

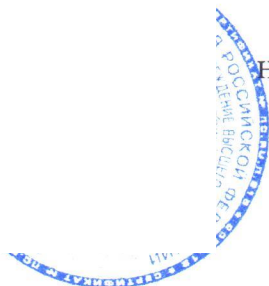
УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «Иркутский
национальный исследовательский
технический университет»,

К. Г. - М. Н.

А.М. Кононов

« 20 » / 01 2022 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Пицык Виктора Сергеевича

«ВЛИЯНИЕ ЭВОЛЮЦИИ СТРУКТУРЫ НЕРАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ
СПЛАВА ОТ4-1 В УСЛОВИЯХ ХОЛОДНОЙ ТУГОЙ ПОСАДКИ И
ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ТЕРМООБРАБОТКИ НА ИХ СВОЙСТВА И КАЧЕСТВА»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 2.6.17 – Материаловедение

На отзыв представлена рукопись (253 страницы машинописного текста (включая приложения) и автореферат (24 страницы) диссертации « Влияние эволюции структуры неразъёмных соединений сплава ОТ4-1 в условиях холодной тугой посадки и последующей термообработки на их свойства и качества». Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» на кафедре «Технология сварочного и металлургического производства».

1.Актуальность избранной темы. В последнее время благодаря относительно низкой стоимости, легкому весу, высокой коррозионной стойкости и высокими механическими свойствами, высококачественные соединения титановых сплавов нашли применение в ядерной, нефтехимической и аэрокосмической промышленности. Титановые сплавы обладают низкой плотностью, высокой прочностью и высокой жаростойкостью, что позволяет использовать их для широкого спектра применений в нефтехимической, авиационной и космической промышленности. Известно, что когда самолеты работают на сверхвысоких скоростях, их температура двигателя и поверхности довольно высока, титановый сплав более подходит, чем алюминиевый сплав или другие легкие металлические сплавы, поскольку титановый сплав сохраняет очень

хорошую прочность и стабильность в относительно высокотемпературной атмосфере. Опыт эксплуатации летательных аппаратов показывает, что их ресурс в значительной мере определяется долговечностью элементов конструкции из титана в зоне неразъемных соединений. Наличие переходных зон в материале неразъемных соединений (НС) характерно для всех наиболее распространенных методов их получения. Данные методы имеют целый ряд ограничений металлургического и технологического характера: наличие дугового разряда; необходимость подачи присадочного материала или припоя; необходимость специальной защиты зоны неразъемного соединения; наличие зоны термического влияния (ЗТВ); остаточные деформации; высокая вероятность возникновения дефектов металлургического характера; необходимость вращения заготовки или перемещения сварочной дуги по орбите; наличие переходной муфты, существенно увеличивающей вес соединения и т.д. Решение данной проблемы выдвигает ряд задач различной сложности, не решенных в ранее проведенных исследованиях. Актуальность работы подтверждается соискателем выполнением в рамках: 1) НИР «Разработка термических и деформационных технологий создание и обработки гетерогенных материалов на основе динамики структурных превращений и компьютерного материаловедения» в рамках гранта по программе «Стратегическое развитие ФГБОУ ВО «КнАГТУ» на 2012-2016 гг.», 2011-ПР 054, приказ № 2280 от 27.07.2012. 2) НИР «Исследование процессов формирования диффузионных соединений из конструкционных материалов, обеспечивающих эксплуатационную надежность конструкций» в рамках гранта по программе «мол_а» Российского фонда фундаментальных исследований на 2014-2016 гг. Государственный регистрационный номер ЦИТиС: 01201453032; соглашение № НК 14-08-31232\14 от 7.02.2014.

2. Научная новизна работы заключается в установлении закономерностей изменения структуры и свойств материала приконтактного объема (ПО) неразъемного соединения (НС) от величины натяга при холодной тугой посадке (ХТП) и последующей термообработки в интервале фазового превращения сплава ОТ4-1 в системе заготовок «втулка-вал», позволяющих получать качественные НС со структурой и свойствами идентичными свойствам основного металла.

