ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ 212.224.03
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА (ДОКТОРА) НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 22.06.2022г. № 8

О присуждении **Алаттар Абоелкхаир Лоаи Абоелкхаир**, гражданство – Арабская Республика Египет, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Формирование повышенных теплофизических свойств конструкционных сплавов системы Al-Cu» по специальности 05.16.02 - Металлургия чёрных, цветных и редких металлов принята к защите 18.04.2022 г., протокол № 4 диссертационным советом ГУ 212.224.03 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России, 199106, Санкт-Петербург, линия 21-я В.О., дом 2, приказ ректора Горного университета о создании диссертационного совета от 08.11.2019 № 1518 адм, с изменениями от 09.12.2019 № 1684 адм, от 15.06.2020 № 736, от 19.10.2020 № 1422, от 25.02.2021 № 327 адм, от 06.04.2021 № 662 адм, от 23.12.2021 № 2513 адм, от 28.12.2021 № 2553 адм.

Соискатель Алаттар Абоелкхаир Лоаи Абоелкхаир, 02 октября 1988 года рождения, в 2016 г. окончил Факультет естественных наук Университета Мансура в Арабской Республике Египет, с присвоением степени Магистра наук по Геология/Прикладная геофизика, с 2018г. по настоящий время является аспирантом очной формы обучения кафедры металлургии в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

Научный руководитель — доктор технических наук, доцент **Бажин Владимир Юрьевич**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», кафедра автоматизации технологических процессов и производств, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Беляев Сергей Владимирович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», кафедра Литейное производство, заведующий кафедрой;

Ибрагимов Владислав Эдуардович, кандидат технических наук, акционерное общество «Центральное конструкторское бюро машиностроения», начальник заготовительного цеха;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация - **Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»**, г. Екатеринбур, в своем положительном отзыве, подписанном Сулициным Андреем Владимировичем, доктором технических наук, доцентом, заведующим кафедрой литейного производства и упрочняющих технологий и утверждённом Германенко Александром Викторовичем, д-р физ-мат. наук, доцентом, проректором по науке, указала, что разработана и научно-обоснована технология производства высокопрочного алюминиевого сплава с заданным уровнем свойств путем армирования базового сплава частицами карбида бора. Разработанный способ приготовления композиционного сплава позволяет получать изделия, которые имеют более высокий предел текучести, чем у изделий из стандартных сплавов, что дает возможность замены материала некоторых деталей в машиностроительной и автомобильной отрасли с целью повышения их надежности.

Соискатель имеет 7 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 7 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 7 работ, в том числе в 1 статьях - в издании из перечня рецензируемых научных изданий, в котором должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 3 статьях - в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получен 1 патент.

Общий объем 1,88 печатных листов, в том числе 0,94 печатных листов – соискателя.

Публикации в изданиях из Перечня ВАК:

1. **Алаттар, А.Л.А.** Повышение механических свойств композиционных алюминиевых сплавов при вводе карбида бора / А.Л.А. Алаттар, В.Ю. Бажин, А.А. Власов // Вестник Иркутского государственного технического университета, 2020. № 24 (3). С. 663-671.

Соискателем выполнено научное обоснование влияния добавки карбида бора на механические свойства (микротвердость и прочность на растяжение).

Публикации в издании, входящем в международные базы данных и системы цитирования Scopus:

2. **Алаттар, А.Л.А.** Композиционные материалы Al-Cu-B_4C для получения высокопрочных заготовок / А.Л.А. Алаттар, В.Ю. Бажин // Металлург, 2020 № 6. С. 65-70.

Соискателем обоснованы рациональные технологические режимы и параметры производства композиционных материалов на основе системы Al-Cu-B_4C.

3. Bazhin, V.Yu. Development of technologies for the production of multicomponent ligatures Al-Cu-B-C with high thermal characteristics / V.Yu. Bazhin, **A.L. Alattar**, I.V. Danilov // In IOP Conference Series. Materials Science and Engineering, 2019. Vol. 537. No. 2. pp. 1-6.

Бажин В.Ю. Разработка технологий производства многокомпонентных лигатур Al-Cu-B-C с высокими термическими характеристиками / В.Ю. Бажин, **А.Л.А. Алаттар**, И.В. Данилов // В серии конференций IOP. Материаловедение и инженерия. – 2019. – Вып. 537. – № 2. – С. 1-6

Соискателем обосновано: использование технологической схемы литья под давлением для уменьшения пористости и улучшения смачиваемости между Al-матрицей и частицами легирующих элементов.

4. **Alattar, A.L.** Development properties of aluminum matrix composites reinforced by particles of boron carbide / A.L. Alattar, V.Yu. Bazhin // In Journal of Physics: Conference Series, 2021. Vol. 1990. No. 1. pp. 471-479.

