

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: 24.2.327.04 (Д 212.125.15)

Соискатель: Проценко Евгений Олегович

Тема диссертации: «Закономерности структурно-фазовых превращений в сварных соединениях листов из алюмокальциевых сплавов» выполнена на кафедре «Материаловедение» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет».

Специальность: 2.6.17. «Материаловедение» (технические науки).

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации: на заседании 11 декабря 2025 года, протокол № 296/25, 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 Проценко Евгению Олеговичу ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали:

Мамонов А.М. – председатель диссертационного совета;

Скворцова С.В. – ученый секретарь диссертационного совета;

Члены диссертационного совета:

д.т.н. Абраимов Н.В., д.т.н. Андрианова Н.Н., д.т.н. Бецофен С.Я., д.т.н. Бабаевский П.Г., 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. Серов М.М., д.т.н. Слепцов В.В., 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 (Д 212.125.15),
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 КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 11 декабря 2025 года № 296/25

О присуждении Проценко Евгению Олеговичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Закономерности структурно-фазовых превращений в сварных соединениях листов из алюмокальциевых сплавов» по специальности 2.6.17. «Материаловедение» (технические науки) принята к защите 2 октября 2025 г., протокол № 288/25 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 Проценко Евгений Олегович, 27 января 1998 года рождения, в 2021 году окончил федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», в 2025 году окончил очную аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет», работает руководителем группы аналитики в ООО «ДЗЕН.ПЛАТФОРМА».

Диссертация выполнена на кафедре «Материаловедение» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель:

доктор технических наук Овчинников Виктор Васильевич, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский политехнический университет», кафедра «Материаловедение», заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Арышенский Евгений Владимирович, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет», кафедра «Обработки металлов давлением и материаловедения», заведующий кафедрой

Шиганов Игорь Николаевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», кафедра «Лазерная техника и технология», профессор

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьева», г. Рыбинск, в своем положительном отзыве, подписанном Шатульским А.А., доктором технических наук, заведующим кафедрой «Материаловедения, литья и сварки» и утвержденном первым проректором, проректором по науке и цифровой трансформации Сутягиным А.Н., указала, что диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении учёных степеней, утвержденном Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 «Материаловедение» (технические науки).

Соискатель имеет 9 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 9 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 9 работ.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Овчинников, В.В. Показатели свариваемости при сварке плавлением перспективных алюминиевых сплавов на основе системы Al–Ca–Zn–Mg. / В.В. Овчинников, Т.К. Акопян, Е.О. Проценко, Д.А. Поляков // Научные технологии в машиностроении. 2023. – №4. – С.11–23. doi.org/ 10.30987/2223-4608-2023-11-23.

2. Овчинников, В.В. Свариваемость новых алюминий-кальциевых сплавов, легированных цинком и магнием, при сварке плавлением. / В.В. Овчинников, Я.М. Глухих, Е.О. Проценко. // Электротехнология. 2024. – 0. – №1. – С.3–15. DOI: 10.31044/1684-5781-2024-0-1-3-15.

Ovchinnikov, V.V. Weldability of New Aluminum–Calcium Alloys with Zinc and Magnesium during Fusion Welding. / V.V. Ovchinnikov, Ya. M. Glukhikh, E.O. Protsenko. // Russian Metallurgy (Metally), Vol. 2024, No. 6, pp. 537–546. DOI: 10.1134/S0036029524700915.

3. Овчинников, В.В. Влияние циркония и скандия на склонность к трещинообразованию при сварке сплавов на основе Al–Ca–Zn–Mg и механические свойства их сварных соединений. / В.В. Овчинников, Т.К. Акопян, Е.О. Проценко, Я.М. Ключков // Металлург. 2024. – №9. – С.43–49. DOI: 10.52351/00260827_2024_9_43.

Ovchinnikov, V.V. Influence of zirconium and scandium on crack susceptibility during welding of Al–Ca–Zn–Mg alloys and mechanical properties of their welded joints. / V.V. Ovchinnikov, T.K. Akopyan, E.O. Protsenko, Ya.M. Klochkov. // Springer Science + Business Media, LLC, part of Springer Nature 2024. 20 December 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11015-024-01842-y>.

4. Овчинников, В.В. Лазерная сварка листов алюминиевого сплава системы Al–Ca–Mg. / В.В. Овчинников, Е.О. Проценко, Я.М. Ключков. // Электротехнология. 2025 – 0 – №4 – С.12–20. DOI: 10.31044/1684-5781-2025-0-4-12-20.

Ovchinnikov, V. V. Laser Welding of Al–Ca–Mg Alloy Sheets. / V.V. Ovchinnikov, E.O. Protsenko, Ya.M. Klochkov. // Russian Metallurgy (Metally), Vol. 2025, No. 1, pp. 23–29. DOI: 10.1134/S0036029525700752.

5. Овчинников, В.В. Механические свойства и структура сварных соединений листов алюминиевого сплава Al–Ca–Mg, выполненных аргонодуговой

сваркой. / В.В. Овчинников, Е.О. Проценко, Я.М. Клочков. // Материаловедение. 2025. 0. – 5. – С.3–10. DOI: 10.31044/1684-579X-2025-0-5-3-10.