Экспериментально установлено ХТП с предельным натягом (450 мкм, площадью физического контакта более 60%) приводит к образованию структуры в материале приконтактного объема неразъемного соединения с характерным деформационным рельефом (следы скольжения по границам зерен – уменьшение контактных поверхностей и объемного взаимодействия,

как в плоскости контакта (сужение и искривление зерен), так и в объеме зоны контакта (разрывы, завихрения зерен и очаги выхода дислокаций)). Наиболее полно отражает структурные изменения материала приконтактного объема неразъемного соединения основные показатели интерфейса структурного состояния (удельный параметр организации структуры – q_c ; средняя плотность зерен – q ; средняя плотность границ зерен – q_{cp} ; развитость границ зерен – $q_{уд}$;) в разы (10; 4; 1,8; 1,5 соответственно) превышающие таковые основного металла в исходном состоянии, что свидетельствует об избыточных остаточных напряжениях. При этом диффузионные процессы приводят к изменению распределения легирующих элементов, микротвердости в ПО, их скачкообразный характер и, в особенности, по величине разброса, четко прослеживаются процессы стадийности – дискретности изменения под влиянием упруго-пластической деформации. Расчетами распределения плотности дислокаций (скачкообразный характер увеличения и уменьшения) установлено полное совпадение с закономерностями изменения структур, распределения легирующих элементов и микротвердости при ХТП системы «втулка-вал» с натягом 450 мкм сплава ОТ4-1.

Установлено появление стадии образования глобулярной структуры при нагреве пластически-деформированного металла в температурно-временных условиях фазового превращения. С увеличением температуры время существования глобулярной составляющей структуры уменьшается. Снижение уровня напряженно-деформированного состояния материала приконтактного объема неразъемного соединения увеличивает время существования глобулярной составляющей структуры и способствует ее появлению при более низких температурах и выдержки.

Показано, что при температурах 925, 950 °С с выдержкой 60 минут, 975 °С - 20 минут, и 1000 °С -10 минут происходит перераспределение дислокаций, которые в области скопления собираются в ячеистую структуру с образованием правильных границ.

Выявлена при переходе к температурам 975-1000 °С высокая скорость протекания диффузионных процессов, вызывающая при увеличении выдержки переход стадии полигонизации к стадии рекристаллизации, т.е. диффузионное взаимодействие завершается и структура ПО становится идентичной структуре основного металла (ОМ) характеризующаяся повышенной прочностью по сравнению с отожжённым состоянием.

Количественная оценка структурных изменений, как по основным параметрам интерфейса структурного состояния, так и рекристаллизационных диффузионных процессах позволяют выявить

механизм, кинетику и температурную зависимость структурных изменений от степени пластической деформации и режимов термической обработки, и определять температурно-временные условия термической обработки, обеспечивающие «залечивание» несплошностей, исчезновение границ раздела и свойства идентичные свойствам основного металла (скоростной нагрев в автономном вакууме до температур 920, 950, 975 и 1000 °С при выдержке 60, 40, 20 и 10 минут соответственно). Усилие на выпрессовку неразъемных соединений и сплава ОТ4-1, полученных при обозначенных условиях, составляет более 960 МПа, что превышает прочность при срезе для основного материала.

3. Практическая значимость от реализации результатов работы:

1. Определены условия формирования в материале приконтактного объема неразъемного соединения, получаемого холодной тугой посадкой, напряженно-деформационного состояния приводящего к изменению основных показателей интерфейса структурного состояния, которые используются как фактор активации процессов рекристаллизации.

2. Определен вид и технологические режимы термической обработки, обеспечивающие получение материала приконтактного объема неразъемного соединения, полученного в условиях холодной тугой посадки, с составом и структурой аналогичными основному металлу и более высокими технологическими свойствами.

3. Разработана и экспериментально проверена методика расчета значения натяга для заготовок системы «втулка-вал», обеспечивающего достаточный уровень физического контакта для получения качественного неразъемного соединения.

4. Для заготовок системы «втулка-вал» из сплава ОТ4-1 установлено предельное значение натяга (450 мкм), обеспечивающее получение материала приконтактного объема неразъемного соединения, полученного холодной тугой посадкой с последующей термической обработки, структура, состав и свойства которого аналогичны основному металлу.

