

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Логачева Ивана Александровича на тему «Исследование режима легирования и процесса плавки жаропрочного титанового сплава СТ6У с целью совершенствования технологии и повышения служебных характеристик готового изделия», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

Работа посвящена решению актуальной научно-технической задачи металлургии сплавов цветных металлов, а именно титановых, применяемых в качестве жаропрочного материала для нужд авиационной и космической техники, в том числе для изготовления авиационных газотурбинных и ракетных двигателей, а именно для повышения эффективности этих сплавов за счет увеличения рабочей температуры двигателей до 800 вместо 650-700 °С, исключения окисления титановых сплавов при их изготовлении и эксплуатации.

Диссертантом предложено повышение эффективности производства и эксплуатации титановых сплавов путем совмещения методов традиционной металлургии (а именно вакуумно-дугового переплава с продувкой ванны аргоном) и грануляции сплава дополнительными элементами центробежным их распылением для повышения однородности распределения легирующих элементов и титана. Следует отметить, что автором работы успешно решены поставленные им в диссертационной работе задачи, что отражено в выводах по работе. Получены также положительные практические результаты диссертационной работы.

Несомненным достоинством диссертации является получение рационального состава титанового сплава типа СТ6У с обеспечением искомого диссертантом комплекса эксплуатационных – служебных характеристик.

В работе диссертантом используются современные методы исследования такие, как оптические и электронные микроскопы, рентгенофлуоресцентный анализ, атомно-абсорбционный анализ, метод восстановления плавлением, рентгенорадиометрический анализ, испытание механических свойств при комнатной и повышенной температурах, методов статистической обработки данных и др. исследования и испытания, выбранные автором для подтверждения достоверности результатов исследований. Текст диссертации и автореферата проверен на отсутствие плагиата.

Замечания по автореферату диссертационной работы.

1. На стр. 4 автореферата указано «Исследование и оптимизация...»: какие математические методы оптимизации режимов легирования и процесса плавки предлагаются в диссертационной работе?

2. Следует отметить, что по тексту автореферата имеются отдельные грамматические ошибки.

3. По пп. 1 и 2 научной новизны: почему в работе рассматривается в качестве основной легирующей добавки только вольфрам, хотя эффективность таких элементов, как осмий и технеций, для повышения однородности распределения титана выше? На стр. 11 автореферата, правда, указано, что применение последних двух элементов ограничено по экологическим соображениям. Какие это соображения?

Несмотря на указанные замечания, в целом, работа характеризуется высоким научно-техническим уровнем. Диссертация соответствует требованиям п. 9 "Положения о присуждении ученых степеней" ВАК, а соискатель – Логачев Иван Александрович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Металлургия черных, цветных и редких металлов.

Александр Борисович Сычков

455000, г. Магнитогорск, Челябинской обл., пр. Ленина, 38, каф. Литейного производства и материаловедения, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Тел. /3519/ 29-85-64, absyckov@mail.ru.

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ
Начальник ОД ФГБОУ ВПО
"МГТУ" им.Г.И.Носова

Подпись И.В. Вондаренко

Отзыв на автореферат

диссертации ЛОГАЧЕВА ИВАНА АЛЕКСАНДРОВИЧА «Исследование режима легирования и процесса плавки жаропрочного титанового сплава СТ6У с целью совершенствования технологии и повышения служебных характеристик готового изделия», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Metallurgy черных, цветных и редких металлов

Учитывая растущее применение сплавов на основе титана в областях, где требуются высокая удельная прочность и жаропрочность в сочетании с высокой коррозионной стойкостью, представленные в работе исследования, посвященные совершенствованию и оптимизации технологических процессов для получения сложных комбинированных деталей из высокожаропрочных титановых сплавов являются, несомненно, актуальными.

В работе И.А. Логачева показано, что использование сочетания традиционной металлургии и гранульной технологии, позволяет получить глубокое диспергирование структурных составляющих, а также, при более высоком содержании легирующих элементов, существенно уменьшить уровень ликвации и повысить однородность дисперсной структуры. Использование горячего изостатического прессования (ГИП), при котором протекают твердофазные реакции между структурными и фазовыми составляющими, сформированными в гранулах, позволяет достигать практически беспористой структуры и, как следствие, улучшить механические свойства для многокомпонентных титановых сплавов склонных к ликвации.

Применение комплекса физико-химических методов на современной аппаратуре, использованного на разных этапах работы, таких как, оптическая и электронная микроскопия, РФА, РСА, ИК-спектроскопия, атомно-абсорбционный анализ, не оставляет сомнений в достоверности полученных результатов.

Особенно важным, на мой взгляд, является применение современных расчетных методов на основе электронной теории сплавов (Density Functional Theory, DFT) для комплексного анализа влияния элементов легирования, на силы связи атомов в матрице. Определены критерии, выраженные в виде соотношения элементов состава лигатуры для производства опытного сплава СТ6У.

Работа привлекает к себе цельностью, последовательностью, множеством интересных расчетных и экспериментальных данных и, главное, получением компактных заготовок типа «корпус» из жаропрочного титанового сплава СТ6У, с использованием предложенной в работе технологии. Это является однозначным доказательством практической значимости представленной диссертации.

В качестве замечания, следует отметить отсутствие в автореферате микроструктур, визуально подтверждающих высокую плотность и беспористость образцов. Это замечание не снижает высокий уровень представленной работы.

