Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)
Физико-технический факультет
Кафедра прочности и проектирования

ДОПУСТИТЬ К ПРЕДСТАВЛЕНИЮ ГЭК
Руководитель ООП
Доктор физ.-мат. наук., профессор
_____ / А.Ю. Крайнов
«____»_____2019 г.

НАУЧНЫЙ ДОКЛАД
об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы
(диссертации)

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛЮМИНИЕВЫХ ПСЕВДОСПЛАВОВ УПРОЧНЕННЫХ ДИСПЕРСНЫМИ ЧАСТИЦАМИ С АНОМАЛЬНЫМИ ТЕПЛОВЫМИ СВОЙСТВАМИ

по основной образовательной программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре
направление подготовки 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Шадрин Владимир Сергеевич

Научный руководитель
Д-р. физ.-мат. наук, профессор
_____С.Н. Кульков
подпись
«____» _____ 2019 г.

Автор работы
Аспирант
_____В.С. Шадрин
подпись

Томск-2019

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Развитие современной техники, науки и промышленности невозможно без создания материалов нового поколения, обладающих улучшенными физико-механическими и эксплуатационными свойствами. В настоящее время во многих областях промышленности назрела необходимость создания новых металлических материалов, сочетающих в себе высокую тепло- и электропроводность, термическую стабильность в широком температурном интервале и повышенные механические свойства. Эффективным решением задачи повышения комплекса физико-механических свойств и эксплуатационных характеристик материала является дисперсное упрочнение, достигаемое за счет введения частиц упрочнителя в исходную шихту с последующим формованием изделия и спеканием. В дополнение к этому, введение частиц, обладающих аномальными тепловыми свойствами, в матрицу металла позволит не только реализовать механизм дисперсного упрочнения, но и усилить упрочняющий эффект за счет формирования внутренних сжимающих напряжений, вызванных несовпадением коэффициентов теплового расширения (КТР) исходных компонентов. В этом случае вводимая добавка может выступать одновременно в качестве упрочняющей фазы и компенсатора теплового расширения металла, что значительно расширит область его применения. Контроль теплового расширения материалов является важной задачей инженерного проектирования в случаях, когда изделия подвержены значительным температурным колебаниям или требуют стабильности размеров в широком температурном диапазоне.

В качестве наполнителя перспективно использовать вольфрамат циркония, обладающий отрицательной величиной КТР ($\alpha = -9*10^{-6}\ ^{O}C^{-1}$) в широком температурном интервале от -273 до 770 ^{O}C. Вольфрамат циркония (ZrW_2O_8) благодаря изотропии отрицательного теплового расширения привлекает внимание исследователей, как в прикладном направлении (с целью создания материалов с околонулевым КТР), так и с точки зрения фундаментального понимания механизма ОТР. Однако известно, что вольфрамат циркония после синтеза находится в метастабильном состоянии, и при нагревании происходит его разложение на составляющие оксиды ZrO_2 и WO_3. Поэтому можно ожидать особого поведения вольфрамата циркония в процессе температурной обработки и взаимодействия с металлами вблизи их точки плавления.

Объектом исследования являются псевдосплавы алюминия с материалом, демонстрирующим аномальное тепловое расширение, формирование которых происходит при температуре, близкой к температуре плавления алюминия, *in situ* в две стадии.

Предмет исследования. Изучение механизма формирования псевдосплавов Al – ZrW_2O_8 из смеси порошков алюминия и вольфрамата циркония. Изучение структуры, фазового состава, тепловых и физико-механических свойств псевдосплавов в зависимости от условий синтеза.

Цель исследования. На основе проведенных комплексных исследований внутренней структуры, фазового состава, тепловых и физико-механических свойств псевдосплавов Al – ZrW_2O_8, установить влияние добавки вольфрамата циркония на структуру и свойства алюминия.

Задачи исследования:

1. Изучить морфологию частиц, структуру порошковой смеси Al – ZrW2O8, добиться гомогенного распределения частиц вольфрамата циркония в порошке алюминия.

2. Синтезировать псевдосплав Al – ZrW_2O_8 методом порошковой металлургии, исследовать его структуру и фазовый состав.

