

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Логачева И.А. “Исследование режима легирования и процесса плавки жаропрочного титанового сплава СТ6У с целью совершенствования технологии и повышения служебных характеристик”

Титановые сплавы, традиционно являясь материалами, применяемыми в авиаракетостроении, обладают рядом преимуществ по физическим и механическим свойствам по сравнению с широко используемыми алюминиевыми сплавами и нержавеющей стали. Однако, использование сплавов на основе титана с традиционным легированием при длительных эксплуатационных воздействиях ограничено температурой 600°C. К настоящему времени как в России, так и за рубежом не существует титановых сплавов с традиционной системой легирования, предназначенных для длительной работы при температуре выше 600°C. Исключение составляют сплавы на основе интерметаллидов титана – гамма – и орто-интерметаллидные титановые сплавы.

1. Актуальность.

Рассматриваемый в работе Логачева И.А. сплав СТ6У был создан более 50 лет назад и предназначался для кратковременного применения (не более 2-х часов) в ракетной технике при температурах до 800°C. Поставленная задача по применению этого сплава не была решена. Однако, композиция сплава, основанная на обеспечении жаростойкости за счет введения W, потенциально может обеспечить заданные параметры. Поскольку с развитием авиации, ракетостроения и появлением новых технических решений растет необходимость, как снижения веса конструкции, так и увеличения температурных интервалов ее использования, то разработка технологий переработки указанного сплава, для его применения при температурах до 800°C, является весьма актуальной.

Из вышеизложенного становится очевидным, что диссертационная работа Логачева И.А., направленная на исследование и усовершенствование технологии выплавки слитка и технологии получения конечного изделия с целью достижения необходимых рабочих характеристик, перспективна и актуальна, как с научной, так и практической точек зрения.

Реализация поставленной задачи осуществлялась прежде всего на основе изучения зависимости механических свойств титановых сплавов от вида и количества легирующих элементов, выбора оптимального химического состава лигатуры для ввода в сплав тугоплавких компонентов, разработкой технологий выплавки слитка и затем получения гранул.

Автором проведен анализ литературных источников по применению отечественных и зарубежных жаропрочных титановых сплавов различных систем легирования и после различных методов обработки, приведены эксплуатационные свойства промышленных титановых сплавов, и рассмотрено влияние легирующих элементов на их эксплуатационные свойства. Автором сделан подробный анализ каждого класса жаропрочных титановых сплавов, показаны их преимущества и недостатки, указаны нерешенные проблемы. Большое внимание автором уделено аспектам современного уровня разработок в области методов получения сплавов на основе титана. Исходя из анализа этих данных, Логачев И.А., делает вывод о возможности повышения жаропрочности титановых сплавов «лишь комплексным совершенствованием технологии, включая этапы получения лигатур для введения легирующих элементов и выплавку непосредственно самих слитков».

Необходимо отметить полноту использования методики оценки применимости литейного сплава для металлургии гранул.

Результаты исследования влияния легирующих элементов на свойства сплавов, получаемых методом гранульной металлургии, выполненные на основании определения значений энергии когезии. Выбран метод получения

лигатуры для введения в сплав СТ6У вольфрама и разработана технология получения вольфрамовой лигатуры заданного химического состава. Разработка метода введения лигатуры является весьма актуальной задачей, поскольку обеспечивает получение слитков равномерного химического состава, не содержащих включения тугоплавких элементов. При исследовании формирования структурно-фазового состояния и механических свойств слитка сплава СТ6У, автором убедительно показано, что использование тройного вакуумного дугового переплава и созданной автором в процессе выполнения работы лигатуры (ВТА-2), является одним из условий достижения равномерности химического и фазового состава слитка из жаропрочного сплава СТ6У, что обеспечило возможность изготовления методом винтовой прокатки прутков диаметром 60 мм.

2. Научная новизна.

Диссертантом на основе детального анализа предложен способ прогнозирования содержания легирующих элементов, что позволяет получить заданные служебные свойства, в том числе при повышенных рабочих температурах, так автор установил, что наибольший эффект для повышения характеристик жаропрочности может быть достигнут при легировании сплава вольфрамом, рением и рутением. Эти факты были реализованы автором для оптимизации диапазонов легирования жаропрочного сплава СТ6У. Автор определил критерии, выраженные в виде соотношения элементов лигатуры, позволяющие обеспечить равномерное распределение вольфрама по всему объему слитка и за счет изменения температуры плавления лигатуры регулировать режим образования интерметаллидов.

