

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.285.04,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА», МИНИСТЕРСТВО
НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 18 апреля 2019 г. № 13

О присуждении Юрченко Никите Юрьевичу, гражданство Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка и исследование высокоэнтропийных сплавов с высокой удельной прочностью на основе системы Al-Cr-Nb-Ti-V-Zr» по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов принята к защите 13 февраля 2019 г. (протокол заседания № 6), диссертационным советом Д 212.285.04, созданным на базе ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России, 620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19; созданным приказом Минобрнауки России № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель, Юрченко Никита Юрьевич, 1992 года рождения.

В 2014 г. окончил ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» по специальности 210602 Наноматериалы; в 2018 г. окончил очную аспирантуру ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» по направлению подготовки 22.06.01 Технологии материалов (Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов); работает в должности младшего научного сотрудника лаборатории объемных

наноструктурных материалов ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре материаловедения и нанотехнологий ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, Салищев Геннадий Алексеевич, ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Институт инженерных и цифровых технологий, кафедра материаловедения и нанотехнологий, профессор.

Официальные оппоненты:

Бродова Ирина Григорьевна, доктор технических наук, профессор, ФГБУН Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, лаборатория цветных сплавов, главный научный сотрудник;

Попов Николай Артемьевич, кандидат технических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, кафедра термообработки и физики металлов, ведущий инженер

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва – в своем положительном отзыве, подписанном Никулиным Сергеем Анатольевичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой материаловедения и физики прочности, указала, что диссертационное исследование Юрченко Н.Ю. является самостоятельной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований и их интерпретации получены новые результаты, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области экспериментальных исследований структурных и механических свойств в

высокоэнтропийных сплавах системы Al-Cr-Nb-Ti-V-Zr. Диссертация отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней (п. 9), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Соискатель имеет 16 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 16 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 8 работ.

Другие публикации по теме диссертации представлены в виде 1 патента РФ на изобретение, 7 тезисов докладов, опубликованных в сборниках материалов международных конференций. Общий объем опубликованных работ – 6,0 п.л., авторский вклад – 2,74 п.л.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значительные работы по теме диссертации:

статьи, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК:

1. Yurchenko N.Y. Structure and mechanical properties of the $AlCr_xNbTiV$ ($x = 0, 0.5, 1, 1.5$) high entropy alloys / N.D. Stepanov, N.Y. Yurchenko, D.V. Skibin, M.A. Tikhonovsky, G.A. Salishchev // Journal of Alloys and Compounds. – 2015. – Vol. 652, – P. 266 – 280; 0,9375 п.л. / 0,28125 п.л.; Scopus, Web of Science.

2. Yurchenko N.Y. An $AlNbTiVZr_{0.5}$ high-entropy alloy combining high specific strength and good ductility / N.D. Stepanov, N.Y. Yurchenko, V.S. Sokolovsky, M.A. Tikhonovsky, G.A. Salishchev // Materials Letters. – 2015. – Vol. 161, – P. 136 – 139; 0,25 п.л. / 0,1 п.л.; Scopus, Web of Science.

3. Yurchenko N.Y. Effect of Al content on structure and mechanical properties of the $Al_xCrNbTiVZr$ ($x = 0; 0.25; 0.5; 1$) high-entropy alloys / N.Y. Yurchenko, N.D. Stepanov, D.G. Shaysultanov, M.A. Tikhonovsky, G.A.

Salishchev // Materials Characterization. – 2016. – Vol. 121, – P. 125 – 134; 0,625 п.л. / 0,3125 п.л.; Scopus, Web of Science.

4. Yurchenko N. Laves-phase formation criterion for high-entropy alloys / N. Yurchenko, N. Stepanov, G. Salishchev // Materials Science and Technology. – 2017. – Vol. 33 (1), – P. 17 – 22; 0,375 п.л. / 0,1875 п.л.; Scopus, Web of Science.

5. Yurchenko N.Y. Structure and mechanical properties of B2 ordered refractory AlNbTiVZr_x (x = 0-1.5) high-entropy alloys / N.Y. Yurchenko, N.D. Stepanov, S.V. Zherebtsov, M.A. Tikhonovsky, G.A. Salishchev // Materials Science and Engineering A. – 2017. – Vol. 704, – P. 82 – 90; 0,5625 п.л. / 0,28125 п.л.; Scopus, Web of Science.

6. Yurchenko N.Y. Structure and hardness of B2 ordered refractory AlNbTiVZr_{0.5} high entropy alloy after high-pressure torsion / N.D. Stepanov, N.Y. Yurchenko, A.O. Gridneva, S.V. Zherebtsov, Y.V. Ivanisenko, G.A. Salishchev // Materials Science and Engineering A. – 2018. – Vol. 716, – P. 308 – 315; 0,5 п.л. / 0,15 п.л.; Scopus, Web of Science.