Ovchinnikov, V. V. Mechanical properties and structure of welded joints of the sheets of aluminum alloys of the Al-Ca-Zn-Mg system performed by automatic argon-arc welding. / V.V. Ovchinnikov, E.O. Protsenko, Ya.M. Klochkov. // Metallurgist. doi.org/10.52351/00260827_2024_12_71.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных Проценко Е.О. работах.

На автореферат поступило 7 отзывов: от ООО «Инженерно-Технический Центр Лазерных Технологий» за подписью генерального директора Киселева В. Е.; от федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Московского государственного технического университета гражданской авиации» за подписью заведующего кафедрой «Авиатопливообеспечение и ремонт летательных аппаратов», д.т.н, профессора, Самойленко В. М. и доцента кафедры, к.т.н. Зубова О. Е.; от АО «Самарский металлургический завод» за подписью директора по развитию бизнеса и новых технологий, к.т.н. Дрица А. М.; от федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» за подписью доцента, к.т.н. Бахматова П. В.; от федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет» за подписью профессора кафедры «Технологии материалов и транспорта», д.т.н. Агеевой Е. В.; от федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный технический университет» за подписью заведующего кафедры «Материаловедение и технологии металлов», д.т.н. Егорова М. С.; от федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет» за подписью проректора по научной и инновационной деятельности, заведующего кафедрой «Механика и машиностроение», д.т.н. Коновалова С. В. и младшего научного сотрудника управления научных исследований Шуберта А. В.

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

– не рассмотрено влияние усилия прижатия и угла наклона инструмента на тепловложение, хотя эти параметры существенно влияют на структуру зоны перемешивания при СТП исследуемых сплавов;

– в автореферате приводится качественная характеристика трещинообразования и влияние добавок Ca, Zr, Sc, однако отсутствует описание методики количественной оценки этих показателей;

– хотя в работе проводится сравнение СТП с аргонодуговой и лазерной сваркой, более широкий сравнительный анализ с другими современными методами соединения алюминиевых сплавов (например, гибридной, электронно-лучевой сваркой) позволил бы полнее оценить преимущества и ограничения предложенной технологии.

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:

доказано, что формирование мелкозернистой структуры в сварном шве при аргонодуговой или лазерной сварке листов из сплава $\text{Al-1Ca-5,5Zn-1,5Mg-0,5Mn}$ толщиной 4–5 мм достигается за счет связывания кальцием примесных элементов железа и кремния в тройные соединения типа $\text{Al}_{10}\text{CaFe}_2$ и Al_2CaSi_2 .

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что образование упрочняющих наночастиц размером 20 нм структурного типа L_{12} в процессе отжига сварных соединений из сплава $\text{Al-1Ca-5,5Zn-1,5Mg-0,5Mn}$ при температуре 350–400 °С в течение 2 часов позволяет повысить их временное сопротивление разрыву на 12–15%, а дополнительное легирование сплава и присадочной проволоки скандием – снизить склонность к трещинообразованию за счет формирования в шве мелкозернистой структуры;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих базовых методов исследования структуры и механических свойств материалов, в том числе: методики металлографического и рентгеноструктурного анализа, статических и циклических испытаний;

изложены результаты экспериментальных исследований влияния соотношения основных параметров режима лазерной сварки и сварки трением с перемешиванием, схемы реализации процесса на механические свойства сварных соединений листов сплава $Al-1Ca-5,5Zn-1,5Mg-0,5Mn$;

изучено влияние расположения литых и горячедеформированных заготовок сплава $Al-1Ca-5,5Zn-1,5Mg-0,5Mn$ при односторонней сварке трением с перемешиванием на параметры режима и механические свойства соединений; показано, что соединения листов в горячедеформированном состоянии характеризуются коэффициентом прочности на уровне 0,92–0,95 от временного сопротивления основного металла, а коэффициент прочности соединений заготовок в литом состоянии – 0,98–1; разрушение образцов при испытаниях на растяжение происходит по зоне термомеханического воздействия со стороны отхода рабочего инструмента, где температура нагрева металла выше по сравнению со стороной набегания рабочего инструмента.

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

разработаны технологические рекомендации по изготовлению сварных узлов и сборок из листов сплава $Al-1Ca-5,5Zn-1,5Mg-0,5Mn$ для конструкций коммерческого транспорта;

оценена работоспособность сварных соединений листов из сплава $Al-1Ca-5,5Zn-1,5Mg-0,5Mn$ при статическом и циклическом нагружении.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании с применением современных методов исследования, показана воспроизводимость результатов измерения механических свойств; обработка результатов проводилась с использованием методов математической статистики, результаты проведенных экспериментов коррелируют с ранее полученным

результатами отечественных и зарубежных исследований;

идея базируется на анализе практики и обобщении передового опыта влияния соотношения основных параметров режимов лазерной сварки и сварки трением с перемешиванием на микроструктуру шва и механические свойства сварных соединений алюминиевых сплавов;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном и активном участии в формировании цели и задач исследования, в проведении теоретических и экспериментальных исследований, анализе и обработке полученных результатов, их обобщении, формулировке рекомендаций и выводов по диссертации, в подготовке основных публикаций по теме диссертации, личном участии автора в апробации результатов исследования.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

– не совсем ясно каким образом определялась структура оксидных пленок, почему при химическом травлении остается соединение $AlOOH$, а при лазерной очистке хоть и уходит соединение $AlOOH$, но свойства хуже, чем при химическом травлении?