3. Практическая ценность.

В диссертации получен целый ряд результатов, имеющих важное практическое значение. Прежде всего, это относится к разработке состава и

технологии получения лигатуры Ti-W-Al, применение которой исключает возможность образования в процессе плавки включений вольфрама и обеспечивает получение слитка с равномерным химическим и структурным составом по всему объему. Это особенно важно при дальнейшем распылении слитка для получения гранул. На основе полученных данных по необходимости формирования упрочняющих фаз в гранулированном материале автором разработана опытно-промышленная технология производства гранул из жаропрочного сплава СТ6У.

Разработанные в диссертации рекомендации использованы при разработке технологических процессов изготовления слитков, полуфабрикатов и деталей типа «корпус» из двухфазного титанового сплава СТ6У, что подтверждено соответствующими актами и выпущенной нормативной документацией.

4. Достоверность результатов и выводов.

В диссертации при проведении научных исследований эффективно использовались современные методы изучения конструкционных материалов. В первую очередь это методы металлографического и рентгеноструктурного анализа, а также разрушающего и неразрушающего контроля. Следует отметить необходимость и удачное использование электронной микроскопии при анализе размеров структурных составляющих.

Экспериментальные результаты, полученные разными методами, хорошо согласуются друг с другом и не противоречат современным представлениям научного материаловедения. В этой связи результаты диссертационной работы можно признать достоверными, а выводы обоснованными.

5. Замечания по работе.

- Первая глава несколько перегружена сведениями о жаропрочных титановых сплавах, при этом автор не упоминает о новом жаропрочном

сплаве ВТ41, диски и лопатки из которого рассчитаны на длительную эксплуатацию при температуре 600°C.

- Среди сплавов, рекомендуемых к применению в авиационном двигателестроении (стр. 16, табл. 4), автор указывает сплав ВТ3-1, несмотря на то, что этот сплав *не рекомендован* к использованию уже с конца 80-х годов прошлого столетия.
- При описании методов исследования и методик не указаны ни методы, ни методики исследования структурно-фазового состава, используемых диссертантом в своей работе.
- Некорректно представлены данные по составу, как лигатурного слитка, так и сплава СТ6У. На стр. 66 указано, что «в данной работе рассматривается проблема введения W в титановый сплав с составом Ti-Al-W-Zr-Hf (типа СТ6У)», тогда как в таблице 16 «Свойства элементов, содержащихся в сплаве типа СТ6У» Hf отсутствует. Далее, при описании этапов производства вышеприведенной лигатуры (стр. 71), указано что «необходимое количество вольфрама, который размещается над слитком Ti-Al сплава и гафния». В таблице 19, где указан химический состав, лигатуры Hf отсутствует. Таким образом, совершенно непонятно, какой же химический состав имеет сплав СТ6У и вводимая лигатура.
- Представляются не совсем обоснованными исследования по динамике дегазации в процессе проведения выплавки слитка. Полный комплекс аналогичных исследований был проведен В.В. Тетюхиным с коллективом авторов еще в 1980-1983г.г. именно для метода вакуумно-дуговой плавки титановых сплавов.

6. Соответствие требованиям ВАК.

Сделанные замечания не снижают научной и практической ценности работы, которая написана технически грамотным языком. Диссертация

является самостоятельной законченной научной квалификационной работой. По актуальности темы, научной новизне, практической значимости и достоверности результатов удовлетворяет требованиям ВАК РФ. Автореферат и опубликованные работы отражают основное содержание диссертации. Автор диссертационной работы, Логачев Иван Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» за разработку научно-обоснованных технологических рекомендаций по изготовлению слитков, гранул и полуфабрикатов двухфазного жаропрочного титанового сплава СТ6У.

Официальный оппонент,

начальник лаборатории ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ,

доктор технических наук

Ночовная Н.А.

Москва, ул. Космонавта Волкова, д.17,к.1,кв.3

8(499)2638567, nochovnaya_viam@mail.ru

Подпись Ночовой Н.А. удостоверяю

Заместитель генерального директора

ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ



Антипов В.В.

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу инженера Логачева И.А. на тему: «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.