Основные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях и доложены на ряде российских и международных конференций.

Можно считать, что по актуальности, научной новизне, экспериментальной проработке и практической значимости полученных результатов, а также сформулированных выводов, представленная диссертационная работа соответствует требованиям ВАК, а ее автор Логачев Иван Александрович достоин присвоения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

Д. физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник
химического факультета МГУ
имени М.В. Ломоносова,
профессор

119991, Москва,
Ленинские горы, д.1 стр.3
(495) 939 1292
fadeeva@general.chem.msu.ru

fadeeva

/ Фадеева Виктория Ивановна /





**ОТКРЫТОЕ
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
"БАЛАШИХИНСКИЙ ЛИТЕЙНО -
МЕХАНИЧЕСКИЙ ЗАВОД "**

143900, Балашиха, Московская область
Западная промзона ш. Энтузиастов д.4
Тел.: 521-78-83
Факс: 521-15-21

06.11.14 № 2400

На № _____ от _____

Отзыв

На автореферат диссертации Логачева Ивана Александровича «Исследование режима легирования и процесса плавки жаропрочного титанового сплава СТ6У с целью совершенствования технологии и повышения служебных характеристик готового изделия», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

Задача получения деталей из титановых сплавов, работающих при температуре 800°C и выше, с сохранением, при этом, прочностных и служебных характеристик, является одним из перспективных направлений металлургической и машиностроительной промышленности страны.

В последние годы этот вопрос решают многие исследователи. Однако переход от лабораторных исследований к практическому внедрению жаропрочных титановых сплавов сдерживается из-за ряда особенностей и недостаточной изученностью технологии получения этих сплавов. Поэтому научно-техническое обоснование, которое представлено в диссертационной работе Логачева И.А. актуально и не вызывает сомнений.

Автор применил комплексный подход при разработке и получения опытного сплава СТ6У – от анализа влияния легирующих элементов, грануляции сплава, применение технологии ГИП – до получения опытной заготовки «корпус» для изделий ракетно-космической техники.

Положения, выносимые на защиту, обоснованы хорошим согласованием экспериментальных и расчетных данных, полученных с применением аналитического и компьютерного моделирования.

По тексту автореферата имеются следующие замечания:

1. В главе 3 не приведены составы применяемых ранее лигатур и не разъяснены их недостатки.
2. На рисунке 11 не понятно, что значения прочности отложены на логарифмической шкале.

Данные замечания носят рекомендательный характер и не снижают общего высокого уровня работы.

Работа Логачева Ивана Александровича удовлетворяет требованиям ВАК к кандидатским диссертациям по специальности 05.16.02 «Металлургия черных, цветных и редких металлов», ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Заместитель генерального директора
Директор титанового производства
Кандидат технических наук

Шитов С.В.

Подпись заместителя генерального директора – директора титанового производства Шитова Сергея Владимировича подтверждаю

Генеральный директор



Иванов С.В.

ОАО «Балашихинский литейно-механический завод»
143900, Московская область г. Балашиха, Западная промзона,
ш. Энтузиастов, д.4

Тел. (495) 524-92-15
Факс (495) 521-15-21



Открытое акционерное общество
**«Ведущий научно-исследовательский
институт химической технологии»
(ОАО «ВНИИХТ»)**

Каширское ш., д.33, Москва, 115409
Телефон: (499) 324 61 55 Факс: (499) 324 54 41
e-mail: info@vniiht.ru
ОГРН 5087746165910
ИНН 7724675770, КПП 772401001

Ученому секретарю
диссертационного совета
Д.212.132.02
А.В.Калтыгину

10.11.14 г. № 36-02/05

На № _____ от _____

117936 г. Москва, Ленинский пр-т, 4

ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации И.А.Логачева «Исследование режима легирования и процесса плавки жаропрочного титанового сплава СТ6У с целью совершенствования технологии и повышения служебных характеристик готового изделия», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 –
Металлургия черных, цветных и редких металлов.**

На протяжении более 50 лет продолжают исследование и разработка титановых сплавов для нужд аэрокосмической техники, включая авиационные газотурбинные и ракетные двигатели. Значительный объем исследований по этой тематике в настоящее время выполняется во многих ведущих научных организациях и компаниях: ФГУП «ВИАМ», ОАО «ВИЛС», ИМЕТ РАН, Корпорация «ВСМПО-АВИСМА», ОАО «СМК», «ROLLS-ROYCE PLC», «GENERAL ELECTRIC COMPANY». Это привело к тому, что в современных силовых установках массовая доля титана и сплавов на его основе приближается к 40 %, и тенденция к ее увеличению сохраняется. Поэтому перед разработчиками сплавов и космической техники стоит постоянная задача повышения эксплуатационных характеристик разрабатываемых материалов: снижение масс-габаритных характеристик техники при одновременном повышении температуры эксплуатации.

Понимание соискателем актуальности тематики исследования позволило четко сформулировать цель работы и задачи исследования для достижения поставленной цели. Подтверждением актуальности работы может служить то, что данные работы И.А.Логачева вошли составной частью в результаты НИР по государственному контракту от 26.04.2011 № 836-М114/11 между Федеральным космическим агентством и ОАО «Композит», НИР «Селон», выполняемому в рамках ФЦП «Разработка, восстановление и организация производства стратегических дефицитных и импортозамещающих материалов и малотоннажной химии для вооружения,

военной и специальной техники на 2009-2011 годы и на период до 2015 года», раздел 1 (постановление Правительства Российской Федерации от 11 сентября 2008 г. № 658-25).