5. Разработан технологический прием получения неразъемных соединений заготовок системы «втулка-вал», за счет холодной тугой посадки и последующей термической обработки, обеспечивающий получение материала в приконтактном объеме неразъемного соединения, состав, структура и свойства которого аналогичны основному металлу.

6. Разработана схема установки термической обработки в автономном вакууме, предусматривающая нагрев соединяемых элементов конструкции в слое электропроводных графитизированных частиц, что позволяет за счет высокой скорости нагрева до заданной температуры, интенсифицировать

процесс рекристаллизации, что обеспечивает получение материала в приконтактном объеме неразъемного соединения, состав, структура и свойства которого аналогичны основному металлу.

7. Теоретические положения и практические результаты, полученные в ходе выполнения данной работы, внедрены в учебный процесс в виде лекционных и лабораторных занятий на кафедрах «Материаловедение и технология новых материалов» и «Технология сварочного и металлургического производства» ФГБОУ ВО «КнАГУ».

4.Методология и методы диссертационного исследования: Проведенные исследования основаны и сочетаются с: трехстадийной теорией образования НС в твердом состоянии; теорией пластической деформации, триботехники, формирования соединений с тугой посадкой. Полученные закономерности эволюции структуры и свойств материала ПО НС, полученного в условиях ХТП с последующей ТО, на примере титанового сплава ОТ4-1, отвечают теоритическим аспектам фазовых преобразований протекающих в титановых сплавах в ходе ТО.

Структура и химический состав материала ПО НС исследовались методами: спектрального оптико-эмиссионного анализа, оптической и растровой электронной микроскопией (РЭМ), компьютерной металлографии; микрорентгеноструктурного анализа. Микродюриметрия проводилась по методу Вика (ГОСТ 9450-76). Определение температуры фазового $\alpha \leftrightarrow \beta$ превращения образцов из сплава ОТ4- 1 определялась путем дилатометрических исследований. Контроль герметичности и плотности материала ПО НС проводился методами капиллярной дефектоскопии (ГОСТ 18442-80) и радиографического контроля (ГОСТ 7512-82). Прочностные свойства НС проводились путем выпрессовки «вала» из «втулки» на исследовательском комплексе Instron 3382.

5. На защиту выносятся:

1. Результаты анализа по определению возможностей применения методов получения неразъемных соединений в твердом состоянии при изготовлении, как трубопроводных систем, так и других элементов конструкций летательных аппаратов из титановых сплавов.
2. Методика оценки напряженно-деформированного состояния, обеспечивающая физический контакт сопрягаемых поверхностей по величине натяга при холодной тугой посадке заготовок системы «втулка-вал»
- 3.Результаты по определению влияния степени напряженнодеформационного состояния (величина натяга) на изменение структуры, состава и свойства материала приконтактного объема неразъемного соединения.

4. Результаты исследований по влиянию термических условий на кинетику и температурную зависимость процессов изменения структуры и свойств материала приконтактного объема неразъемного соединения с предельной степенью (величиной натяга) напряженно-деформированного состояния.

5. Технологический прием получения качественных неразъемных соединений заготовок системы «втулка-вал» титанового сплава ОТ4-1.

6. Достоверность полученных результатов обеспечивается системным подходом к исследованиям, привлечением современных, преимущественно стандартных и взаимно дополняющих друг друга экспериментально-аналитических методов и испытаний на современном и поверенном оборудовании; полученные результаты не противоречат общепринятой теории формирования диффузионных НС.