3. Исследовать процесс формирования структуры и фазового состава псевдосплавов Al – ZrW_2O_8.

4. Установить влияние добавки вольфрамата циркония на структуру и свойства алюминия.

Методы исследований. Достижение цели работы предусматривает применение методов, используемых в физике твердого конденсированного состояния и механике деформируемого твердого тела. Для изучения фазового состава, структуры и свойств псевдосплавов Al – ZrW_2O_8 использовались оптическая металлография, растровая электронная микроскопия, энергодисперсионный элементный микроанализ, рентгеноструктурный и рентгенофазовый анализ, измерение твердости по Виккерсу. Для изучения кинетики спекания и фазовых превращений порошковой смеси Al – ZrW_2O_8 при нагреве использовался метод *in situ* высокотемпературного рентгенофазового анализа.

Положения, выносимые на защиту:

1. Совокупность результатов исследования фазовых превращений и кинетики спекания смеси Al – ZrW_2O_8, отражающих процесс формирования особых структур псевдосплава Al – ZrW_2O_8. Синтез псевдосплава Al – ZrW_2O_8 происходит через промежуточный этап разложения вольфрамата циркония на составляющие оксиды с его последующим повторным синтезом в виде вытянутых частиц – микроволокон. Формирование микроволокон ZrW_2O_8 в алюминиевой матрице происходит в соответствии с механизмом ПЖК (Пар-Жидкость-Кристалл), вследствие осаждения из газовой фазы в присутствии расплавленного алюминия в качестве катализатора.

2. Совокупность результатов исследования полей внутренних напряжений и твердости синтезированного модельного материала Al – ZrW2O8, показывающих формирование сжимающих напряжений величиной до 90 МПа в объеме материала и увеличение твердости более чем в 3 раза, по сравнению с чистым алюминием.

3. Перекристаллизация вольфрамата циркония в виде вытянутых частиц – микроволокон по механизму ПЖК и формирование внутренних сжимающих напряжений в материале начинается после 3 часов изотермической выдержки.

Научная новизна работы. Комплексное изучение фазового состава смеси Al – ZrW_2O_8 при нагреве позволило выявить и описать механизм формирования псевдосплава Al – ZrW_2O_8.

Высокотемпературные рентгеновские исследования позволили получить информацию о фазовых превращениях и процессе взаимодействия вольфрамата циркония с алюминием при синтезе псевдосплава. Установлено, что взаимодействие с алюминием приводит к снижению температуры разложения вольфрамата циркония на составляющие оксиды с 770 до 480 ^{O}C.

Получена совокупность результатов, включающая в себя данные о структуре, фазовом составе и свойствах псевдосплава Al – ZrW_2O_8. Показано, что твердость алюминия при его легировании дисперсными частицами вольфрамата циркония с аномальными тепловыми свойствами увеличивается более чем в 3 раза.

Достоверность полученных результатов обеспечена комплексным подходом, сочетающим применение различных физических методов: механических испытаний, растровой электронной микроскопии, рентгеноструктурного и рентгенофазового анализа, статистических методов обработки данных, достаточных для корректной интерпретации

результатов, анализом литературных источников и согласованием полученных результатов с данными других авторских коллективов.

Теоретическая и практическая значимость. В рамках работы получены новые представления о механизме взаимодействия алюминия с вольфраматом циркония вблизи температуры плавления металла, которые дополняют имеющиеся сведения о фазовых превращениях вольфрамата циркония при нагреве. Показана эффективность использования вольфрамата циркония в качестве упрочняющей добавки.

Личный вклад состоит в выполнении работ по синтезу псевдосплавов Al – ZrW_2O_8, проведении рентгеноструктурных и рентгенофазовых исследований, механических испытаний, исследований особенностей структуры при помощи растровой электронной микроскопии, в сопоставлении полученных результатов с литературными данными, формулировании основных научных положений и выводов.