Логачевым И.А. выполнен большой объем исследований:

- обоснование и выбор легирующих элементов в титановых сплавах;
- выбор состава лигатуры, обеспечивающий качество получаемого слитка, и отработка технологии изготовления лигатуры;
- изготовление слитка исследуемого сплава с применением выбранной лигатуры с оценкой свойств, в особенности, ликвации вольфрама;
- оценка свойств образцов сплава, полученных методом металлургии гранул.

Это подтверждает научную новизну и практическую значимость работы. Результаты работы доложены на 4 международных научных конференциях в РФ и за рубежом, по теме работы диссертации опубликовано 4 работы, подана заявка на патент.

В диссертации использован широкий круг методов анализа состава, структуры и свойств полученных материалов, что наряду с большим количеством экспериментов создает уверенность в достоверности представленных результатов.

По автореферату необходимо сделать следующее замечание: на стр. 13 соискатель приводит данные по расчету адиабатической температуры металлотермического получения лигатуры W-Ti-Al, называя ее температурой горения. Считаю, что в данном случае наиболее употребим термин «расчетная адиабатическая температура процесса».

В целом, работа выполнена на высоком научном и техническом уровне, полученные результаты достоверны и имеют практическое значение. Работа отвечает всем требованиям ВАК России, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а Логачев И.А.. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

ВРИО начальника отделения,
канд. техн. наук
Начальник лаборатории,
канд. физ.-мат. наук



А.П.Паршин

С.А.Мельников

Подпись С.А.Мельникова удостоверяю

Ученый секретарь ОАО «ВНИИХТ»
канд. техн. наук



С.Л.Кочубеева

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«КОРПОРАЦИЯ ВСМПО-АВИСМА»

Форма № 2840-Вз-А15-0



14 НОЯ 2014

№ 923/36945

УТВЕРЖДАЮ:



Директор по науке и технологиям

ОАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА»

М.О. Ледер

2014г.

ОТЗЫВ

На автореферат диссертационной работы Логачева Ивана Александровича «Исследование режима легирования и процесса плавки жаропрочного титанового сплава СТ6У с целью совершенствования технологии и повышения служебных характеристик готового изделия», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Металлургия черных, цветных и редких металлов.

Актуальность для науки и практики

Для изделий ракетно-космической техники (РКТ) растет необходимость снижения массогабаритного параметра, и повышение температуры эксплуатации до 800°C при существующем пределе до 650-700°C.

Задача получения сложнопрофильных деталей из титановых сплавов может быть эффективно решена применением технологической схемы, включающей получение слитка методом традиционной металлургии и грануляцию центробежным распылением. Последующее компактирование

гранул позволяет получать заготовки или детали, имеющие равномерную структуру и химический состав.

Как и для любой технологии, помимо конечного продукта требуется и исходный материал. Для металлургии гранул – это слиток определенного диаметра и длины.

В связи с этим диссертационная работа Логачева И.А. по получению качественного изделия путем решения комплексной задачи: от выбора состава сплава, исследования и оптимизация режимов легирования и процесса плавки жаропрочного титанового сплава СТ6У для равномерного распределения вольфрама по слитку, до выбора параметров технологических операций, обеспечивающих требуемые свойства готового изделия представляется актуальной.

Структура и содержание работы.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, основных выводов, списка литературы.

Автор провел анализ большого числа литературных источников по исследуемому вопросу, структурировал и систематизировал известные результаты.

Анализ научной литературы показал, что существует проблема получения гомогенных слитков титановых сплавов, связанная с условиями выплавки в вакуумно-дуговой печи. Поэтому необходимо обеспечение равномерного распределения шихтовых материалов в расходуемом электроде. Это выполнимо при обеспечении определенных требований к шихтовым материалам. Применение технологии центробежного распыления позволяет получать гомогенные изделия сложной формы.

Методами электронной теории сплавов проведен расчет парциальных энергий когезии химических элементов в α и β фазах титана. Показано, что для увеличения сил связи в матрице рекомендуется легирование W, Ru, Re, Mo, Ir, Ta, Nb.

Предложены условия разработки нового состава лигатуры и проведен расчет этого состава: Ti- 40%, W- 30% и Al-30% масс. Выбран способ плавки лигатуры в вакуумно-дуговой печи с нерасходуемым вольфрамовым электродом. Далее была отработана технология получения гомогенной лигатуры путем расплава сначала лигатуры Ti-Al на 40°C выше температуры ликвидус сплава Ti-Al (~1550°C), затем к слитку Ti-Al добавляют необходимое количество вольфрама, который размещается над слитком Ti-Al.

Приведены результаты исследования размола и усреднения лигатуры, показано, что окисление начинается уже при крайне низком значении температуры нагрева, нагрев титана всего на 200°C приводит к приросту кислорода на 0,06% подачи 10 л/мин аргона в рабочее пространство достаточно, для того, чтобы не наблюдалось прироста кислорода в лигатуре.