7. Результаты, полученные в ходе работы, докладывались и обсуждались на: 43-ой научно-технической конференции аспирантов и студентов «Научно-техническое творчество аспирантов и студентов» (Комсомольск-на-Амуре, 2013); школе - семинаре по фундаментальным основам создания инновационных материалов и технологий «Инновационные материалы и технологии: достижения, проблемы, решения» (Комсомольск-на-амуре, 2013); VI всероссийской конференции молодых ученых и аспирантов «Будущее машиностроения России» (Москва, 2013); XVII всероссийской научно-практической конференции «Металлургия: технологии, управление, инновации, качество» (Новокузнецк, 2013); V международной научно-технической конференции «Машиностроение – основа технологического развития России (ТМ-2013)» (Курск, 2013); 44-ой научно-технической конференции аспирантов и студентов «Научно-техническое творчество аспирантов и студентов» (Комсомольск-на-Амуре, 2014); дальневосточной школе-семинаре «Фундаментальная механика в качестве основы совершенствования промышленных технологий, технических устройств и конструкций» «Владивосток, 2014»; XVIII всероссийской научно-практической конференции «Металлургия: технологии, управление, инновации, качество» (Новокузнецк, 2014); III всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов (Комсомольск-на-Амуре, 2014); международной научно-технической конференции «Проблемы и достижения в инновационных материалах и технологиях машиностроения» (Комсомольск-на-Амуре, 2015); международной конференции «Перспективные материалы с иерархической структурой для новых технологий и надежных конструкций» (Томск, 2015); краевом конкурсе молодых ученых и аспирантов в сфере научного творчества (Хабаровск, 2016) 9-ом Всероссийском межотраслевом молодежном

конкурсе научно-технических работ и проектов «Молодежь и будущее авиации и космонавтики» (Москва, 2017); 20-ой международной конференции «Авиация и космонавтика» (Москва, 2021); 5 Международной научно-практической конференции «Производственные технологии будущего: от создания к внедрению» (Комсомольск-на-Амуре, 2021).

8. Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, 4 глав, общих выводов, списка литературы и четырех приложений. Работа изложена на 175 страницах машинописного текста, содержит дополнительно 78 страниц приложений. В работе содержится 46 таблиц, 96 рисунков, список литературы из 131 наименований.

9. Основное содержание диссертации. Во введении обоснована актуальность работы, сформулирована цель и задачи исследования, изложена научная новизна, основные положения, выносимые на защиту, практическая ценность и основные вопросы, рассмотренные в диссертации.

В первой главе показано, на основе литературного анализа научных публикаций по данной теме, что титановые сплавы широко применяются при создании трубопроводных систем (ТС) летательных аппаратов (ЛА). Анализ применяемых методов получения НС при изготовлении ТС ЛА показывает, что их общим и основным недостатком, является наличие в материале ПО НС материала со структурой, составом и свойствами отличны от ОМ. Соискатель проанализировал 95 источников литературы в обосновании актуальности темы исследования, рассмотрены существующие подходы к решению получения НС титановых сплавов. На стр. 22 текста приводится ссылка [1,46-53], а на стр.23 [24-26,46,61-69] т.е. не указаны еще 7 источников информации с 54 по 60. По всей видимости, опечатка. На стр. 25 приводится рисунок 1.2 и 1.3 в тексте при описании рисунков есть ссылка на источник информации [83-85]. Не совсем ясно, из какого конкретного источника [83-85] взяты эти рисунки. Далее на стр.26 соискатель пишет: « *В процессе окисления на поверхности металла образуется окисная пленка, состоящая из рутила, под которым располагается раствор кислорода в титане.....*». Использование соискателем термина рутил некорректно, так как рутил обозначает минерал. Рентгенографическое исследование [Чернецов В. И. Титан и его сплавы. Л.: Машгиз. 1966.] показало, что оксид титана представлен в виде пленки типа рутила. Микроструктурным исследованием установлено, что пленка оксида титана очень пориста и в ней имеются трещины, расположенные параллельно поверхности образца. Не совсем понятно из литературного анализа, почему был рассмотрен только ряд легирующих компонентов влияющих на фазовые превращения (см. стр.30). Рисунок 1.4 также не привязан к источнику информации, как уже

отмечалось выше. В выводах к главе 1 в п.2 есть ссылка на Приложение 1, но самого Приложения 1 где приводятся данные по характерным дефектам сварных и паянных НС на примере титановых трубопроводов авиационного назначения нет. Есть описание по тексту дефектов с указанием процента выбраковки, по всей видимости, из этого приложения.

Во второй главе представлены традиционные и разработанные методы исследования, материалы, приборы и установки. На рис.2.3 представлена схема расположения точек определения химического состава, но нет обоснования выбора расстояния между точками измерения. По тексту на стр. 45 приведено описание нестандартных методов исследований. Не совсем понятно, зачем соискателю необходимо установить качественную связь между твердостью материала и расчетным распределением дислокаций.