Развитие современной авиационной и ракетно-космической техники предполагает использование жаропрочных титановых сплавов, вместо сталей и никелевых сплавов, с целью снижения массогабаритного параметра. В авиадвигателях доля титановых сплавов возросла до 40% от общей массы. Температура длительной эксплуатации их возросла до $750\div 800^{\circ}\text{C}$.

Одновременно с расширением использования жаропрочных титановых сплавов в авиадвигателях постоянно усложняется конфигурация изделий, применяемых в них. Все это суммарно диктует требования как к созданию новых и совершенствованию существующих жаропрочных титановых сплавов, повышению уровня и стабильности их свойств, так и к созданию новых технологий производства компонентов двигателей.

Для решения задач по изготовлению изделий сложной формы из титановых сплавов идеально подходит горячее изостатическое прессование, так как одним из основополагающих его преимуществ является изготовление из гранул деталей, по форме близких к конечной. Этот процесс обеспечивает получение изделий с изотропными свойствами по их объему.

Для производства изделий методом ГИП наиболее подходят гранулы, изготовленные методом плазменной плавки и центробежного распыления быстровращающейся заготовки. Это гранулы преимущественно сферической формы, с низким содержанием газовых примесей и паров воды.

Поэтому правильным выглядит выбор в качестве способа производства изделий сложной формы из исследуемого в диссертации сплава СТ6У плазменного центробежного распыления заготовок на гранулы с последующим их компактированием методом горячего изостатического прессования.

Постановка комплексной задачи от выбора химического состава сплава до разработки параметров технологических процессов, обеспечивающих

требуемых свойства готового изделия является, безусловно, правильной и актуальной. Тем более, что задача получения жаропрочного титанового сплава для газотурбинных авиационных и жидкостных ракетных двигателей, способного обеспечить длительную работу в диапазоне температур 600-800°C является нерешенной как у нас в стране, так и за рубежом.

Кроме того, актуальность исследований подчеркивает тот факт, что они были выполнены в рамках Федеральной Целевой Программы. «Разработка, восстановление и организация производства стратегических дефицитных и импортозамещающих материалов и малотоннажной химии для вооружения, военной и специальной техники на период 2009-2015 годы».

Научная новизна работы состоит в том, что разработана концепция выбора легирующих элементов для повышения когезивной прочности гранулируемых жаропрочных титановых сплавов с целью увеличения рабочей температуры эксплуатации. Гранульная металлургия дает возможность устранить дендритную и зональную ликвационную неоднородность, предотвратить выделение грубых скоплений избыточных фаз, имеющих место при выплавке слитков. Кроме того, высокие скорости охлаждения при кристаллизации частиц позволяют получить пересыщенные твердые растворы и, таким образом, расширить пределы легирования.

Установлена теоретически и экспериментально степень влияния ряда легирующих элементов на когезивную прочность α - и β -фаз в титановых сплавах и показана наибольшая эффективность W, Ru и Re. Предложены критерии в виде соотношения элементов состава лигатуры для производства сплава СТ6У, позволяющие обеспечить равномерное распределение вольфрама по объему слитка для W к Al и Ti к Al.

Предложенный автором метод прогнозирования содержания легирующих элементов позволяет получать заданные свойства сплава.

Практическая значимость работы состоит в том, что автором показана эффективность предложенной им лигатуры (заявка на патент №2014113633 от 08.04.2014г.), которая позволяет снизить разброс содержания вольфрама по объему слитка с 10 до 5%, что обеспечивает получение более однородных по химическому составу слитков и гранул.

Разработана технология производства качественной лигатуры заданного химического состава в вакуумно-дуговой печи с медным охлаждаемым тиглем и с нерасходуемым вольфрамовым электродом.

Определено, что в процессе размолла лигатуры в щековой дробилке при взаимодействии с атмосферой происходит потеря легирующих элементов, так как происходит окисление нагреваемых при этом измельченных

кусков. Во избежание этого был предложен способ размол в проточной атмосфере инертного газа с его расходом, равным 5-ти кратному рабочему объему камеры дробилки в минуту. Он позволяет снизить температуру нагрева измельченных кусков и, тем самым, исключить потерю легирующих элементов из-за окисления.

Разработан комплект технической и технологической документации на химический состав сплава, на производство из сплава СТ6У слитков, гранул крупностью менее 250 мкм, компактных заготовок.

