слоев меньше, чем в случае никелевой прослойки...». Чем можно объяснить такое влияние легирования хромом никелевой прослойки на суммарную толщину слоев?

4. Заведующего кафедрой естественнонаучных дисциплин имени профессора В.М. Финкеля. ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», д.ф.-м.н., профессора **Громова В.Е.** Отзыв положительный, имеются замечания: 1. Из текста автореферата не ясен температурный интервал протекания аустенитно-мартенситного превращения (АМП) и на сколько происходит снижения температуры начала АМП при использовании прослойки Х2Н98. 2. Приведенные рисунки микроструктуры малого размера и обозначения на них недостаточно контрастны».

5. Директора Научно-исследовательского института прогрессивных технологий ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», д.ф.-м.н., профессора **Мерсона Д.Л.** Отзыв положительный, имеются 4 замечания: 1. На стр. 12 сначала сказано, что «толщина слоев трещины составила...», а далее по тексту обсуждается «ширина» трещины. 2. В автореферате отсутствуют данные об исходной прочности свариваемых материалов (ПТ-3В и 12Х18Н10Т), что затрудняет понимание о достигнутом в работе уровне прочности сварного соединения. 3. На стр. 12 говорится, что трещины образуются под углом ≈30° к межфазной границе, как этот экспериментальный факт был учтен при расчете деформации, связанной с изменением КТР? 4. На мой взгляд, некоторые результаты диссертационной работы, например, способ повышения прочности соединения обладает патентоспособностью.

6. Ведущего научного сотрудника Института физики прочности и материаловедения СО РАН (ИФПМ СО РАН), доцента, д.ф.-м.н., **Астафуровой Е.Г.** Отзыв положительный, имеется одно замечание: 1. Во второй главе автореферата автор указывает на то, что после кручения под давлением в Ni и сплаве Х2Н98 образуется структура со средним размером зерна 200...400 нм. Однако, скорее всего, автор подразумевает средний размер элементов зеренно-субзеренной структуры, а не размер зерна. В этой связи возникают вопросы, которые требуют пояснения: будет ли влиять характер зеренной структуры (зеренная/субзеренная) на процессы сварки давлением, описываемые в диссертационной работе, и каким образом полученная методом кручения под давлением структура в никеле и сплаве Х2Н98 будет трансформироваться при нагреве до температуры сварки?

7. Профессора высшей школы механики и процессов управления СПбПУ Петра Великого д.ф.-м.н., члена-корреспондента РАН, **Рыбина В.В.** Отзыв положительный, замечаний нет.

8. Доцента кафедры Металловедения цветных металлов НИТУ «МИСиС», к.т.н. **Михайловской А. В.** Отзыв положительный, имеются 3 замечания: 1. В автореферате не приведена методика механических испытаний сварных соединений и методика подготовки поверхности образцов перед процедурой сварки. 2. Чем автор может объяснить разброс значений прочности сварного соединения в 150-200 МПа в случае оптимальной температуры при использовании крупнозернистой никелевой прослойки и в случае повышенной температуры при использовании наноструктурного никеля (рис.4)? 3. Некоторые представленные в автореферате иллюстрации затруднительны для понимания, например, пропущены обозначения a,б, в, г (рис.1) или рисунки слишком маленького размера, и не выявляются элементы микроструктуры (рис.12), в то время как автореферат изложен на 22 страницах, т.е. была возможность увеличить размер рисунков.

9. Заведующего лабораторией Деформирования и разрушения Института машиноведенияя Уральского отделения Российской Академии наук, д.т.н., доцента **Гладковского С. В.** и научного сотрудника лаборатории деформирования и разрушения Института машиноведения Уральского отделения Российской Академии наук, к.т.н. **Кутеневой С. В.** Отзыв положительный, имеются 3 замечания: 1. Из автореферата не ясно, каким образом осуществлялась сварка заготовок с использованием установки АЛО-ТОО (тип ИМАШ 20-78) и может ли эта технология воспроизводиться в промышленных условиях. 2. В автореферате диссертации, посвященной изучению структурных превращений в титаностальных соединениях, следовало бы привести изображения микроструктуры исследуемых соединения и его составных компанентов, в том числе прослоек на основе никеля в крупнозернистом и мелкозернистом состояниях. 3. В тексте автореферата имеются два идентичных предложения с сылкой на один и тот же источник: стр. 9 (последняя строчка) и стр. 14 (2 предложение в 4 абзаце).