Апробация работы. Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались на 3rd, 4th, 5th International Conference on Competitive Materials and Technology Processes (Мишкольц, Венгрия, 2014, 2016, 2018), 3rd, 4th International Conference on Rheology and Modelling of Materials (Мишкольц, Венгрия, 2015, 2017), Международных конференциях «Перспективные материалы с иерархической структурой для новых технологий и надежных конструкций» (Томск, 2015, 2016, 2017),Международных конференциях «Материалы и технологии новых поколений в современном материаловедении» (Томск, 2015,2017), Международной конференции «Перспективы развития фундаментальных наук» (Томск, 2016), Международной конференции «Современные техника и технологии» (Томск, 2015), Всероссийских конференциях «Наука.Технологии.Инновации» (Новосибирск, 2015, 2016, 2017), Всероссийской конференции «Проблемы механики: Теория, эксперимент и новые технологии» (Новосибирск – Шерегеш, 2017).

Публикации по теме диссертации. Общий список публикаций по теме диссертации включает в себя 21 работу, в том числе 2 статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, 4 статьи в сборниках материалов конференций, опубликованных в изданиях, входящих в Web of Science и Scopus, 13 публикаций в сборниках материалов международных, всероссийских научных и научно-технических конференций; получено 2 свидетельства о государственной регистрации объекта интеллектуальной собственности.

Структура и объем работы. Диссертационная работа изложена на 107 страницах текста, содержит 48 иллюстраций и 1 таблицу. Она состоит из введения, 4 глав, заключения и списка используемой литературы из 119 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы, формулируются цель и задачи исследования, изложены положения, выносимые на защиту, обсуждаются научная новизна полученных результатов, методы исследования, достоверность и практическая значимость работы. Приведены сведения об апробации результатов работы и публикациях.

Первая глава посвящена обзору современных исследований по теме работы. Изложены общие представления о механизме отрицательного теплового расширения в материалах семейства AX_2O_8 (A – Zr, Hf; X – W, Mo) и возможности контроля теплового расширения материалов за счет введения частиц, обладающих аномальными тепловыми свойствами. Особое внимание уделено вольфрамату циркония (ZrW_2O_8), обладающему изотропным отрицательным коэффициентом теплового расширения $-9*10^{-6}$ C^{-1} в широком температурном диапазоне, его кристаллической структуре, фазовым переходам при нагреве и существующим композиционным материалам на его основе. Обсуждается перспективность использования вольфрамата циркония в качестве упрочняющей добавки и реализация в композитах или псевдосплавах металл – вольфрамат циркония комбинированного механизма упрочнения, основанного на сочетании механизма Орована и упрочнения за счет несовпадения КТР исходных компонентов.

Проведенный анализ литературы показал, что несмотря на хорошую изученность взаимодействия вольфрамата циркония с керамиками и полимерами, мало внимания уделяется его взаимодействию с металлами и в частности с алюминием. Целью существующих исследований является создание материала с нулевым коэффициентом теплового расширения, в то время как механизмы формирования структуры и фазового состава таких материалов, влияние тепловых свойств добавки на физико-механические свойства металла изучены недостаточно.

Во второй главе представлена постановка задачи, сформулированы задачи исследования, описаны материалы и методика исследований. Алюминий обладает высоким сродством к кислороду и склонен вытеснять атомы других металлов при взаимодействии с ним. Известно, что вольфрамат циркония при нагреве претерпевает фазовый переход и разлагается на составляющие оксиды при температурах выше 770 ^{O}C. Реакция взаимодействии продуктов разложения с алюминием экзотермическая, и выделение тепла может привести к нагреву алюминия, возможно, выше температуры плавления и образованию новых фаз. В связи с этим требуется детальное исследование взаимодействие вольфрамата циркония с алюминием вблизи точки плавления металла.

Синтез модельного материала – псевдосплава Al – ZrW_2O_8 осуществляется методами порошковой металлургии. Представлена подробная характеристика исходных компонентов, процесса достижения гомогенного распределения частиц вольфрамата циркония в порошке алюминия с применением высокоэнергетической механической активации смеси в планетарной мельнице. Приведены параметры технологического режима температурной обработки смеси Al – ZrW_2O_8.

Комплексное исследование механизма формирования структуры и фазового состава псевдосплава Al – ZrW_2O_8, исследование полей внутренних напряжений и механических свойств реализуется с помощью следующих методов.

