

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: 24.2.327.04 (Д 212.125.15)

Соискатель: Наумова Евгения Александровна

Тема диссертации: «Разработка научных основ легирования алюминиевых сплавов эвтектического типа кальцием» выполнена на кафедре «Обработка металлов давлением» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС».

Специальность: 2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» (технические науки).

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации: на заседании 10 июня 2025 года, протокол № 280/25, диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, по научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению она удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, и принял решение присудить Наумовой Евгении Александровне ученую степень доктора технических наук.

Присутствовали:

Мамонов А.М. – председатель диссертационного совета;

Скворцова С.В. – ученый секретарь диссертационного совета;

Члены диссертационного совета:

д.т.н. Андрианова Н.Н., д.т.н. Бецофен С.Я., д.т.н. Бабаевский П.Г., д.т.н. Бухаров С.В., д.т.н. Гусев Д.Е., д.т.н. Егорова Ю.Б., д.т.н. Иванов Д.А., д.т.н. Коллеров М.Ю., д.т.н. Крит Б.Л., д.т.н. Лозован А.А., д.т.н. Никитина Е.В., д.т.н. Ракоч А.Г., д.т.н. Серов М.М., д.т.н. Терентьева В.С., д.т.н. Чекалова Е.А., д.т.н. Шляпин С.Д.

Ученый секретарь
диссертационного совета

С.В. Скворцова

ЗАКЛЮЧЕНИЕ
ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.04,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 10 июля 2025 года № 280/25

О присуждении Наумовой Евгении Александровне, гражданке Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Разработка научных основ легирования алюминиевых сплавов эвтектического типа кальцием» по специальности 2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» принята к защите 04 апреля 2025 г., протокол № 265/25 диссертационным советом 24.2.327.04 (Д 212.125.15), созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, Приказ о создании совета № 129/нк от 22.02.2017 г. и приказ о внесении изменений в состав совета № 692/нк от 18.11.2020 г.

Соискатель Наумова Евгения Александровна, 07 июня 1967 года рождения, в 1989 году закончила Московский ордена Октябрьской революции и ордена Трудового Красного Знамени институт стали и сплавов.

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Исследование структуры и свойств жаропрочных литейных сплавов эвтектического типа на базе системы алюминий-церий» защитила в 1999 году в диссертационном совете, созданном на базе Московского государственного института стали и сплавов (технологического университета), работает доцентом кафедры «Обработка металлов давлением» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный

исследовательский технологический университет «МИСИС» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре «Обработка металлов давлением» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант – доктор технических наук Белов Николай Александрович, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», кафедра «Обработка металлов давлением», профессор.

Официальные оппоненты:

Овчинников Виктор Васильевич, доктор технических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», кафедра «Материаловедение», заведующий кафедрой;

Бродова Ирина Григорьевна, доктор технических наук, профессор, ФГБУ Институт физики металлов имени М. Н. Михеева УрО РАН, лаборатория цветных металлов, главный научный сотрудник;

Арышенский Евгений Владимирович, доктор технических наук, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», кафедра обработки металлов давлением и материаловедения, заведующий кафедрой

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, в своем положительном отзыве, подписанном Лопатиной Е.С. врио кафедры МиТОМ, кандидатом технических наук и утвержденном врио проректора по научной работе, кандидатом технических наук Казаковым В.С., указала, что по научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению диссертационная работа соответствует требованиям

п.п. 9 – 14 Положения о присуждении учёных степеней в редакции Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Соискатель имеет 143 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации 143 работы, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 46 работ.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Наумова, Е.А. Эвтектические сплавы на основе системы Al–Ca с добавкой скандия как возможная альтернатива термически упрочняемых силуминов / Наумова Е.А., Базлова Т.А., Алексеева Е.В. // Цветные металлы. – 2015. – № 10. – С. 29-33.
2. Belov, N.A. Eutectic alloys based on the Al–Zn–Mg–Ca system: microstructure, phase composition and hardening / Belov N.A., Naumova E.A., Akopyan T.K. // Materials Science and Technology. – 2017. – Vol. 33. – № 6. – Pp. 656-666.
3. Belov, N.A. Effect of 0.3 wt% Sc on structure, phase composition and hardening of Al–Ca–Si eutectic alloys / Belov N.A., Naumova E.A., Akopyan T.K. // Transactions of Nonferrous Metals Society of China. – 2017. – Vol. 27. – № 4. – Pp. 741-746.
4. Belov, N.A. Phase Diagram of Al-Ca-Mg-Si System and Its Application for the Design of Aluminum Alloys with High Magnesium Content / Belov N.A., Naumova E.A., Akopyan T.K., Doroshenko V.V. // Metals. – 2017. – Vol. 7. Iss. 10. – P. 429.
5. Belov, N.A. Phase Diagram of the Al-Ca-Fe-Si System and Its Application for the Design of Aluminum Matrix Composites / Belov N.A., Naumova E.A., Akopyan T.K., Doroshenko V.V. // JOM. – 2018. – Vol. 70. – № 11. – Pp. 2710-2715.
6. Naumova, E.A. Use of calcium in alloys: from modifying to alloying / Naumova E.A. // Russian Journal of Non-Ferrous Metals. – 2018. – Vol. 59. – № 3. – Pp. 284-298.