Алаттар А.Л.А. Особенности развития композитов с алюминиевой матрицей, армированных частицами карбида бора / А.Л.А. Алаттар, В.Ю. Бажин // Журнале физики: Серия конференций. – 2021. – Том.1990. – № 1. – С. 471-479.

Соискателем проведены испытания и изучены механические свойства заготовок (предел прочности на разрыв, относительное удлинение, микротвердость по Виккерсу), полученные при различных технологических режимах.

Публикации в прочих изданиях:

5. **Alattar, A.L.** Structural, Microstructure and Mechanical Properties of Al5Cu/B4C Composite alloy production By Casting for High Potential Application / A.L. Alattar, V.Yu. Bazhin // The first International Conference on Material Science and Application, ICMSA-Sharm El-Sheih, Egypt, 2019. pp. 14-17.

Алаттар А.Л.А. Структурная микроструктура и механические свойства композитного сплава Al-5Cu/B4C методом литья для перспективного применения / А.Л.А. Алаттар, В.Ю. Бажин // Первая международная конференция по материаловедению и применению, ICMSA-Шарм-эль-Шейх, Египет. – 2019. – С. 014.

Соискателем изучены закономерности формирования структуры и свойств композитов при вводе карбида бора с содержанием в расплаве в интервале 2-7%.

6. **Alattar, A.L.** Development properties of aluminum metal matrix composites reinforced by particles of boron carbide using powder metallurgy / A.L. Alattar, V.Yu. Bazhin // XVI International Forum-Contest of Students and Young Researchers "Topical Issues of Rational Use of Natural Resources", Saint Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, Russia. June 17th-19th, 2020. pp. 131-132.

Алаттар А.Л.А. Разработка свойств композитов с металлической матрицей алюминия, армированных частицами карбида бора, с использованием порошковой металлургии / А.Л.А. Алаттар, В.Ю. Бажин // XVI Международный форум-конкурс студентов и молодых исследователей «Актуальные вопросы рационального использования природных ресурсов», Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия. 17-19 июня. – 2020. – С. 131.

Соискателем изучено исследование микроструктурных изменений алюмоматричных заготовок, полученных совмещенным способом литья и штамповки, при последующей термической обработке.

7. **Алаттар, А.Л.А.** Разработка технологии производства многокомпонентных лигатур Al-Cu-B-C с высокими теплофизическими характеристиками / А.Л.А. Алаттар, В.Ю. Бажин // Международный симпозиум "Нанофизика и наноматериалы" Санкт-Петербург, Россия 24-25 ноября – 2021.

Соискателем обоснованы параметры технологии производств композиционных материалов при вводе керамических частиц различного количества и состава.

Патент:

8. Патент № 2750658 Российская Федерация, МПК C22C 1/10 (2006.01), C22C 21/12 (2006.01). Способ получения алюминиевого сплава, армированного карбидом бора № 2750658; заявл. 16.12.2020; опубл. 30.6.2021, Бюл. № 19. / Бажин В.Ю., **Алаттар А.Л.А.,** Шариков Ф.Ю. – 7 с.

Апробация диссертационной работы проведена на научно-практических мероприятиях с докладами: Первая международная конференция по материаловедению и применению (ICMSA 2019) Египет, Шарм Эль Шейх 2019; Конференция IOP, Международный семинар - (MIP: Engineering -2019) Красноярск, Россия, 4-6 апрель 2019 г; Конференция The XVI International Forum-Contest of Students and Young Researchers "Topical Issues of Rational Use of Natural Resources", Международный семинар, Санкт-Петербургский Горный Университет, Санкт-Петербург, Россия, 17-19 июня 2020; Конференция II Международный форум «Ключевые тренды в композитах: наука и технологии»; Международный симпозиум "Нанофизика и наноматериалы" Санкт-Петербург, Россия 24-25 ноября 2021.

В диссертации **Алаттар Абоелкхаир Лоаи Абоелкхаир** соискателя отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: к.т.н., инженера-технолога VI Engineering Group **Д.В. Горленкова**; к.т.н., генерального директора ООО «ЭКОтехнологии» **А.Н. Телякова**; к.х.н., с.н.с. лаборатории хрмии гетерогенных процессов федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт химии твердого тела Уральского отделения Российской академии наук **В.М. Скачкова**; к.т.н., доцента кафедры машиностроения и металлургии «Северо-Западного открытого технического университета» **Т.А. Александровой**; д.т.н., заведующего лабораторией химии гетерогенных процессов, г.н.с. ФГУБН Институт химии твердого тела УРО РАН, **Н.А. Сабирзянова**; к.т.н., доцента кафедры теоретических основ материаловедения ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт» (технический университет) **С.П. Богданова**; к.т.н., начальник технического отдела, акционерное общество «Боровичский комбинат огнеупоров» **С.И. Гершковича**; гл.н.с., д.т.н., руководитель лаборатории металлургии редких элементов Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева - обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук» **В.Н. Колосова**;