Рассчитана предельная растворимости кислорода (0,17% вес) при равновесном парциальном давлении $0,26 \cdot 10^{-12}$ Па, азота при давлении 0,132 Па в расплаве.

Деазотация сплавов титана ни при вакуумной дегазации, ни при связывании азота в стойкие нитриды (рисунок 6) ни теоретически, ни практически не возможна.

Показано, что применение новой лигатуры позволило снизить разброс вольфрама по сечению слитка с 10% до 5% отн.

Приведены результаты проведения процессов распыления и исследования свойств жаропрочного титанового сплава СТ6У после компактирования в сравнении с BT18У и BT25У

С увеличением температуры отжига масса заготовок увеличивается по экспоненциальной зависимости, при этом наибольшее увеличение массы заготовки наблюдалось у сплава BT25У, наименьшее у сплава BT18У, сплав СТ6У занимает промежуточное положение

Сплав СТ6У по характеристикам длительной прочности занимает промежуточное положение между известными сплавами BT18У и BT25У

Основные научные результаты и их значимость для науки и производства

Новыми в работе являются следующие результаты:

Установлена иерархия ряда легирующих элементов – Os, Tc, W, Ru, Re, Mo, Ir, Ta, Nb, Pt, Y, Pd – по их влиянию на когезивную прочность α - и β - фаз

Установлены критерии, выраженные в виде соотношения элементов состава лигатуры для производства опытного сплава СТ6У, позволяющее снизить угар элементов при вакуумно-дуговой плавке и обеспечить равномерное распределение вольфрама по телу слитка.

Практическое значение результатов определяется следующим:

Разработан новый состав лигатуры Ti-(28-32)W-(28-32)Al.

Разработана опытно-промышленная технология производства гранул сплава СТ6У.

Получены компактные заготовки типа «корпус» из жаропрочного титанового сплава СТ6У для изделий ФГУП «КБХимМаш».

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Считаем целесообразным развивать исследования, направленные на разработку методов получения изделий из жаропрочных титановых сплавов. Соответственно, результаты выполненных исследований могут быть интересны предприятиям, работающим в космической и авиационной отраслях.

Общие замечания

1) В первой главе (стр. 8 автореферата) сделан вывод, о том, что дальнейшее повышение жаропрочности и жаростойкости титановых сплавов неразрывно связано с повышением содержания тугоплавких элементов в составе сплава или созданием сплава на базе интерметаллида Ti-Al. На данный момент достаточно интенсивно разрабатывается класс сплавов на основе интерметаллида Ti_2AlNb , создание композитных материалов и др. Почему автор считает не перспективным эти направления?

2) Почему не приведены данные парциальной молярной энергии когезии для Al, Zr, Sn, V, Fe, Mn, которые являются распространенными легирующими элементами, а Al, Zr имеют существенную долю в сплаве СТ6?

3) Представления, основывающаяся на анализе силы связи атомов в сплаве пытаются применять для жаропрочных никелевых сплавов, которые можно считать псевдо однофазными. Рассмотренный титановый сплав является ярко выраженным представителем двухфазных сплавов, для которых границы раздела фаз и различное распределение элемента между фазами являются значимым фактором в формировании прочностных свойств. Можно ли применять вышеуказанные представления для двухфазных сплавов?

4) В автореферате и диссертации не приводится никаких данных по методике расчета парциальной молярной энергии когезии.

5) Все расчеты по приросту доли кислорода и расходу аргона в процессе дробления сделаны в предположении нагрева лигатуры на 200°C. Проводился ли эксперимент по измерению температуры нагрева в процессе дробления? Как результаты измерения согласуются с предположением?

6) В автореферате (стр. 15,16) не указан способ определения прироста кислорода в лигатуре: на поверхности кусочков или каким-то усреднением по объему (например, сплавлением пробы).

7) Не приведено никаких данных о содержании и равномерности распределения гафния в слитках.

8) Приведенные данные длительной прочности (стр.23 рис.11) не согласуются с известными данными. Сплав ВТ18У должен выдерживать 100 часов до разрушения при нагрузке не менее 275 МПа при температуре 600°C. Типичным значением при этом является 300-320 МПа. В приведенных данных указаны на 2 порядка меньшие величины.

Однако высказанные замечания не снижают ценности представленной работы.

Заключение

В целом диссертационная работа Логачева Ивана Александровича «Исследование режима легирования и процесса плавки жаропрочного титанового сплава стбу с целью совершенствования технологии и повышения служебных характеристик готового изделия» является законченной научно-квалификационной работой, содержащей новое решение актуальной научно-технической задачи, имеющей важное хозяйственное значение.

Научные и практические результаты диссертации отражены в рецензируемых научных журналах, определенных ВАК (4 статьи). Также по результатам работы была подана заявка на патент.

По объему, публикациям, научной новизне, достигнутым результатам отраженных в автореферате, работа Логачева И.А. соответствует предъявляемым требованиям к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Металлургия черных, цветных и редких металлов.