7. Naumova, E.A. Investigation of the structure and properties of eutectic alloys of the Al – Ca – Ni system containing REM / Naumova E.A., Akopyan T.K., Letyagin N.V., Vasina M.A. // Non-ferrous Metals. – 2018. – No. 2. – Pp. 24-29.

8. Naumova, E.A. Effect of Ca and Zn alloying on structure and properties of Al-2.5%Mg-Ca-Zn alloys / Naumova E.A., Petrzhik M.I., Shurkin P.K., Sokorev A.A. // Non-ferrous Metals. – 2019. – Vol. 46. – No. 1. – Pp. 22-27.

9. Naumova, E.A. Investigation of the effect of cerium on the structure and properties of calcium-containing aluminum alloys / Naumova E.A., Vasina M.A., Chernogorova O.P., Rogachev S.O., Zadorozhny M.Yu., Bobrysheva A.O. // Metallurgist. – 2024. – Vol. 67. – Pp. 1302-1314.

На автореферат поступило 13 отзывов: от ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» за подписью академика доктора физико-математических наук, руководителя лаборатории механических свойств наноструктурных и жаропрочных материалов Кайбышева Р.О.; от ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» за подписью профессора кафедры «Технологии функциональных и конструкционных материалов» Прусова Е. С.; от ООО «Институт легким материалов и технологий» за подписью руководителя проекта департамента деформируемых сплавов и композиционных материалов, к.т.н. Матвеевой И.А.; от ФГУН Институт Металлургии и материаловедения имени А.А.Байкова РАН за подписью ведущего научного сотрудника, доктора технических наук Бочвара С.Г.; от ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» за подписью профессора кафедры технологий обработки материалов, заместителя заведующего лабораторией «Механика градиентных наноматериалов им. А.П. Жилиева» Песина А.М.; от ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» за подписью профессора кафедры «Технологии обработки материалов», д.т.н. Батышева К.А.; от ООО «НПЦ Магнитной гидродинамики» за подписью директора, д.т.н. Тимофеева В.Н.; от АО «Русский

Алюминий Менеджмент» за подписью начальника отдела технологий производства новых видов продукции, к.т.н. Алабина А.Н.; от ФГБОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени С.П. Королева» за подписью профессора кафедры обработки металлов давлением, академика РАН, профессора, д.т.н. Гречникова Ф.В.; от АО «Самарский металлургический завод» за подписью директора по развитию бизнеса и новых технологий, к.т.н. Дрица А.М.; от ФГАОУ ВО «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН» за подписью заведующего кафедрой «Композиционные материалы», профессора, д.т.н., Сосенушкина Е.Н.; от Университета геологических наук Министерства горнодобывающей промышленности и геологии Республики Узбекистана за подписью руководителя офиса стратегического развития д.т.н., профессора Мансурова Ю.Н.; от ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» за подписью профессора кафедры материаловедения и физики прочности металлов, профессора, доктора физико-математических наук, заслуженного деятеля науки РФ и РБ Валиева Р.З.

Все отзывы положительные, в них отражена научная новизна, актуальность и практическая значимость работы, некоторые отзывы содержат замечания, например:

- упрочнение в модельном сплаве $Al_{7,6}CaO_3Sc$ иллюстрируются только результатами испытаний на твердость, а свойства на растяжение отсутствуют.
- из автореферата не понятно, чем влияние скандия или совместной добавки скандия и циркония на изученных автором сплавах отличается от хорошего известного влияния этих же элементов на алюминиевые сплавы других систем легирования.
- в работе много внимания уделяется разработке режимов термической обработки предложенных сплавов. На мой взгляд, было бы целесообразно запатентовать хотя бы часть из этих режимов.
- автор констатирует, что температурный режим отжига для разных групп сплавов различается, но не объясняет, от каких структурных особенностей эвтектик, кроме размерного фактора, этот режим зависит.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в области данной диссертационной работы, подтвержденной наличием у них соответствующих публикаций, а также их согласием.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложены принципы разработки конструкционных алюминиевых сплавов эвтектического типа, легированных кальцием, основанные на закономерностях распределения легирующих элементов в многокомпонентных системах между алюминиевой матрицей и эвтектическими фазами;

доказана возможность применения кальция в качестве основного легирующего элемента для литейных и деформируемых алюминиевых коррозионностойких сплавов на основе систем Al-Ca-X (где X – это Mn, Fe, Si, Zr, Sc);

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что добавка скандия в количестве 0,3 масс.% в сплавы систем Al-Ca и Al-Ca-X (где X, - Mg, Zn, Cu, Fe, Si, Ni, Zr, Mn) позволила повысить твердость на 30-40HV после отжига при температурах 300-350°C, по сравнению с литым состоянием. Упрочняющий эффект в кальций-содержащих алюминиевых сплавах может быть получен при полной или частичной замене скандия цирконием за счет выделения наночастиц фазы $L1_2$;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих базовых методов исследования структуры и механических свойств материалов, в том числе: электронная микроскопия, микрорентгеноспектральный и рентгеноструктурный анализы, исследование механических свойств;