Впервые разработана опытная технология производства корпусных изделий сложной формы для ракетной техники из гранул нового перспективного сплава СТ6У.

Корпусные изделия из жаропрочного титанового сплава СТ6У были использованы в конструкции космической техники ФГУП «КБ «Химмаш» им. А.М. Исаева, г. Королёв.

Достоверность результатов работы не подлежит сомнению, так как она подтверждена применением самых современных методов исследования структуры и свойств сплава СТ6У, таких как оптическая и электронная микроскопия, рентгенофлуоресцентный анализ, ИК-спектрометрия, рентгеноспектральный анализ и других методов. Были проведены испытания механических свойств при комнатной и повышенных температурах. Достоверность результатов также обусловлена применением современных технологий получения лигатуры, заготовок титанового сплава, гранул и конечных изделий из них.

Для выбора химического состава нового поколения жаропрочных титановых сплавов автор использовал современные представления теории легирования, согласно которым сопротивление ползучести при повышенных температурах определяется силами связи атомов в матрице сплава и на границах зерен.

В целом автор провел большую работу по исследованию процесса производства изделий из сплава СТ6У. Особенно стоит отметить использование им математического аппарата и современных компьютерных программ для аналитических расчетов по работе.

Диссертационная работа Логачева И.А. написана технически грамотным языком и содержит необходимые элементы научной новизны и практической значимости, необходимые для кандидатских диссертаций.

Однако по диссертационной работе имеется ряд замечаний:

1. В тексте диссертации и автореферата имеется ряд грамматических ошибок.

2. В личном вкладе автора указывается, что он определил зависимость фракционного состава гранул от скорости вращения заготовки. В тексте главы пятой указано, что была лишь изучена эта зависимость.

Однако ни в автореферате, ни в тексте диссертации сама зависимость не представлена. На стр.99 приведена общеизвестная формула В.Т. Мусиенко, описывающая связь частоты вращения и среднего размера гранул, по которой, видимо, и был определен оптимальный режим центробежного распыления.

3. На стр.5 автор утверждает, что слитки-электроды для установок центробежного распыления можно получать «любым методом традиционной металлургии». Это неверно. Заготовки диаметром 50-80 мм получают из больших слитков прокаткой или прессованием.

На стр.97-98 показаны «слитки-электроды». На самом деле – это катаные обточенные прутки для последующего плазменного распыления на гранулы.

4. На стр.9 допущена явная ошибка в том месте, где автор утверждает, что отсутствуют данные о влиянии термической обработки на свойства конечного изделия. Таких данных предостаточно. На стр.4 в технологической цепочке метода металлургии гранул упоминание о термической обработке после ГИП вообще отсутствует, хотя автор посвятил этому вопросу немало страниц – с. 102-117, 126.

5. В главе 5, пункт 5.2.1, исследована газонасыщенность гранул. Однако нигде в диссертации не говорится о содержании основных газовых примесей (кислорода, водорода и азота) в заготовках для плазменного распыления и в самих гранулах, а это важнейший показатель качества для металлургии гранул титановых сплавов.

6. На стр.19, а также в пункте 5 выводов указано словосочетание «пристальный контроль» применительно к содержанию газов на передельных стадиях изготовления лигатуры. Возможно, правильнее было бы привести, вместо этого абстрактного словосочетания, конкретные условия производства, контроль которых необходимо вести, например, чистоту инертного газа, глубину вакуума, величину натекания и др.

7. Поскольку увеличение равномерности распределения вольфрама в лигатуре привело, в дальнейшем, к стабилизации свойств конечного изделия, то можно было бы привести в работе сравнение свойств изделий, произведенных с использованием старых лигатур с менее равномерным распределением вольфрама, с тем, что сделано в данной работе, для наглядной оценки эффективности использования предложенной лигатуры.

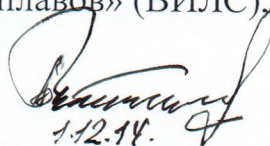
8. На стр.101 указано, что при выборе температуры ГИП необходимо учитывать температуру, при которой сплав находится в состоянии сверхпластичности. Ни для никелевых, ни для титановых сплавов при ГИП получить сверхмелкое зерно, необходимое для реализации сверхпластичности, невозможно.

В целом сделанные замечания не снижают научного уровня и практической значимости диссертационной работы. Она является законченным научным исследованием, квалификационной работой высокого качества, отвечающей требованиям ВАК РФ.