7. Yurchenko N.Y. Effect of Cr and Zr on phase stability of refractory Al-Cr-Nb-Ti-V-Zr high-entropy alloys / N.Y. Yurchenko, N.D. Stepanov, A.O. Gridneva, M.V. Mishunin, G.A. Salishchev, S.V. Zherebtsov // Journal of Alloys and Compounds. – 2018. – Vol. 757, – P. 403 – 414; 0,75 п.л. / 0,375 п.л.; Scopus, Web of Science.

8. Yurchenko N. Oxidation Behavior of Refractory AlNbTiVZr_{0.25} High-Entropy Alloy / N. Yurchenko, E. Panina, S. Zherebtsov, G. Salishchev, N. Stepanov // Materials. – 2018. – Vol. 11 (12), 2526; 0,9375 п.л. / 0,5625 п.л.; Scopus, Web of Science.

Патент РФ на изобретение:

9. Жаропрочный высокоэнтروпийный сплав: пат. 2631066 Рос. Федерация: МПК⁵¹ С23С / Г.А. Салищев, Н.Д. Степанов, Н.Ю. Юрченко, С.В. Астафуров; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» (НИУ

«БелГУ»). – № 2016142321; заявл. 27.10.2016; опубли. 18.09.2017, Бюл. № 26.
– 9 с.; 0,5625 п.л. / 0,225 п.л.

На автореферат поступили положительные отзывы:

1. Валиева Руслана Зуфаровича, д-ра физ.-мат. наук, профессора, директора Научно-исследовательского института физики перспективных материалов, заведующего кафедрой материаловедения и физики металлов, и Мурашкина Максима Юрьевича, канд. техн. наук, старшего научного сотрудника Научно-исследовательского института физики перспективных материалов ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа. Содержит вопросы:

- с чем связано резкое разупрочнение, наблюдаемое в исследуемых сплавах в интервале температур 800-1000°C?

- как оценивалось твердорастворное упрочнение в таких многокомпонентных сплавах?

2. Черкашневой Натальи Николаевны, главного металлурга АО «ОДК-Авиадвигатель», г. Пермь. Содержит замечания:

- в работе отсутствует информация для разработанного сплава о таких важных для практических применений характеристиках, как пластичность на растяжение, вязкость разрушения, ударная вязкость, сопротивление усталости;

- в работе встречаются описки.

3. Коневой Нины Александровны, д-ра физ.-мат. наук, профессора кафедры физики ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет», г. Томск. Содержит замечания:

- на рисунке 4б и 5б, необходимо было отметить погрешность измерений степени дальнего порядка;

- результаты работы опубликованы в основном в зарубежных журналах, на наш взгляд, нельзя пренебрегать публикациями в отечественных журналах.

4. Фота Андрея Петровича, д-ра техн. наук, профессора, главного ученого секретаря – начальника отдела диссертационных советов, и Приймак

Елены Юрьевны, канд. техн. наук, доцента, доцента кафедры материаловедения и технологии материалов ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург. Содержит замечание:

- в автореферате не представлены результаты промышленного апробирования разработанных составов ВЭС в реальных условиях эксплуатации с последующей оценкой экономического эффекта от внедрения.

5. Найденкина Евгения Владимировича, д-ра физ.-мат. наук, заведующего лабораторией физического материаловедения ФГБУН Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук, г. Томск. Содержит замечания:

- в методической части автореферата не указано, какие лигатуры и с какой чистотой были использованы при получении исследуемых сплавов, а также какое оборудование применялось для структурных исследований и механических испытаний. Кроме того, не приведены геометрические размеры образцов на сжатие, что является важным для определения механических свойств изучаемых высокоэнтропийных сплавов;

- в выводе 8 работы приводится сопоставление полученных на сплаве $\text{AlNbTiVZr}_{0,25}$ результатов механических высокотемпературных испытаний и прироста массы в сравнении с никелевыми суперсплавами и алюминидами титана, содержащими ванадий. Вместе с тем известно, что добавка ванадия к сплавам TiAl приводит к снижению их сопротивления окислению при повышенных температурах, в связи с чем, такое сравнение не является корректным.

- в положениях, выносимых на защиту, содержится только описательная часть и не представлены конкретные результаты, что затрудняет их сопоставление со сделанными в работе основными выводами.