Начальник отдела металловедения

титановых сплавов и интерметаллидов НТЦ, к.т.н.  Н.В. Щетников

Начальник отдела

аналитического обеспечения НТЦ



А.В. Волков



ЭЗТМ



ISO 9001
FM 90597



ЭЛЕКТРОСТАЛЬСКИЙ ЗАВОД ТЯЖЕЛОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

ОАО «ЭЗТМ»
144000 Россия, Московская обл.,
г. Электросталь, ул. Красная 19
Тел.: (495)702-97-57, (496)577-72-42
Канцелярия: тел. (496)577-73-20
Факс: (496)577-73-04, (496)577-73-42
e-mail: eztm@eztm.ru website: www.eztm.ru
телетайп №346326, «Береза»
Расчетный счет: № 40702810606100540246
В ЭФ Банк «Возрождение» г. Электросталь
к/с 30101810900000000181, БИК 044525181
ОАО Банк «Возрождение» г. Москва
ИНН 5053000564, КПП 509950001
ОКПО 05744403, ОКВЭД 29.51

От 18.11.14 № 99-13/1039

На № _____ от _____

119049, г. Москва,
Ленинский пр., 4
НИТУ «МИСиС»

ОТЗЫВ

На автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук «Исследование режима легирования и процесса плавки жаропрочного титанового сплава СТ6У с целью совершенствования технологии и повышения служебных характеристик готового изделия»
Логачева Ивана Александровича.

Представленная диссертационная работа посвящена исследованию и разработке титановых сплавов и повышению эксплуатационных свойств изделий из них для нужд авиационной и космической промышленности.

Несмотря на то, что наука и техника активно развивается в данном направлении более 50 лет благодаря исследованиям и внедрениям мировых и отечественных институтов, требования к надежности и долговечности работы ответственных деталей узлов газотурбинных и ракетных двигателей постоянно растут. В последние годы наиболее важным показателем высокой надежности двигателя является отсутствие снижения эксплуатационных свойств деталей во время работы при высоких температурах до 700°C.

Особую актуальность данной проблеме придает ее направленность на производство стратегических, дефицитных и импортозамещающих материалов для вооружения и военной техники в сложившихся условиях на мировой арене.

Получение альтернативного существующим в России жаропрочного сплава на основе титана с сопоставимыми и более высокими эксплуатационными свойствами является важной задачей в увеличении ресурса работы узлов авиационной и космической промышленности.

Кроме этого, в работе предложен новый состав лигатуры для плавки сплава СТ6У, разработан технологический процесс получения гранул жаропрочных титановых сплавов с фракционным составом менее 250мкм и усовершенствована технология получения лигатуры, обеспечивающая безокислительный процесс измельчения.

Решению этих фундаментальных и практических вопросов и посвящена представленная работа, что делает ее результаты актуальными в современных условиях.

В диссертации представлен широкий аналитический обзор научной литературы. Рассмотрены вопросы, связанные с производством жаропрочных зарубежных и отечественных сплавов, обладающих различными эксплуатационными свойствами, в зависимости от назначения и условий работы изделия. Показано влияние температуры на газонасыщение Ti и сплавов на его основе, что существенно понижает механические свойства готовых деталей. Оценены преимущества и недостатки различных способов производства лигатур для жаропрочных сплавов. Проанализированы проблемы получения гомогенных слитков из титановых сплавов, связанные с ликвацией и структурной неоднородностью. Отмечено отсутствие информации в источниках свободного доступа о влиянии термической обработки на свойства конечного изделия, о готовых корпусных деталях, полученных способом центробежного распыления.

В работе применено компьютерное моделирование и расчет в программе Thermo-Calc, в которой построена тройная диаграмма Ti-Al-W при температуре 1700°C, заданы краевые условия и получен оптимальный состав лигатуры (Ti-40%, Al-30%, W-30%), близкой по температуре плавления к температуре плавления получаемого сплава.

Изучены процессы получения лигатуры с помощью металлотермии и вакуумнодуговым способом с трехкратным переплавом, с целью усреднения

химического состава. Автором диссертационной работы предложен способ измельчения лигатуры, проведен анализ взаимодействия кислорода с мелкой фракцией титансодержащего сплава, выполнены расчеты прироста кислорода и проведены практические испытания, подтверждающие необходимость создания особых условий, при подготовке лигатуры и при плавке сплава.

В результате исследований и разработок автором достигнут требуемый положительный результат и предложен способ получения изделий из жаропрочного сплава на основе титана, а также подробно расписана технология подготовки лигатуры оптимального состава.

Особо стоит отметить, что работа имеет практическое опробование на ФГУП «КБХимМаш» и представлялась не только на отечественных, но международных конференциях.

Диссертантом корректно оформлен автореферат. Четко поставлена цель работы, выбраны объекты для разработки и исследований, определены методы их изучения, грамотно представляются полученные теоретические и практические результаты, четко изложены выводы.

Приведенные диссертантом теоретические, расчетные, экспериментальные и практические данные и результаты являются серьезным вкладом в металлургическую науку и практику и свидетельствуют о высокой научной квалификации диссертанта.

Выводы по работе отражают все полученные результаты диссертации.

При общей положительной оценке работы имеются следующие замечания: в работе мало внимания уделено преимуществам и недостаткам существующей технологии получения жаропрочных сплавов и изделий из них на примере ВТ18У, ВТ25У и др. в сравнении с предлагаемым способом изготовления. Практически не рассмотрена экономическая целесообразность применения предлагаемого сплава, легированного вольфрамом и особыми требованиями к шихтовым материалам с высокими затратами на получение лигатуры, в сравнении с применяемыми в настоящее время жаропрочными сплавами, легированными цирконием, молибденом, оловом и др.