В отзывах дана положительная оценка проведенных исследований, отмечена актуальность выбранной темы, большая практическая значимость работы и профессиональный подход к решению поставленных задач, однако имеется ряд замечаний:

1. Каковы критерии выбора карбида бора в качестве основного армирующего компонента? **(к.т.н. Д.В. Горленков)**

2. Какими должны быть условия для создания равномерной струкутуры при штамповке сплава в жидко-твердом состоянии и для чего нужна эта стадия обработки? **(к.т.н. Д.В. Горленков)**

3. Как состояние поверхности частиц карбида, и как оно может улучшить механические свойства образца. **(к.т.н. А.Н. Теляков)**

4. Из кинетической зависимости термообработки не ясно, в какой промежуток времени может измениться структурная упорядоченность образца. **(к.т.н. А.Н. Теляков)**

5. При выборе условий перемешивания расплава не учтены форма и материал тигля. **(к.т.н. Т.А. Александрова)**

6. Не понятно, чем отличается предлагаемая технология от стандартных условий получения композиционных сплавов. **(к.т.н. Т.А. Александрова)**

7. К сожалению, в автореферате не представлено сопоставление свойств и характеристик предлагаемого композиционного сплава с известными. **(д.т.н. Н.А. Сабирзянов)**

8. В автореферате не приведены обоснование снижения себестоимости изготовления предлагаемых и расчет экономической эффективности от их использования. **(д.т.н. Н.А. Сабирзянов)**

9. Каким образом определяли краевой угол смачивания (рис.6?) **(д.т.н. Н.А. Сабирзянов)**

10. В автореферате (и в тексте диссертации) на стр. 7 инверсионный металлургический микроскоп LECCO LX 31 ошибочно назван сканирующим электронным микроскопом. **(к.т.н. С.П. Богданов)**

11. Размер порошков принято указывать диапазоном основной зернистости или значением среднего размера D_{50}. На рис. 2 автореферата и в табл. 3.1 диссертации следовало это учесть. **(к.т.н. С.П. Богданов)**

12. Рисунок 10 не понятен. Почему относительное удлинение измеряется в миллиметрах, а не в процентах? Почему графики называются «зависимость напряжённого состояния», тогда как на оси «предел прочности»? Напряжённое состояние — это несколько другое. Скорее всего на рисунке изображены кривые растяжения, т.е. зависимость напряжения от удлинения, но тогда на них нет предела прочности. **(к.т.н. С.П. Богданов)**

13. Так же не понятны результаты таблицы 1. В тексте сказано, что механические характеристики испытаны у четырёх образцов, а в таблице мы видим 20 значений предела прочности на растяжение! Можно предположить, что это не предел прочности, а значения напряжений в процессе растяжения образцов. **(к.т.н. С.П. Богданов)**

14. Для всех графических материалов в работе не указаны доверительные интервалы полученных значений. Каждая точка на графиках и в таблицах — это результат единственного опыта или среднее значения нескольких опытов? **(к.т.н. С.П. Богданов)**

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью оппонентов в соответствующей отрасли науки и наличием у них

публикаций в сфере исследования, а также широкой известностью ведущей организации своими достижениями по соответствующей теме исследования отрасли наук и способностью определить научную и практическую значимость диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана технология производства заготовок с высокими теплофизическими и механическими характеристиками из композиционных алюминиевых сплавов системы Al-Cu при вводе частиц карбида бора;

предложена экономически эффективная технология производства алюминиевых сплавов системы Al-Cu-B_4C с равномерной структурой и высокими механическими свойствами для эксплуатации изделий в экстремальных условиях и химически агрессивных средах;

доказано аналитическое исследование особенностей модифицирования алюминиевых сплавов керамическими частицами различного типа и состава. Научное обоснование выбора карбида бора в качестве основных армирующих частиц для алюминиевого сплава Al-Cu; выбор условий предварительной подготовки и нагрева частиц карбида бора B_4C, и обоснование скорости перемешивания и температурного режима при их вводе в расплав; изучение закономерностей формирования структуры композиционного сплава при вводе карбида бора с содержанием частиц в расплаве в интервале 2-7%; исследование микроструктурных изменений алюмо-матричных композитных заготовок, полученных совмещенным способом литья и штамповки с последующей термической обработкой заготовки; изучение механических свойств заготовок (предел прочности на разрыв, относительное удлинение, микротвердость по Виккерсу), полученных при различных технологических режимах.