Рентгенофазовые и рентгеноструктурные исследования. Изучен фазовый состав исходных компонентов и полученных псевдосплавов. Идентификация фаз производилась сопоставленем пиков рентгенограмм с картотекой ASTM. Расчет размера областей когерентного рассеяния (ОКР) проводился по уширению наиболее интенсивного пика на малых углах дифракции, а расчет величины микродисторсии кристаллической решетки – по уширению пика на дальних углах дифракции. Определение параметров решетки осуществлялось методом экстраполяции по всем отражениям в интервале углов $20° < 2\Theta < 80°$.

Изучение кинетики спекания порошковой смеси Al – ZrW_2O_8 и формирования структуры и фазового состава псевдосплава использовался метод *in situ* рентгенофазового анализа.

Оптическая металлография и растровая электронная микроскопия применялись для получения изображений структуры исходных материалов и синтезированных псевдосплавов, исследования формы и размеров структурных элементов.

Энергодисперсионный микроанализ применялся для определения химического состава структурных элементов псевдосплава.

Определение твердости полученных материалов проводилось по методу Виккерса.

В **третьей главе** представлено описание исследования процесса синтеза псевдосплава Al – ZrW_2O_8.

Полученные данные о формировании фазового состава позволяют предположить, что синтез псевдосплава протекает через фазу разложения ZrW_2O_8 с последующим формированием микроволокон ZrW_2O_8. Формирование микроволокон ZrW_2O_8 в алюминиевой матрице происходит в соответствии с механизмом ПЖК (Пар-Жидкость-Кристалл), вследствие осаждения из газовой фазы в присутствии расплавленного алюминия в качестве катализатора. В процессе спекания в материале формируются внутренние сжимающие напряжения, возрастающие с увеличением времени изотермической выдержки.

В силу того, что механизм формирования фазового состава псевдосплава Al – ZrW_2O_8 требует дополнительного рассмотрения, были проведены *in situ* рентгеновские исследования с целью изучить фазовые переходы в процессе нагрева и изотермической выдержки.

В четвертой главе представлены результаты *in situ* рентгенофазового и рентгеноструктурного анализов смеси Al – ZrW_2O_8 в процессе нагрева и изотермической выдержки.

По изменению параметра кристаллической решетки алюминия и вольфрамата циркония с ростом температуры, рисунок 2, были определены значения коэффициентов теплового расширения (КТР) вольфрамата циркония.

Зависимость параметра кристаллической решетки вольфрамата циркония, рисунок 1, можно разделить на 3 температурных интервала, в каждом из которых материал демонстрирует различный КТР. Первый интервал при температурах от 25 до 200 ^{O}C соответствует сжатию ZrW_2O_8 с отрицательным коэффициентом теплового расширения -$9.42*10^{-6}$. При температуре около 200 ^{O}C происходит α ->β фазовый переход, и второй интервал – от 200 до 480 ^{O}C соответствует тепловому сжатию β-ZrW_2O_8. КТР в этом интервале составляет $-2.18*10^{-6}$ 1/^{O}C. Фазовый переход α ->β приводит к уменьшению абсолютного значения КТР ZrW_2O_8, однако его значение остается отрицательным. Значительное увеличение КТР на третьем интервале от 480 до 700^{O}C до $9.5*10^{-5}$ 1/^{O}C может быть следствием протекания процесса разложения вольфрамата циркония на оксиды ZrO_2 и WO_3 и других фазовых превращений. Полученные участки можно аппроксимировать линейными функциями. Тогда пересечение аппроксимирующих прямых второго и третьего участка при температуре 480 ^{O}C можно считать температурой начала разложения вольфрамата циркония.