Основное содержание работы полно отражено в печатных работах.

Считаю, что в целом выполненная работа имеет актуальный поисковый

научный характер, отвечает требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор работы – Логачев Иван Александрович – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - “Металлургия черных, цветных и редких металлов”.

Технический директор
ОАО «ЭЗТМ», к.т. н.



Степанов А. В.



ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА



«ЭТАЛОН»

455030, Челябинская область, г. Магнитогорск, Западное шоссе, 15
тел. (3519) 580-155, ф.499-195, mail@ntpf-etalon.ru
Р/с 40702810500000103346 в ОАО «Кредит Урал Банке» г. Магнитогорска. К/с
30101810700000000949
ИНН 7446004950.КПП 744601001. БИК 047516949. ОКПО 21600649. ОКОНХ 14811
ОГРН 1027402233110. ОКВЭД 73.10,28.11,28.12.

ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Логачева Ивана Александровича
«Исследование режима легирования и процесса плавки
жаропрочного титанового сплава СТ6У с целью совершенствования
технологии и повышения служебных характеристик готового
изделия», представленной на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия
черных, цветных и редких металлов**

Представленная диссертационная работа Логачева И.А. посвящена важной и актуальной теме – повышению качества деталей из титановых сплавов, применяемых в авиационной и космической технике. В процессе работы исследовано влияние различных легирующих элементов на когезивную прочность α - и β -фаз в титановых сплавах и выбраны наиболее эффективные; выбран состав вольфрамсодержащей лигатуры, которая обеспечила необходимое качество получаемого слитка и отработана технология получения этой лигатуры; разработанная лигатура применена при выплавке жаропрочного сплава СТ6У, при этом оценены свойства полученного сплава, в частности, степень ликвации вольфрама, которая оказалась

ниже, чем при традиционном методе выплавки (5% по сравнению с 10 %); кроме того, было определено, что механические свойства заготовок из опытного сплава СТ6У не уступают свойствам заготовок из сплавов ВТ18У и ВТ25У.

Также работа имеет высокую практическую ценность. Результаты исследований использованы для получения компактных заготовок типа «корпус». Заготовки являются герметичными, в них отсутствуют трещины, несплошности и свищи. Все это свидетельствует об актуальности темы исследования, научной новизне и значительных прикладных перспективах полученных научно-технических результатов.

Считаю, что работа удовлетворяет требованиям, предъявляемым к таким работам, а ее автор Логачев И.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Начальник группы НИОКР, к.т.н.



 Манашев И.Р.

455030, Магнитогорск, Западное шоссе, 15

(3519) 580-155

mail@ntpf-etalon.ru

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Логачева И.А.

"Исследование режима легирования и процесса плавки жаропрочного титанового сплава СТ6У с целью совершенствования технологии и повышения служебных характеристик готового изделия",
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.16.02 – Metallurgy черных, цветных и редких металлов

На сегодняшний день одним из актуальных направлений научных исследований в области ракетостроения является создание жаропрочных титановых сплавов вместо стали и никелевых сплавов без потери эксплуатационных свойств деталей. Представленная диссертационная работа Логачева И.А. посвящена исследованию и оптимизации режимов легирования и процесса плавки жаропрочного титанового сплава СТ6У для равномерного распределения легирующих элементов, в частности вольфрама по слитку с целью повышения служебных характеристик корпусных деталей жидкостных ракетных двигателей. В работе представлен обширный теоретический и экспериментальный материал, обобщающий результаты исследований как физико-химических, так и механических свойств, а также, научно-обоснованной технологии получения лигатуры, слитков титанового сплава и компактных заготовок методом металлургии гранул с использованием современного исследовательского оборудования.

Научные результаты диссертационной работы Логачева И.А., которые обуславливают ее научную значимость, заключаются в следующем: установлена иерархия ряда легирующих элементов по их влиянию на когезивную прочность α - и β - фаз в титановых сплавах, и показана их наибольшая эффективность; определены критерии, выраженные в виде соотношения элементов состава лигатуры для производства опытного сплава СТ6У, позволяющее снизить угар элементов при вакуумно-дуговой плавке и обеспечить равномерное распределение вольфрама по телу слитка, что позволяет регулировать температуру плавления лигатуры и режим образования интерметаллидов; показано, что на стадии размол лигатуры потеря легирующих элементов определяется окислением нагретых измельченных образцов при взаимодействии с атмосферой. Установлено, что размол в проточной атмосфере аргона с его оптимальным расходом позволяет снизить температуру нагрева измельченных образцов и исключить потери элементов за счет окисления.

Результаты диссертационной работы апробированы на международных и всероссийских научно-технических конференциях. Опубликовано 4 печатные работы, в том числе, 3 статьи рецензируемых научных журналах, подана заявка на патент РФ.

Диссертационная работа Логачева И.А. представляет собой завершённую научно-квалификационную работу. По своей актуальности, научной новизне и практической значимости диссертационная работа Логачева И.А., соответствует Положению о ВАК «Положению о порядке присуждения ученых степеней». Автор диссертационной работы, Логачев Иван Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов.

Сульман Михаил Геннадьевич

170026 г. Тверь, наб. А.Никитина, 22

+74822449317 sulman@online.tver.ru

Тверской государственный технический университет

Заместитель проректора по научной работе ТГТУ, д.х.н., профессор,

зав. кафедрой стандартизации, сертификации и управления качеством.