введена новая технология производства высокопрочных алюминиевых сплавов с заданным уровнем свойств (Патент РФ № 2750658), модифицированных частицами карбида бора;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана кристаллизация под давлением (совмещенный способ литья и штамповки) после механического перемешивания частиц. B_4C приводит к значительному снижению водородной пористости, низкой ликвации, и образованию интерметаллических фаз со смачиваемостью 80-90% на границе раздела «матрица-частица»;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован при изучении свойств композиционного сплава, при вводе частиц карбида бора с различными

размерами от 1-25 мкм. Определено, что для обеспечения равномерной плотности для её наилучших значений, размер частиц карбида бора B_4C должен находиться в пределах от 5 до 15 мкм.

изложены результаты изменения плотности расплава в зависимости от содержания частиц карбида бора. в расплаве. Содержание частиц B_4C указывает на то, что устойчивые ее значения достигаются в интервале от 2 до 7%. При низком содержании наблюдается высокий уровень ликвации частиц в расплаве Al-Cu, а при повышении более 7% происходит образование осадков из агломератов на дне тигля.

раскрыты закономерности протекания процесса синтеза композитов на основе алюминия, армированных частицами карбида бора.

изучены механические свойства алюминиевых композиционных материалов, армированных частицами карбида бора.

проведена модернизация базы экспериментальных данных о переработке частицами карбида бора на основе использования современного высокотехнологичного лабораторного и аналитического оборудования.

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

разработаны и внедрены: способ получения композиционного сплава, который позволяет получить образцы, имеющие более высокий предел текучести, чем у изделий из стандартного поршневого силумина АК12ММгН ($\sigma_{0,2}$ = 221 МПа). Это дает возможность замены некоторых деталей из силумина в машиностроительной и автомобильной отрасли Египта, на детали и узлы из новых полученных материалов, произведенных в компании Egypt Aluminum Company (Египетская алюминиевая компания);

определены перспективы и область практического использования разработанных способов; создана система для практического внедрения предлагаемых способов в производство алюминиевых сплавов;

создана система для практического внедрения предлагаемых способов в производство алюминиевых сплавов;

представлены рекомендации к использованию полученных теоретических и экспериментальных данных в учебных дисциплинах при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Металлургия». Получен акт о внедрении результатов диссертационного исследования, который выдан 28.01.2022, подтверждающий их использование в учебном процессе кафедры металлургии при изучении дисциплин «Металлургия легких металлов» и «Металлургические технологии производства и

обработки металлов», читаемых студентам по направлению подготовки 22.03.02 «Металлургия».

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены с использованием апробированных известных методик измерения на поверенном оборудовании на базе лаборатории кафедры металлургии, а также на базе центра коллективного пользования Санкт-Петербургского горного университета и лаборатории Таббинского института металлургических исследований (Египет);

теория построена на проверенных данных и фактах, согласующихся с опубликованными в открытом доступе экспериментальными данными других исследователей и ученых по теме диссертации;

идея базируется на результатах анализа способов получения высококачественных алюмо-матричных алюминиевых сплавов, армированных частицами B_4C;

установлено соответствие данных с лабораторными испытаниями и с результатами теоретических исследований;

использованы современные методы сбора и обработки исходной информации;

установлено, что использование таких подходов и норм позволяет говорить о высокой достоверности полученных результатов, которые находят объяснение с позиций современной теории производства алюминиевых сплавов, а предлагаемые технические решения соответствуют современным трендам в развитии технологических процессов производства алюминиевых сплавов.

Личный вклад соискателя состоит в: обосновании направления исследований; постановке целей и задач исследования; проведении патентного поиска и анализа научно-технической литературы; в выполнении лабораторных исследований; в обработке и анализе результатов исследований, разработке технических решений для создания технологии получения алюминиевых сплавов, армированных частицами карбида бора; в формулировании защищаемых положений и выводов работы и подготовке материалов к публикации.

На заседании 22.06.2022 г. диссертационный совет принял решение присудить **Алаттар Абоелкхаир Лоаи Абоелкхаир** ученую степень кандидата технических наук за решение важной научно-практической задачи по разработке технических решений в области разработки технологии производства заготовок с высокими теплофизическими и механическими характеристиками из композиционных алюминиевых сплавов системы Al-Cu при вводе частиц карбида бора.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 7 доктора наук (по научной специальности рассматриваемой

диссертации), участвовавших в заседании, из 21 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за - 15, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель диссертационного совета Сизяков Виктор Михайлович

Ученый секретарь диссертационного совета Бодуэн Анна Ярославовна

22.06.2022 г.