10. Заведующего лабораторией «Физических основ прочности» института механики сплошных сред УрО РАН, д.ф.-м.н., профессора **Неймарка О.Б.** и научного сотрудника лаборатории «Физических основ прочности» Института механики сплошных сред УрО РАН, к.т.н., доцента **Симонова М.Ю**. Отзыв положительный, без замечаний.

В отзывах указано, что представленная работа имеет большое практическое значение и по своей новизне и актуальности соответствует требованиям ВАК к кандидатским диссертациям.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что они являются компетентными в данной отрасли науки, широко известны своими достижениями в данной области и способны определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложена научная идея, позволившая объяснить причину низких механических свойств диффузионного соединения нержавеющей стали с титановым сплавом;

изучены особенности разрушения диффузионного соединения нержавеющей стали с титановым сплавом в зависимости от материала прослойки, его структурного состояния и режима сварки;

предложены режимы деформации, обеспечивающие высокий уровень механических свойств; определен температурный интервал хранения полученных соединений, позволяющий сохранить эти свойства;

доказано влияние аномально сильного знакопеременного изменения коэффициента теплового расширения при аустенитно-мартенситном превращении в слое TiNi на разрушение по межфазным границам Ti2Ni/TiNi и TiNi/TiNi3;

предложены и обоснованы новые трактовки старых понятий о влиянии разницы в коэффициенте теплового расширения соединяемых материалов на механические свойства диффузионных соединений разнородных материалов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность существенного повышения (до 82% от прочности нержавеющей стали) прочности при комнатной температуре диффузионного соединения нержавеющей стали с титановым сплавом через прослойку хромоникелевого сплава Х2Н98 благодаря смещению в область более низких температур температурного интервала аустенитно-мартенситного превращения в слое TiNi;

применительно к проблематике диссертации эффективно использован комплекс экспериментальных методик для выявления влияния структурного состояния и химического состава материала прослойки, режима сварки и температуры хранения сваренных образцов на их механические свойства и особенности разрушения при комнатной температуре;

изложены положения и идеи, которые вносят вклад в понимание особенностей формирования соединения разнородных материалов, путей повышения их прочности;

обозначена проблема, связанная с существенным падением механических свойств полученных диффузионных соединений при их выдержке при пониженных температурах;

изучены причинно-следственные связи между структурой, химическим составом материала прослойки с прочностью и характером разрушения полученных соединений;

проведена модернизация экспериментальной установки, позволившая провести диффузионную сварку в более широком интервале температур;

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

предложен сплав для использования в качестве прослойки при диффузионной сварке титановых сплавов с нержавеющими сталями, отработан режим сварки;

определены перспективы применения полученных результатов на практике;

разработаны практические рекомендации по выбору материала и структурного состояния прослойки, режиму диффузионной сварки нержавеющей стали и титанового сплава для достижения высокой прочности соединения;

представлены рекомендации по температурному интервалу хранения полученных соединений с целью сохранения достигнутых прочностных свойств.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании с высокой воспроизводимостью результатов исследования;

теория хорошо согласуется с известными литературными данными по структуре, механическим свойствам и характеру разрушения соединений нержавеющих сталей с титановыми сплавами через различные прослойки;

идея базируется на анализе результатов работ в области твердофазного соединения нержавеющих сталей с титановыми сплавами;

использовано сравнение авторских данных по микроструктуре, фазовому составу, механическим свойствам и характеру разрушения соединений сталей и титановых сплавов и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике;

установлены совпадения и отличия авторских результатов с результатами, представленными в литературе;

использованы современные методики сбора и обработки исходной и полученной в работе информации.

Личный вклад соискателя заключается в выборе направления исследования, постановке задач и разработке плана работ, подготовке и проведении экспериментов, обработке и анализе полученных результатов и последующем оформлении их в виде научных публикаций. Все этапы экспериментов выполнены лично соискателем, либо при его активном участии.

На заседании 21 ноября 2019 г. диссертационный совет принял решение присудить Хазгалиеву Р.Г. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве «19» человек, из них «10» докторов наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния», «9» докторов наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов», участвовавших в заседании, из «22» человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – «19», против присуждения ученой степени – «0», недействительных бюллетеней – «0».

Председательствующий на заседании

диссертационного совета Д 002.080.03,

д. ф.-м. н. Назаров Айрат Ахметович

Ученый секретарь диссертационного совета,

д. ф.-м. н. Имаев Марсель Фаниревич

 21 ноября 2019 г.