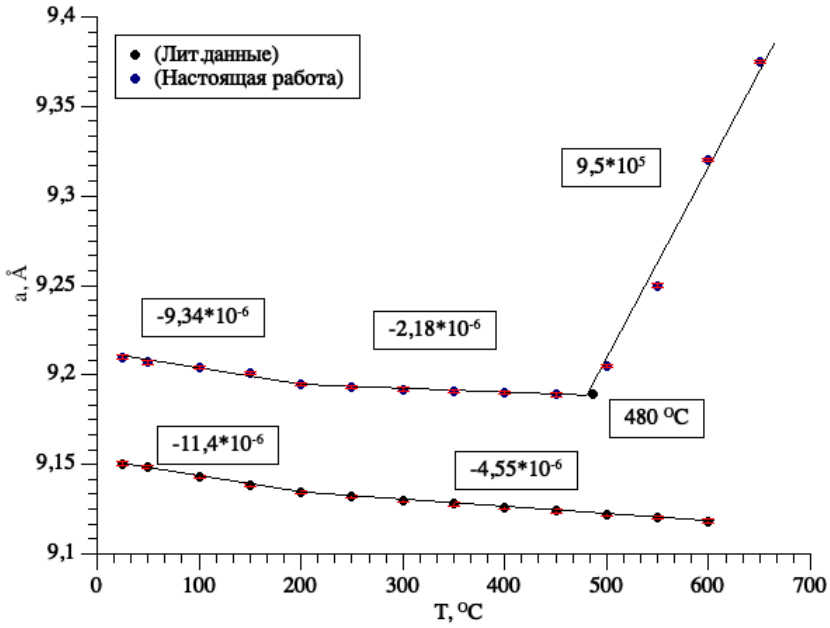


Рисунок 10 – Зависимость параметра кристаллической решётки ZrW_2O_8 от температуры.

На рисунке 2 показана зависимость интенсивности пика (210) ZrW_2O_8 от температуры в процессе нагрева и изотермической выдержки материала. Методом исчезающей фазы было установлено, что вольфрамат циркония полностью разлагается при температуре 673 ^{O}C.

Также показано, что в процессе нагрева и изотермической выдержки формирование интерметаллидов WAl_{12} и $ZrAl_3$ не происходит, процесс протекает при охлаждении образца до комнатной температуры, рис. 14.

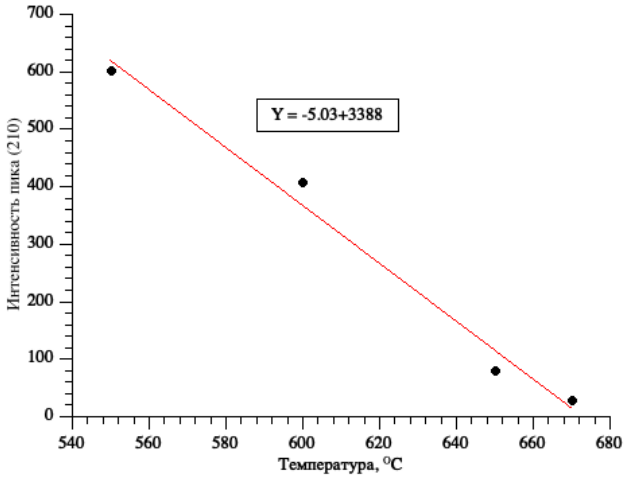


Рисунок 2 – Рентгенограммы Al – ZrW_2O_8 с различным временем изотермической выдержки

Для более детального рассмотрения процессов протекающих в ходе изотермической выдержки по зависимостям Холла-Вильямсона для каждой температуры были определены значения ОКР компонентов, рисунки 3,4.

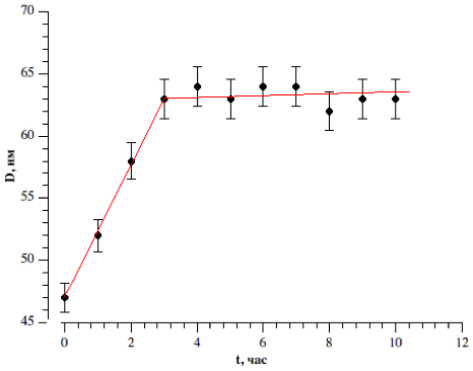


Рисунок 3 – Зависимость ОКР ZrW_2O_8 от времени изотермической выдержки.