В третьей главе экспериментально проверена методика определения значения натяга в системе «вал-отверстие», обеспечивающего достаточный уровень физического контакта для получения качественного НС, установлено влияние напряженно-деформационного состояния материала ПО НС в системе «вал-отверстие», образующегося при ХТП элементов из титанового сплава марки ОТ4-1 на структуру состав и свойства материала НС. Не совсем ясно с первого раза прочтения текста описание рис.3.1,3.2 оцифрованных изображений, которые затем сведены в табл. 3.1. и далее представлены в виде обобщающего графика 3.3. Также есть сомнения в правильности введения поправочного коэффициента для аналитического расчета значений натяга, с целью 100 % совпадения (подгонки) с результатами эксперимента т.к. не факт, что при других условиях эксперимента и другом материале этот поправочный коэффициент будет работать.

В п.3.2 представлена эволюция структуры и свойств материала приконтактного объема НС на рис.3.5а,3,6 при увеличении 200 крат. Отметим, что съемка при 200крат не совсем удачна для оценки эволюции структуры, т.к. не позволяет четко фиксировать оптической металлографией факт измельчения структуры в двухфазных сплавах в процессе пластической деформации. Да и сами фазы трудно различимы при такой съемке. В дальнейшем соискатель использует большое увеличение при оптической металлографии 1000крат и переходит на электронную микроскопию, что существенно повышает качество исследования, и объективность в части количественных показателей при интерпретации полученных результатов исследований. На стр. 66 в п.3 ссылка на рис.3.1, где не совсем понятно словосочетание «постепенное деформирование структуры в направлении к основному металлу». Как соискатель определил

на рис.3.11, что это постепенное деформирование? Надо отметить, что в тексте всей 3 главы, соискатель, введя для экономии текстового описания сокращения в виде ПО, обозначает им переходную область материала и приконтактную область материала, что затрудняет анализ результатов, т.к. постоянная ссылка по тексту на ПО не всегда понятна к какой области анализа относится. На стр. 69 соискатель определил очаги выхода дислокаций в виде темных треугольников рисунок 3.13 г, в, д. Однако на самом рисунке этих обозначений нет, но даже если их проставить самостоятельно, то этих треугольников (очагов дислокации) практически не видно. Далее на стр. 71 соискатель использует в выводах некорректные словосочетания (практически не изменяется ширина и незначительное увеличение средней плотности границ зерен). Всё-таки изменяется или не изменяется, незначительное увеличение, тогда, на сколько незначительно, это хорошо или плохо. На стр. 74-83 представлены результаты оценки распределения легирующих примесей в сплаве ОТ4-1 в приконтактном объеме НС, полученного в условиях тугой посадки. Соискатель отмечает (см. рис.3.16), что распределение легирующих компонентов и примесей по средним значениям лежит в допустимой области (см. табл. 2.1), при этом диапазон содержания элементов широк. Опять смысловая неопределённость. Соискатель для анализа распределения использует словосочетание стадийность – дискретность не раскрывая сущность понятия.

На стр. 84 приводятся описания кривых распределения микротвердости при нагрузке на индентер 0,9807Н. Приведен рис.3.25 микроюриметрия материала ПО НС, полученных в условиях ТП, при различном уровне натяга. На графике приведены снимки областей, где измерялась микротвердость, которые соответствуют структурам представленным на рис.3.9,3.10. Область физического контакта рис. 3.10 имеет ширину 12,7 мкм, а область измельченной структуры рис.3.11 имеет ширину в диапазоне 2,40-9,68 мкм. Согласно ГОСТ 9450-76 «Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников», Приложение 1, таблица 5 при измерении микротвердости при нагрузке 0,981Н для твердости HV 642 диагональ отпечатка составляет 17 мкм т.е. при такой нагрузке которую использует соискатель невозможно провести измерения в области значительно меньше диагонали отпечатка. Более того, область физического контакта (рис. 3.9), где показана структура (имеющая рыхлости и несплошности) трудно поддается измерением микротвердости.

В четвертой главе определено влияние условий термического контакта на структуру, состав и свойства материала ПО НС, полученного в условиях ХТП заготовок системы «вал-отверстие» из сплава ОТ4-1.