6. Панова Дмитрия Олеговича, канд. техн. наук, старшего научного сотрудника кафедры «Металловедение, термическая и лазерная обработка

металлов» ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь. Содержит вопросы:

- каким образом степень упорядоченности В2 фазы может влиять на уровень прочности ВЭС системы Al-Cr-Nb-Ti-V-Zr?

- в каких узлах и механизмах может найти применение разработанный и запатентованный в рамках диссертационного исследования ВЭС?

7. Добаткина Сергея Владимировича, д-ра техн. наук, профессора, заведующего лабораторией металловедения цветных и легких металлов, и Страумала Петра Борисовича, канд. физ.-мат. наук, старшего научного сотрудника лаборатории металловедения цветных и легких металлов ФГБУН Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, г. Москва. Содержит замечание:

- не вполне ясно, с чем связано разупрочнение в интервале температур 800-1000°C, наблюдаемое во всех исследуемых сплавах.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью своими достижениями среди научно-технической общественности и специалистов в данной отрасли науки, их высокой научной компетентностью в области металлургии многокомпонентных сплавов, в том числе, высокоэнтропийных сплавов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- предложена эквиатомная композиция AlNbTiV с однофазной структурой в системе Al-Cr-Nb-Ti-V-Zr с использованием термодинамического моделирования и расчета феноменологических параметров;

- построены квази-бинарные фазовые диаграммы систем AlNbTiV-Cr и AlNbTiV-Zr, прогнозирующие образование фазы Лавеса C14 и σ -фазы или фаз типа Zr_xAl_y различной стехиометрии при легировании сплава AlNbTiV, соответственно, Cr или Zr;

- **разработан** критерий формирования фаз Лавеса в высокоэнтропийных сплавах, определенный как средние разницы атомных радиусов, δ_r , и электроотрицательностей по Аллену, $\Delta\chi_{\text{Аллен}}$, больше 5,0% и 7,0%, соответственно, и наиболее корректно работающий для сплавов, состоящих из Al и элементов 4-6 групп;

- **определено** влияние легирования Cr или Zr на сплав AlNbTiV с однофазной B2 структурой, заключающееся в снижении степени упорядочения B2 фазы и выделении вторых фаз: фазы Лавеса C14 в Cr-содержащих сплавах и фаз типа Zr_5Al_3 и Лавеса C14 в сплавах с Zr;

- **выявлены** механизмы роста прочности в исследуемых сплавах, связанные как с упорядочением B2 фазы, равно как в сплавах AlNbTiVZr_x с твердорастворным, а в сплавах AlCr_xNbTiV также и с дисперсионным упрочнением.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **установлены** взаимосвязи между химическим и фазовыми составами, а также их влияние на механические свойства высокоэнтропийных сплавов на основе тугоплавких металлов, которые могут служить методологической основой для создания практически значимых композиций, перспективных для высокотемпературных конструкционных применений.

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

- **разработан** сплав AlNbTiVZr_{0,25} с более высокими удельными пределами текучести и ползучести, по сравнению с применяемыми до температуры 600°C никелевыми, железохромоникелевыми и титановыми сплавами, а также с удовлетворительным сопротивлением окислению и стабильностью структуры и свойств при длительных высокотемпературных отжигах (Патент РФ № 2631066).

Оценка достоверности результатов исследований выявила:

- **достоверность полученных результатов** определяется применением комплекса современной экспериментальной техники и измерительных приборов, комплекса современных методов исследования, а также воспроизводимостью и непротиворечивостью результатов, полученных различными методами;

- **теоретические рекомендации базируются** на общепринятых теориях и результатах, представленных в независимых источниках по данной тематике, и подтверждаются экспериментальными данными, полученными диссертантом;

- **установлены:** сходимость полученных результатов и выводов; сходимость теоретических и экспериментальных результатов, полученные автором результаты согласуются с данными зарубежного и отечественного опыта.

Личный вклад соискателя состоит в выполнении основного объема экспериментальных исследований, изложенных в диссертационной работе, включающих подготовку объектов исследования, проведение экспериментов, обработку результатов исследования, участие в разработке методик проведения экспериментов и обсуждении полученных результатов, подготовку материалов для статей и докладов.

Диссертационная работа Юрченко Н.Ю. соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной задачи исследования влияния химического состава на структуру и механические свойства высокоэнтропийных сплавов системы Al-Cr-Nb-Ti-V-Zr с целью разработки сплава с высокой удельной прочностью, перспективного для высокотемпературного конструкционного применения, имеющей важное значение для развития материаловедения.

На заседании 18.04.2019 г. диссертационный совет принял решение присудить Юрченко Н.Ю. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 20, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета



Попов Артёмий Александрович

Ученый секретарь

диссертационного совета

Селиванова Ольга Владимировна

«18» апреля 2019 г.