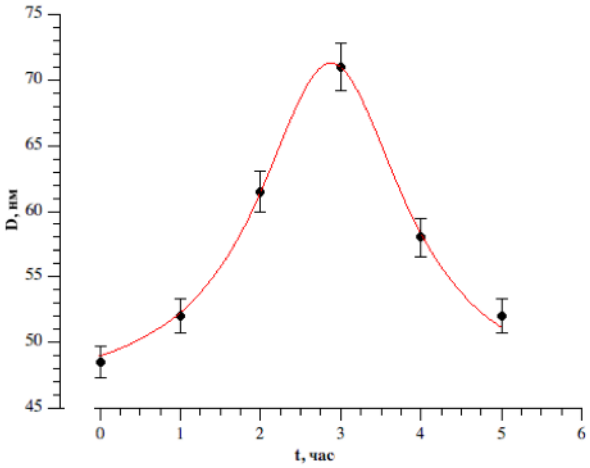


Рисунок 4 –. Зависимость ОКР алюминия от времени изотермической выдержки.

Обе зависимости имеют точку перегиба при 3 часах изотермической выдержки. Значение ОКР вольфрамата циркония в течение 3 часов изотермической выдержки увеличивается до значения 65 нм.

Значение ОКР алюминия при 3 часах изотермической выдержки имеет максимум. Уменьшение ОКР алюминия после 3 часов может быть вызвано формированием внутренних сжимающих напряжений в материале. В этот момент начинается перекристаллизация вольфрамата циркония в виде частиц – микроволокон.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Получена совокупность результатов исследований фазового состава и кинетики спекания смеси Al – ZrW_2O_8, отражающих процесс взаимодействия алюминия с вольфраматом циркония и формирования структуры псевдосплава Al - ZrW_2O_8.
2. Показано, что процесс формирования структуры и фазового состава псевдосплава протекает через промежуточный этап разложения вольфрамата циркония с его последующей перекристаллизацией в виде частиц – микроволокон. Микроволокна формируются по механизму ПЖК. Перекристаллизация вольфрамата циркония начинается после 3 часов изотермической выдержки. Формирование интерметаллидов WAl_{12} и $ZrAl_3$ происходит в процессе охлаждения образца до комнатной температуры.
3. Подтверждено формирование внутренних сжимающих напряжений в материале в процессе синтеза, определена их величина.
4. Результаты определения твердости по Виккерсу показали, что введение частиц вольфрамата циркония в алюминиевую матрицу приводит к увеличению твердости материала более чем в 3 раза (с 170 МПа до 550 МПа).
5. Показано, что взаимодействие с алюминием приводит к снижению температуры разложения вольфрамата циркония на составляющие оксиды с 770 ^{O}C до 480 ^{O}C.

СПИСОК РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. **Шадрин В.С.**, Кульков С.Н. Исследование формирования интерметаллидов в алюминии при его спекании с вольфраматом циркония // Перспективные материалы. – 2016. – №11. –с. 48-54.

2. Дедова Е.С., **Шадрин В.С.**, Губанов А.И., Кульков С.Н. Получение и особенности структуры вольфрамата циркония с аномальными тепловыми свойствами // Перспективные материалы. –2014. – №5. –с. 22-26.

Статьи в сборниках материалов конференций, представленных в зарубежных научных изданиях, входящих в Web of Science и Scopus:

3. **Shadrin V.S**., Kulkov S.N. Influence of Sintering Time on the Structure Formation of Al – ZrW2O8 Pseudo Alloys // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. –2016. –vol. 175. –P. 012055 (Scopus).

4. **Shadrin V.S.,** Kulkov S.N. Structure and Properties of Al – ZrW2O8 Pseudo Alloys// IOP Conference Series: Journal of Physics: Conf. Series. –2018. –vol. 1045. –P. 012039 (Scopus).

5. Dedova E.S. The Study on Thermal Expansion of Ceramic Composites with Addition of ZrW_2O_8 / E.S. Dedova, **V.S. Shadrin,** M.Y. Petrushina, S.N. Kulkov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. –2016. –vol. 116. –P. 012030 (Scopus)

6. Dedova E.S. Investigation of Hierarchical Structure Formation in Ceramics with Invar Effect / E.S. Dedova, **V.S. Shadrin**, E.S. Shutilova, S.N. Kulkov // AIP Conference Proceedings. –2015. –vol. 1683. –P. 020036 (Scopus).