Подпись

Сульман М.Г.
УДОСТОВЕРЯЮ

Учёный секретарь
Тверского государственного
технического университета



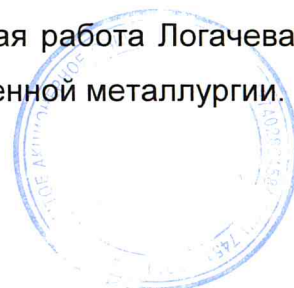
ОТЗЫВ НА АВТОРЕФЕРАТ КАНДИДАТСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Логачева Ивана Александровича

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМА ЛЕГИРОВАНИЯ И ПРОЦЕССА ПЛАВКИ ЖАРОПРОЧНОГО ТИТАНОВОГО СПЛАВА СТ6У С ЦЕЛЬЮ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ И ПОВЫШЕНИЯ СЛУЖЕБНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГОТОВОГО ИЗДЕЛИЯ

на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 -
«Металлургия чёрных, цветных и редких металлов»

Представленная работа имеет перспективное применение в авиации и ракетно-космической технике с учетом необходимости снижения массы деталей без потери эксплуатационных свойств. Поставленная цель работы оптимизация режимов легирования жаропрочного титанового сплава СТ6У для равномерного распределения вольфрама по слитку актуальна, так как напрямую влияет на повышения служебных характеристик корпусных деталей жидкостных ракетных двигателей. Также актуальность работы подтверждена выполнением её в соответствии с НИР по проекту Федеральная целевая программа «Разработка, восстановление и организация производства стратегических дефицитных и импортозамещающих материалов и малотоннажной химии для вооружения, военной и специальной техники на 2009-2011 годы и на период до 2015 года». Таким образом, диссертационная работа Логачева Ивана Александровича является значимой и актуальной в современной металлургии.



В настоящее время все актуальнее становится задача получения сложнопрофильных деталей из титановых сплавов с применением технологической схемы, включающей получения слитка методом традиционной металлургии и грануляцию центробежным распылением.

В своей работе автор установил иерархию ряда легирующих элементов влияющих на когезивную прочность α – и β – фаз в титановых сплавах и показал, что наибольшая эффективность зависти от следующих элементов: Os, Tc, W, Ru и Re. Кроме этого, определены соотношения элементов состава лигатуру для производства сплава СТ6У, что позволило снизить угар элементов при вакуумно-дуговой плавке и снизить разброс вольфрама по сечению слитка с 10 % до 5 %. При этом автор усовершенствовал конструкцию щековой дробилки, обеспечивающая безокислительный размол гранул.

В целом полученные автором результаты выполненных исследований теоретически обоснованы, достоверны, содержат новизну и практическую ценность.

Замечания к автореферату. Выполненная работа основывается только на опытных образцах сплава СТ6У без промышленных испытаний. Это замечание не снижает достоинств диссертационной работы Логачева И.А.

В заключение следует отметить, что диссертационная работа Логачева И.А. «Исследование режима легирования процесса плавки жаропрочного титанового сплава СТ6У с целью совершенствования технологии и повышения служебных характеристик готового изделия» полностью отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Логачев И.А. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности – 05.16.02 «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Руководитель проекта ЭСПЦ

А.Г. Ряполов

Ведущий инженер-технолог
проекта ЭСПЦ, к.т.н.
13.11.2014 г.

С.А. Ботников

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Логачева Ивана Александровича
«Исследование режима легирования и процесса плавки жаропрочного титанового сплава СТ6У с целью совершенствования технологии и повышения служебных характеристик готового изделия», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Тема диссертационной работы Логачева И.А. посвящена решению актуальной научной и практической задачи повышения качества полуфабрикатов новых жаропрочных титановых сплавов, предназначенных для работы до 800°C. Для обеспечения высоких характеристик жаропрочности этих материалов их легируют выше предела растворимости в α -фазе сильно отличающимися по своим физикохимическим свойствам элементами такими, как Al и W. Это создает технологические трудности получения качественных полуфабрикатов однородных по своему химическому составу, а, соответственно, по структуре и свойствам.

В диссертационной работе Логачева И.А. эта проблема решается за счет разработки лигатуры оптимального состава для получения жаропрочного сплава СТ6 и перехода к гранульной технологии получения полуфабриката. Для обеспечения такой возможности в диссертационной работе реализованы теоретические и экспериментальные исследования, позволившие не только определить требуемый состав лигатуры, но и разработать технологию ее получения, включенную в схему изготовления полуфабрикатов жаропрочного титанового сплава гранульным методом.

Достоверность полученных результатов и сделанных выводов подтверждает полностью реализованный в производстве технологический процесс от получения разработанной лигатуры, переработки слитков в гранулы до получения готовых полуфабрикатов для изготовления конкретных деталей техники. Испытания механических свойств полученного материала при нормальной и высокой (до 800°C) температуре показали, что их уровень не уступает свойствам широко используемым в качестве жаропрочного материала сплавам ВТ18У и ВТ25У, а в некоторых аспектах и превосходят их.