Автореферат и публикации по теме диссертации отражают основное содержание диссертации. Её автор, инженер Логачев Иван Александрович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов» за исследование и разработку режима легирования и процесса плавки титанового сплава СТ6У для повышения служебных характеристик готового изделия типа «корпус», изготовленного методом металлургии гранул.

Официальный оппонент,

Директор Научного Контрактного Комплекса
ОАО «Всероссийский институт легких сплавов» (ВИЛС),
лауреат Государственной премии СССР,
доктор технических наук, профессор



1.12.14.

Гарибов Г.С.

1 декабря 2014 года.

Подпись Гарибова Г.С. удостоверяю.
Генеральный директор ОАО «ВИЛС»



Задерей А.Г.

1 декабря 2014 года.

P.S. Личные данные:

Гарибов Генрих Саркисович
121596, Москва, ул. Горбунова, 2, ОАО «ВИЛС»
телефон: 8-495-773-39-17
E-mail: Garibov@oaovils.ru
ОАО «ВИЛС», директор Научного Контрактного Комплекса

«УТВЕРЖДАЮ»

Зам. директора ФГБУН Институт
металлургии и материаловедения

им. А.А. Байкова

Российской академии наук



д.ф.-м.н., проф. Заболотный В.Т

«24» ноября 2014 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук на диссертационную работу 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 темы.

Титан и его сплавы являются одними из самых востребованных материалов авиакосмической техники, применение которых имеет особенно важное значение в авиационных газотурбинных и ракетных двигателях. Постоянно растущие требования к эксплуатационным характеристикам авиакосмической техники приводят к необходимости повышения рабочих температур жаропрочных титановых сплавов до 800° С при существующем

уровне 650° С. Поэтому не вызывает сомнений актуальность темы диссертационной работы И.А. Логачева, направленной на разработку композиции нового жаропрочного титанового сплава СТ6У с улучшенными свойствами при повышенных температурах и технологии изготовления гранулированного варианта нового сплава, когда особое внимание уделяется металлургическим аспектам технологии.

Актуальность работы подтверждается выполнением ее 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», раздел 1 (постановление Правительства Российской Федерации от 11 сентября 2008 г. № 658-25) по государственному контракту от 26.04.2011 № 836-М114/11 между Федеральным космическим агентством и ОАО «Композит», НИР «Селон».

Научная новизна исследования и полученных результатов.

Отметим три группы новых научных результатов, полученных в обсуждаемой работе и имеющих важное значение для науки и практики. Во-первых, сформулированы принципы оптимизации химического состава жаропрочного титанового сплава с целью повышения эксплуатационных характеристик. При выборе легирующих элементов предложено отдавать предпочтение переходным металлам, в наибольшей степени повышающим когезивную прочность α - и β - фаз в титановых сплавах, и показана наибольшая эффективность W и Re (если оставить за скобками экологически проблемные Os, Tc и экстремально дорогой Ru).

Во-вторых, разработаны критерии для выбора химического состава лигатуры для производства опытного гранулированного сплава СТ6У. Полученные критерии выражаются в виде соотношения элементов состава лигатуры, и обеспечивают равномерное распределение элементов по телу слитка, что позволяет регулировать металлургические параметры процесса вакуумно-дуговой плавки. Показана эффективность применения новой лигатуры для производства качественного плотного слитка из опытного сплава СТ6У.

В-третьих, установлено, что главной причиной потери легирующих элементов на стадии размолла лигатуры является окисление нагретых измельченных частиц при взаимодействии с атмосферой. Предложена технология размолла в проточной атмосфере аргона, которая позволяет

снизить температуру нагрева измельченных частиц и минимизировать окисление.

Обоснованность и достоверность основных положений и результатов диссертации не вызывает сомнений и определяется:

- применением комплекса современных теоретических и экспериментальных исследований структуры и термодинамических свойств титановых сплавов,
- испытанием механических свойств как модельных образцов, так и реальных отливок и компактов из жаропрочных титановых сплавов BT18Y, BT25Y и CT6Y.

Развитые автором научные положения отвечают современным принципам создания новых жаропрочных сплавов и технологий их получения, а также согласуются с результатами известных работ по рассматриваемой проблеме.