Свидетельства о государственной регистрации объекта интеллектуальной собственности

7. Пат. 2592923 Российская Федерация, МПК C04B 35/488, C04B 35/119, B82Y 40/00. Способ получения керамического композита с нулевым коэффициентом термического линейного расширения / С. Н. Кульков, С. П. Буякова, Е. С. Дедова, **В. С. Шадрин**, Е.С. Шутилова; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский государственный университет». –опубл. 27.07.2016, Бюл. №21

8. Пат. 2630142 Российская Федерация, МПК B22F 3/22, B22F 9/04, C08L 91/06, C08K 5/01, C08K 13/02. Способ получения металлического фидстока / Р. В. Левков, **В. С. Шадрин**, С. П. Буякова, С. Н. Кульков; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет». –опубл. 05.09.2017, Бюл. №25

Публикации в сборниках материалов конференций:

9. **Шадрин В.С.** Дедова Е.С., Гебер Р. Синтез и исследование металломатричных композитов с наноразмерными частицами вольфрамата циркония // Сборник трудов международной научной конференции студентов, аспирантов, молодых ученых «Современные техника и технологии». –2015. –Томск: Изд-во ТПУ. –С 461-464.

10. **В.С. Шадрин**, Д.Ю. Зеленцов. Влияние интенсивной механической активации на свойства порошковой смеси Al – ZrW_2O_8 // Сборник трудов международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Высокие технологии в современной науке и технике». –2016. –Томск: Изд-во STT. –С 197-199.

11. **В.С. Шадрин**, Левков Р.В., Киселев Н.В. Структура и свойства стали 30Х13, полученной методом инжекционного формования // Сборник трудов международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Высокие технологии в современной науке и технике». –2016. –Томск: Изд-во STT. –С 199-201.

12. **В.С. Шадрин**. Влияние времени спекания на формирование структуры спеченных псевдосплавов Al – ZrW_2O_8 // Сборник трудов международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Высокие технологии в современной науке и технике». –2016. –Томск: Изд-во STT. –С 197-199.

13. Зеленцов Д.Ю., **Шадрин В.С**. Морфология и свойства смеси порошков Al – ZrW2O8 после механической активации // Сборник трудов международной конференции с элементами научной школы для молодежи «Современные технологии и материалы новых поколений». –2017. –Томск: Изд-во ТПУ. –С 58-60.

14. **Шадрин В.С**., Кульков С.Н. Структура и свойства псевдосплавов Al – ZrW_2O_8 // Сборник трудов международной конференции с элементами научной школы для молодежи «Современные технологии и материалы новых поколений». –2017. –Томск: Изд-во ТПУ. –С 126-128.

15. Дедова Е.С. Исследование формирования иерархических структур в керамике с инварным эффектом / Е.С. Дедова, **В.С. Шадрин**, Е.С. Шутилова, С.Н. Кульков // Тезисы докладов международной конференции «перспективные материалы с иерархической структурой для новых технологий и надежных конструкций» –2015. –Томск: Изд-во ИФПМ СО РАН. –С 96.

16. **Shadrin V.S.,** Kulkov S.N. The Study on Intermetallics Formation during Sintering of Al with ZrW_2O_8 // Тезисы докладов международной конференции «перспективные материалы с иерархической структурой для новых технологий и надежных конструкций» –2016. –Томск: Изд-во ИФПМ СО РАН. –С 112.

17. **Шадрин В.С.,** Зеленцов Д.Ю., Кульков С.Н. Изучение фазовых превращений при спекании алюминия с вольфраматом циркония // Тезисы докладов международной конференции «перспективные материалы с иерархической структурой для новых технологий и надежных конструкций» –2017. –Томск: Изд-во ИФПМ СО РАН. –С 345.

18. **V.S. Shadrin**, S.N. Kulkov Structure and properties of Al – ZrW2O8 Pseudo Alloys // 3rd International Conference on Rheology and Modelling of Materials, Book of Abstracts. –2017. –IGREX Ltd. –P 125.