Экспериментально установлены режимы ТО, обеспечивающие получение материала ПО со структурой и свойствами аналогичными ОМ. Приведены результаты испытаний на выпрессовку и неразрушающего контроля НС, полученных в условиях ХТП и последующей ТО. На стр. 102 представлены результаты оптической микроскопии после проведения ТО рис. 4.3- 4.6, где опять соискатель использует сокращение типа ПО. Не совсем понятно представленная на рис. 4.3- 4.6 структура: из переходной или приконтактной области, т.к. переходная область имеет протяженность (согласно рис.2.3) от 40 до 3000мкм, а приконтактная от 40 до 400мкм. В тоже время на рис. 2.5 не совсем понятна протяженность переходной области НС. Все это затрудняет дальнейший анализ результатов структурообразования, т.к. сокращения, используемое соискателем в виде ПО, приводит к тому, что не понятно с первого раза к какой области металла относятся результаты. Все это существенно затрудняет чтение и анализ текста и результатов. Соискатель пишет, что в процессе ТО формируется бимодальная структура и описывает ее по тексту, но на представленных в тексте главы рисунках нет четкой фиксации этой структуры. Далее он пишет о снижении несплошностей в области диффузионного взаимодействия и приводит их количественные характеристики, но при этом нет панорамного снимка, который позволил бы сравнить их, т.е. произошло уменьшение и или увеличение несплошностей в результате ТО. На стр. 117 приводятся рис. 4.11-4.13 результаты анализа основных количественных показателей структуры материала ПО НС, которые очень сложно воспринимаются с первого раза. Очень большой объём информации (разной) сгруппирован на рисунках, что усложняет восприятие. На стр. 141-151 соискатель проводит анализ результатов распределения микротвердости материала уже приконтактного объема неразъемного соединения. Отметим опять новый термин приконтактный **объём** обозначенный сокращенно как ПО. Выше уже были термины приконтактная и переходная область, обозначенные сокращенно как ПО. На рис. 4.24 представлены результаты микродюриметрии материала ПО НС, полученного в условиях ТП с натягом 450мкм, после ТО. В тексте диссертации есть описание графика. Распределение микротвердости в интерпретации соискателем полученных результатов измерений представлено в виде симметричного холма с пиком (максимальная высота) и основанием. Не совсем ясно в тексте, что означает ширина пика микротвердости и где она измеряется. Там где предлагает соискатель не что иное, как основание, которое на графике не изменяется и не относится к максимальному значению микротвердости. Не совсем удачное описание

результатов с точки зрения физической сущности при оценке распределения значений микротвердости. В конце работы представлены общие выводы по работе. Далее идет список работ и Приложения. Всего приложений 4 и они занимают 78 страниц.

В приложении представлен большой объём экспериментальных данных по структурам, результаты микрорентгеноспектрального анализа точечного распределения легирующих компонентов, результаты измерений микротвердости, количественные показатели структуры, расчет плотности дислокаций, результаты статистической обработки, оценка экономической и массовой эффективности изготовления неразъёмных соединений методом холодной тугой посадки и последующей термической обработки, акты внедрения.

10.Замечания по диссертации

При ознакомлении с текстом диссертации и ее авторефератом возникли следующие замечания:

1. Во введении диссертации представлена цель работы и задачи исследования, совпадающая с текстом автореферата, а в первой главе на стр. 22 и 34 представлены задачи исследования, сформулированные уже другим образом.

2.В главе 2 представлены описания нестандартных методов исследования, не совсем ясно из текста диссертации и представленных публикаций соискателя эти методы используются им впервые или уже есть публикации самого соискателя с апробациями этих методик, а также публикации других авторов использовавших подобные методы исследования.

3.На рис. 3.8 и рис. 3.9 представлены области неразъёмного соединения, четкая граница между заготовками, как пишет соискатель, отсутствует. В тоже время, область физического контакта на рис. 3.9 указывает нам, что граница есть и ее ширина 12,8мкм (см. рис.3.9, стр.65). Соискатель пишет, что это область диффузионного взаимодействия. Вопрос, какая структура действительно сформировалась в области физического контакта?