Практическая значимость результатов работы определяется следующими результатами:

- Разработан химический состав новой лигатуры системы Ti-W-Al (имеется заявка на патент) для производства слитков-электродов высокого качества, необходимых для последующего распыления и получения гранул опытного сплава CT6Y.
- Разработана опытно-промышленная технология производства гранул сплава CT6Y, произведенного с использованием предложенной лигатуры (Технологический процесс «Технологический процесс №836-M114/11-1-102-065-2011 получения гранул жаропрочных титановых сплавов с фракционным составом менее 250мкм»).
- Разработаны технические условия на сплав и гранулы (ТУ1791-516-56897835-2011 «Гранулированный жаропрочный титановый сплав CT6Y» и ТУ1791-510-56897835-2011 «Гранулы титанового сплава CT6Y»).
- Разработаны технические условия на компактные заготовки типа «корпус» из жаропрочного титанового сплава CT6Y (№ 1715-585-56897835-2013). Полученные результаты использованы для получения корпусных заготовок для изделий ФГУП «КБХимМаш».

Апробация работы и публикации.

Основные результаты работы доложены на четырех международных конференциях в России, Германии и Италии, публикации полностью раскрывают основное содержание диссертации и соответствуют требованиям ВАК.

Диссертационная записка и автореферат **оформлены** в соответствии с действующими требованиями.

Личный вклад соискателя заключается в следующем:

- разработаны принципы выбора химического состава жаропрочных сплавов на основе титана – легирование переходными металлами, которые повышают когезивную прочность матрицы сплава.
- Сформулированы принципы выбора химического состава лигатуры для производства жаропрочного титанового сплава СТ6У, разработан химический состав лигатуры и технология ее получения.
- Теоретически и практически обоснованы условия безокислительного и не загрязняющего размола и усреднения лигатуры.
- При отработке технологии гранульной металлургии для производства жаропрочных титановых сплавов определена зависимость фракционного состава гранул от скорости вращения слитка в процессе распыления.
- Обработка экспериментальных данных, анализ и обобщение результатов выполнены автором работы. Основные положения и выводы диссертационной работы также сформулированы автором.

Вопросы и замечания по материалам диссертации:

1. При рассмотрении механизма формирования мелкозернистой структуры заготовок, полученных методами гранульной металлургии из жаропрочного титанового сплава СТ6У, в разработке которого принял участие автор, следовало более подробно рассмотреть индивидуальное влияние легирующих элементов на упрочнение границ зерен.
2. Нельзя согласиться с некоторыми утверждениями автора о причинах роста жаропрочности исследуемого титанового сплава, например, увеличение электронной плотности при легировании вольфрамом.
3. Как следует из таблицы 8 (стр. 28) титановые сплавы, содержащие β -фазу, существенно больше склонны к поглощению водорода по сравнению с α сплавами. Этот факт интересен и важен, но ему надо дать объяснения.

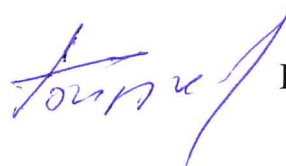
Однако сделанные замечания не меняют общей положительной и высокой оценки диссертационной работы Логачева И.А.

В целом диссертация Логачева Ивана Александровича по своему теоретическому, методическому и экспериментальному уровню, объему работы, актуальности, теоретической и практической значимости, научной новизне полученных результатов соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям пунктом 9 «Положения о

порядке присуждения ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Основные положения диссертационной работы Логачева Ивана Александровича заслушаны и обсуждены на расширенном коллоквиуме лаборатории «физикохимии тугоплавких и редких металлов и сплавов» и лабораторий «прочности и пластичности металлических и композиционных и наноматериалов», «физикохимии металлических расплавов» ИМЕТ РАН (протокол №6 от 19 ноября 2014г.).

Заведующий лабораторией физикохимии
тугоплавких и редких металлов и сплавов,
член-корреспондент РАН
г. Москва, Ленинский пр. 49
т.(499)135-73-85
e-mail genburh@imet.ac.ru



Бурханов Г.С.

Секретарь коллоквиума, к.т.н.
г. Москва, Ленинский пр. 49
т.(499)135-87-21
e-mail likob@mail.ru



Кобелева Л.И.

Подписи Г.С. Бурханова и Л.И. Кобелевой
удостоверено.
Учётный секретарь ИМЕТ РАН
к.т.н.