изложены результаты исследования фазовых и структурных превращений в сплавах систем Al-Ca-Ce, Al-Ca-La, Al-Ca-Ni-Ce, Al-Ca-Ni-La, Al-Ca-Fe-Si, Al-Ca-Mn-Fe и Al-Ca-Mg-Si. Установлены границы появления первичных кристаллов в неравновесных условиях, построены изотермические и политермические разрезы фазовых диаграмм. В системах Al-Ca-Ni-Ce,

Al-Ca-Ni-La, Al-Ca-Fe-Si и Al-Ca-Mn-Fe подтверждено наличие соединений $\text{Al}_9\text{La}_2\text{Ni}$, Al_2CaSi_2 , $\text{Al}_{10}\text{CaFe}_2$, $\text{Al}_{10}\text{Mn}_2\text{Ca}$, определены температуры и составы тройных/четверных эвтектик;

изучены взаимозависимости между составом, структурой и свойствами сплавов на основе системы Al-Ca-Zn-Mg, предложены режимы термической (Т6) и деформационных обработок, обеспечивающие комплекс механических свойств кальций-содержащих сплавов на уровне высокопрочных сплавов 7xxx серии.

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

разработаны технологические рекомендации по выплавке и деформационно-термической обработке легких коррозионностойких сплавов, упрочняемых частицами L_{12} без использования закалки, высокопрочных алюминиево-кальциевых сплавов, а также алюминиево-кальциевых «естественных композитов», содержащих до 40 об.% интерметаллидных частиц.

Разработанные алюминиево-кальциевые сплавы прошли опробование на серийном оборудовании предприятий партнеров ОК РУСАЛ при получении отливок методом литья под высоким давлением, на предприятии АО «Завод алюминиевых сплавов» и на предприятии ООО «НПЦ Магнитной гидродинамики» при получении слитков с использованием плавно-литейного комплекса с электромагнитным кристаллизатором и прессованных длинномерных прутков.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании, с применением проверенных методов исследования, показана воспроизводимость результатов исследования фазового состава и структуры сплавов, измерения механических свойств. Экспериментальные данные обрабатывали с помощью статистических методов;

идея базируется на анализе практики и обобщении передового опыта принципов легирования алюминиевых сплавов эвтектического типа и применении для легирования нового для данной группы сплавов эвтектикообразующего

компонента – кальция.

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации.

Личный вклад соискателя состоит в определении научного направления исследований, постановке задач, выполнении основного объема теоретических и экспериментальных исследований, интерпретации и обобщении полученных результатов, формулировке положений, рекомендаций и выводов, и написании научных статей.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

– Когда вы говорите о технологичности разработанных сплавов, что вы имеете в виду под «технологичностью»?

– Можно ли сказать, что ваши сплавы из-за их многофазности приближаются к высокоэнтропийным сплавам?

– Вы используете для легирования сплавов 0,3% Sc, скандий очень дорогостоящая добавка. Выгодно ли это с коммерческой точки зрения?

Соискатель Наумова Е.А. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию:

– Мы говорим о технологичности алюминиево-кальциевых сплавов при литье, ссылаясь на такие характеристики, как жидкотекучесть и горячеломкость. Все выбранные нами сплавы оптимального состава сопоставимы по этим характеристикам с доэвтектическими и эвтектическими силуминами. Когда мы говорим о технологичности этих сплавов при деформировании, мы сравниваем сплавы разных систем по степени максимальной общей деформации, не приводящей к разрушению образца.

– Нет, наши сплавы нельзя назвать высокоэнтропийными. У них не эквиатомный состав. Это сплавы на основе многокомпонентных систем, имеющие доэвтектический или близкий к эвтектическому состав и похожую на композит структуру (количество интерметаллидов от 10 до 30 об.% плюс пластичная

алюминиевая матрица), выбранные на основе анализа соответствующих диаграмм состояния с помощью расчетных (Thermo-Calc) и экспериментальных методов.

– Сплавы, содержащие 0,3% Sc, являлись в данной работе, модельными. При разработке перспективных композиций мы использовали экономное легирование (0,2%Zr+0,1%Sc).

На заседании 10 июля 2025 года диссертационный совет принял решение за научно обоснованные технические и технологические решения по разработке новых экономно легированных литейных и деформируемых алюминиевых коррозионностойких сплавов эвтектического типа с использованием кальция в качестве основного легирующего элемента, прочностные свойства которых сопоставимы со свойствами высокопрочных сплавов 7xxx серии, и технологических параметров изготовления фасонных отливок и деформированных полуфабрикатов, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны, присудить Наумовой Е.А. ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 6 докторов наук по специальности 2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов», участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 18, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель
диссертационного совета



Мамонов Андрей Михайлович

Ученый секретарь
диссертационного совета



Скворцова Светлана Владимировна

10 июля 2025 года

Проректор по научной работе



Иванов Андрей Владимирович