4.Рис.4.26,4.27,4.28 показывают расчетные значения распределения дислокаций в материале ПО НС, полученного в условиях ТП, после ТО на различных режимах, которые практически не отличаются друг от друга. Какую информацию можно получить из этих графиков и как ей воспользоваться в практических целях?

5.Общее замечание к графической части представления результатов, особенно рис.2,3,6,8 автореферата и по тексту диссертации рис.3.14-3.16,3.22-3.24, рис.4.11-4.13 очень насыщены информацией, которую сложно

с первого раза проанализировать, не обращаясь к описанию в тексте диссертации.

11. Публикации результатов исследований. По результатам исследований опубликовано 16 работ, из них 6 статей в журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ, 1 публикация в зарубежном издании, входящая в перечень Scopus, 8 публикаций в журналах, сборниках научных трудов и трудов международных и всероссийских научно-технических конференций, включая патент на полезную модель.

12. Личный вклад автора состоит в анализе состояния вопроса, разработке методики экспериментов и их проведении, обработке полученных результатов, написании статей, подготовке докладов. Автор подготовил диссертацию в соответствии с действующими нормативными актам (ГОСТ Р 7.011-2011); структура логична, материал изложен грамотным техническим языком. Автореферат не искажает суть диссертационной работы, отражает наиболее важные ее аспекты.

13. Общая характеристика работы

Диссертационная работа Пицък Виктора Сергеевича по совокупности представленных результатов является завершенным научным исследованием, выполненным на высоком научном и методическом уровне, с проведением большого объёма экспериментальных работ и трудоёмких подготовительных работ, связанных с пробоподготовкой образцов для проведения металлографических, дюриметрических исследований, которые представлены в самой работе и в приложении к работе, что позволило сформулировать основные выводы по работе. Поставленные в работе задачи были решены автором. Получены вполне логичные и аргументированные результаты и сформулированы выводы, характеризующие несомненной научной новизной.

14. Заключение

Результаты диссертационного исследования вносят вклад в разработку экспериментальных методик дальнейшего углубленного понимания процессов структурообразования в титановых сплавах в условиях получения неразъёмного соединения. Сформулированные общие выводы по работе, полученные в ходе анализа и обработки теоретических и экспериментальных данных, обоснованы общепринятыми теориями и гипотезами в соответствующей области знаний, пополняют их новыми данными и имеют реальное научно-практическое значение. Представленные на защиту результаты опубликованы и в достаточном объёме отражены в 16 публикациях автора.

Замечания по тексту диссертации несущественны и носят характер дискуссионного обсуждения, не несут в себе указания на фундаментальные заблуждения, методические ошибки и неточности интерпретации полученных результатов, касаются в большей степени оформительской части текста и графического материала диссертации, не снижают качества и научно-практической ценности проводимых исследований, не ставят под вопрос актуальность, обоснованность и достоверность результатов.

В соответствии с изложенным выше, представленная к защите диссертация «Влияние эволюции структуры неразъемных соединений сплава ОТ4-1 в условиях холодной тугой посадки и последующей термообработки на их свойства и качества» Пицык Виктора Сергеевича является самостоятельно законченной научно-квалификационной работой, отвечающей требованиям пункта 9 « Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013года предъявляемым к кандидатским диссертациям, а также паспорту специальности 2.6.17, а ее автор, Пицык Виктор Сергеевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17-Материаловедение.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры Материаловедения, сварочных и аддитивных технологий, Института авиационного машиностроения и транспорта Иркутский Национальный Исследовательский Технический Университет, 19 января 2022года, протокол № 4а.

Директор института
авиационного машиностроения и транспорта,
д.т.н., профессор

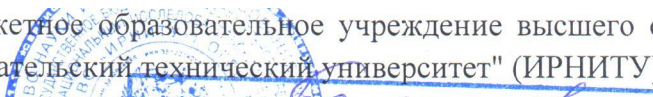

А.Е. Пашков

Заведующий кафедрой
Материаловедения, сварочных
и аддитивных технологий
к.т.н., доцент


А.Е. Балановский

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова 83,
тел/факс 8 (3952) 405-100, 405-009,
e-mail: info@istu.edu

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
"Иркутский национальный исследовательский технический университет" (ИРНИТУ)



20