19. **V.S. Shadrin**, S.N. Kulkov The Study on Intermetallics Formation During Sintering of Al with // 4th International Conference on Competitive Materials and Technology Processes, Book of Abstracts. –2016. –IGREX Ltd. –P 215.

20. **Шадрин В.С**. Исследование формирования частиц интерметаллидов в алюминии при его легировании вольфраматом циркония // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник трудов XIII Международной конференции / под ред. И.А. Курзиной, Г.А. Вороновой. -2017. – Томск: Изд-во – НИ ТПУ. –с.488.

21. Каспарян С.О., **Шадрин В.С.,** Кульков С.Н. Исследование фазовых превращений вольфрамата циркония при нагреве // Сборник научных трудов всероссийской конференции “Наука. Технологии. Инновации. в 9 ч. / под ред. Гадюкиной А. В. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018. – ч.3. – с. 194.

АНТИПЛАГИАТ
ТВОРИТЕ СОБСТВЕННЫМ УМОМ

Отчет о проверке на заимствования №1

Автор: Шадрин Владимир Сергеевич vshadrin91@gmail.com / ID: 1033761
Проверяющий: Шадрин Владимир Сергеевич (vshadrin91@gmail.com / ID: 1033761)

Отчет предоставлен сервисом «Антиплагиат»- http://users.antiplagiat.ru

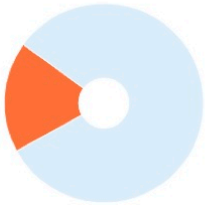
ИНФОРМАЦИЯ О ДОКУМЕНТЕ

№ документа: 31
Начало загрузки: 26.06.2019 05:29:52
Длительность загрузки: 00:00:00
Имя исходного файла: Министерство.txt
Размер текста: 45 кБ
Символов в тексте: 25351
Слов в тексте: 3019
Число предложений: 284

ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОТЧЕТЕ

Последний готовый отчет (ред.)
Начало проверки: 26.06.2019 05:29:52
Длительность проверки: 00:00:01
Комментарии: не указано
Модули поиска: Модуль поиска Интернет

ЗАИМСТВОВАНИЯ	ЦИТИРОВАНИЯ	ОРИГИНАЛЬНОСТЬ
17,65%	0%	82,35%



Заимствования — доля всех найденных текстовых пересечений, за исключением тех, которые система отнесла к цитированиям, по отношению к общему объему документа.
Цитирования — доля текстовых пересечений, которые не являются авторскими, но система посчитала их использование корректным, по отношению к общему объему документа. Сюда относятся оформленные по ГОСТу цитаты; общеупотребительные выражения; фрагменты текста, найденные в источниках из коллекций нормативно-правовой документации.
Текстовое пересечение — фрагмент текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника.
Источник — документ, проиндексированный в системе и содержащийся в модуле поиска, по которому проводится проверка.
Оригинальность — доля фрагментов текста проверяемого документа, не обнаруженных ни в одном источнике, по которым шла проверка, по отношению к общему объему документа.
Заимствования, цитирования и оригинальность являются отдельными показателями и в сумме дают 100%, что соответствует всему тексту проверяемого документа.
Обращаем Ваше внимание, что система находит текстовые пересечения проверяемого документа с проиндексированными в системе текстовыми источниками. При этом система является вспомогательным инструментом, определение корректности и правомерности заимствований или цитирований, а также авторства текстовых фрагментов проверяемого документа остается в компетенции проверяющего.

№	Доля в отчете	Доля в тексте	Источник	Ссылка	Актуален на	Модуль поиска	Блоков в отчете	Блоков в тексте
[01]	6,8%	6,8%	Doc2All.ru - Вариации физик...	http://doc2all.ru	11 Мая 2016	Модуль поиска Интернет	16	16
[02]	0%	6,78%	Вариации физико-механиче...	http://fizmathim.com	29 Авг 2016	Модуль поиска Интернет	0	16
[03]	3,12%	3,48%	http://www.ispms.ru/files/Co...	http://ispms.ru	14 Сен 2018	Модуль поиска Интернет	9	9

Еще источников: 6
Еще заимствований: 7,75%