Замечаний по тексту автореферата нет. Считаю, что диссертационная работа Логачева И.А. является законченной исследовательской работой, посвященной

актуальной научной теме разработки технологии получения жаропрочных титановых сплавов с высоким регламентированным уровнем свойств, имеющей важное практическое значение. По содержанию, научной новизне и практической значимости она удовлетворяет требованиям ВАК РФ, а ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Ильин Александр Анатольевич,
академик РАН, профессор, д.т.н.
заведующий кафедрой «Материаловедение
и технология обработки материалов»
федерального бюджетного образовательного
учреждения высшего профессионального
образования «МАТИ – Российский
государственный технологический
университет имени К.Э. Циолковского»
8-499-141-95-88
ilinaa@mati.ru

Коллеров Михаил Юрьевич,
профессор, д.т.н.
профессор кафедры «Материаловедение
и технология обработки материалов»
федерального бюджетного образовательного
учреждения высшего профессионального
образования «МАТИ – Российский
государственный технологический
университет имени К.Э. Циолковского»
8-499-141-94-62
kollеров@gmail.com

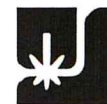
Подписи Ильина А. А. и Коллерова М. Ю. удостоверяю
Ученый секретарь диссертационного совета Д212.110.04



Скворцова С.В.



“ПРОМЕТЕЙ”



Государственный научный центр

ОТЗЫВ НА АВТОРЕФЕРАТ

диссертационной работы Логачева Ивана Александровича тему «Исследование режима легирования и процесса плавки жаропрочного титанового сплава СТ6У с целью совершенствования технологии повышения служебных характеристик готового изделия», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

Проблема повышения качества конструкций авиакосмического назначения требует самого пристального внимания, т.к. позволяет существенно повысить ресурс и надежность изделий, снизить массогабаритные параметры. Наиболее перспективным материалом этого назначения является титан и его сплавы, о чем говорит постоянное повышение массовой доли титана в общей массе конструкций авиакосмической техники. В частности, в современных газотурбинных двигателях доля титана составляет уже до 40%, а в спускаемых космических аппаратах – до 95 %.

Другой проблемой является повышение требований к жаропрочным титановым сплавам, в частности, повышение температуры эксплуатации деталей и узлов газотурбинных двигателей до 800°С. В связи с этим работа Логачева И.А. является актуальной и практически значимой, т.к. позволяет за счет разработки состава материала и технологии изготовления компактных заготовок с повышенными характеристиками жаропрочности повысить тактико-технические характеристики изделий ракетно-космической техники.



Важным результатом диссертационной работы является теоретическая оценка влияния легирующих элементов на энергию когезии альфа- и бета-фаз в титановых сплавах, на основании которого автором для повышения сил связи в металлической матрице был выбран вольфрам. Новыми данными являются определенные автором критерии, выраженные в виде соотношения элементов состава лигатур, позволяющие повысить качество слитка при вакуумно-дуговой плавке. С этой точки зрения работа автора обладает несомненной научной новизной, а научно-практический интерес вызывает разработанная автором опытно-промышленная технология производства гранул из нового жаропрочного сплава СТ6У.

Практическая значимость работы подтверждена изготовлением компактных заготовок типа «корпус» для изделий ФГУП «КБХимМаш».

Имеются замечания по автореферату:

1. На странице 15 автореферата указано, что «во время размола лигатуры необходимо обеспечить инертную атмосферу, а также, что более значимо, избежать «существенного» нагрева при размоле лигатуры». Однако данные по расходу аргона существенно расходятся. Так, для обеспечения охлаждения необходим расход 25л/мин., а для снижения прироста кислорода - не менее 10 л/мин. Отсюда непонятно, по какому критерию соискателем выбран расход 10 л/мин.
2. Анализ рисунка 7 и таблицы 1 автореферата позволяют сделать вывод, что соискателем выполняется сравнение распределение вольфрама в слитках, полученных с применением «старой» (рис. 7а) и новой (рис. 7б) лигатуры. Остается непонятным, за счет каких механизмов удалось добиться снижения ликвации вольфрама и была ли понятна природа ликвации вольфрама в слитке, изготовленном из «старой лигатуры»?
3. На рисунке 9 показано, что в процессе термической обработки заготовок их масса увеличивается по экспоненциальному закону. В целом следует ожидать, что дифференциальное уравнение газопроницаемости будет иметь решение в виде экспоненты, что и может быть использовано в расчете. Однако соискателем в автореферате не дается пояснений о характере газонасыщения и не приводятся рассуждения о том, почему у этих сплавов различное газонасыщение.
4. В автореферате используются такие словосочетания и выражения, как «создание новой лигатуры, исключаящей недостатки предыдущих», «фракция

усреднялась», «показали приемлемый уровень прочностных характеристик», которые требуют обязательного пояснения или сравнения.

В целом, диссертационная работа Логачева И.А. «Исследование режима легирования и процесса плавки жаропрочного титанового сплава СТ6У с целью совершенствования технологии повышения служебных характеристик готового изделия» выполнена на высоком научно-техническом уровне, представляет собой законченное исследование, имеет актуальность, научную новизну, практическую значимость и соответствует критериям, установленным п.9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

Таким образом, можно заключить, что Логачев И.А. заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Заместитель генерального директора, д.т.н.,
начальник титанового подразделения, с.н.с.



В.П. Леонов

Начальник НИО «Наноматериалы
и нанотехнологии», д.т.н.

П.А. Кузнецов