– в цели работы выведено определение рационального химического состава и типа структуры, сформулируйте пожалуйста какой все же должен быть рациональный состав сплава?

– применение при сварке присадочной проволоки, близкой по химическому составу к исследуемому сплаву, обеспечивает повышение уровня механических свойств сварных соединений. Состав такой присадочной проволоки точно повторяет состав сплава или же всё-таки отличается от него?

Соискатель Проценко Е.О. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

– Структуру оксидной пленки на алюминиевом сплаве определяют преимущественно двумя основными методами: просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ) и аналитическая микроскопия. Последний метод

подразумевает использование методов спектроскопии, таких как рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС) и энергодисперсионная рентгеновская спектрометрия (EDX), позволяющих идентифицировать химический состав и концентрационные профили компонентов внутри оксидной пленки. Так как качество лазерной очистки пока контролируется по внешнему виду обрабатываемой поверхности возможное образование зародышей газовых пузырьков было связано не только с соединением AlOOH , а с другим загрязнением поверхности, которое пока идентифицировано не было. Однако в диссертации установлена перспективность использования лазерного метода очистки для подготовки поверхности $\text{Al-1Ca-5,5Zn-1,5Mg-0,3Mn-0,2Zr-0,1Sc}$ к сварке плавлением. Поэтому оптимизация параметров лазерной очистки поверхности алюминиевых сплавов перед сваркой плавлением представляет предмет дальнейших исследований;

– приведенный в диссертации химический состав сплава получен в результате моделирования в системе Thermo-Calc (базы данных TTAL5) и конечные гипотезы проверялись уже экспериментально, с отсечением нежизнеспособных вариантов. Сплав химического состава $\text{Al-1Ca-5,5Zn-1,5Mg-0,3Mn-0,2Zr-0,1Sc}$ в настоящее время следует считать базовым. Дальнейшие исследования будут направлены на изучение влияния железа и кремния на механические, технологические и коррозионные свойства листов указанного сплава. При положительном результате будет открыта возможность применения вторичного алюминия для изготовления сплава $\text{Al-1Ca-5,5Zn-1,5Mg-0,3Mn-0,2Zr-0,1Sc}$;

– по содержанию таких элементов как кальций и цинк состав проволоки идентичен химическому составу исследуемого базового сплава, содержание магния в присадочной проволоке должно быть примерно на 1–1,2% по массе превышать его содержание в исследуемом сплаве для компенсации испарения магния из сварочной ванны при сварке плавлением. Разработка такой присадочной проволоки со скальпированной поверхностью представляет предмет дальнейших исследований.

На заседании 11 декабря 2025 года диссертационный совет принял решение за новые научно-обоснованные технические и технологические решения по управлению структурой шва при лазерной сварке и сварке трением с перемешиванием сварных узлов из сплава Al-1Ca-5,5Zn-1,5Mg-0,5Mn-0,2Zr-0,1Sc конструкций коммерческого транспорта, имеющие существенное значение для развития страны, присудить Проценко Евгению Олеговичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 6 докторов наук по специальности 2.6.17. «Материаловедение» (технические науки), 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

11 декабря 2025 года

Проректор по научной работе



Иванов Андрей Владимирович

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.04 (Д 212.125.15),
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 КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 11 декабря 2025 года № 296/25

О присуждении Проценко Евгению Олеговичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Закономерности структурно-фазовых превращений в сварных соединениях листов из алюмокальциевых сплавов» по специальности 2.6.17. «Материаловедение» (технические науки) принята к защите 2 октября 2025 г., протокол № 288/25 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 Проценко Евгений Олегович, 27 января 1998 года рождения, в 2021 году окончил федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», в 2025 году окончил очную аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет», работает руководителем группы аналитики в ООО «ДЗЕН.ПЛАТФОРМА».

Диссертация выполнена на кафедре «Материаловедение» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель:

доктор технических наук Овчинников Виктор Васильевич, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский политехнический университет», кафедра «Материаловедение», заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Арышенский Евгений Владимирович, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет», кафедра «Обработки металлов давлением и материаловедения», заведующий кафедрой

Шиганов Игорь Николаевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», кафедра «Лазерная техника и технология», профессор

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьева», г. Рыбинск, в своем положительном отзыве, подписанном Шатульским А.А., доктором технических наук, заведующим кафедрой «Материаловедения, литья и сварки» и утвержденном первым проректором, проректором по науке и цифровой трансформации Сутягиным А.Н., указала, что диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении учёных степеней, утвержденном Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 «Материаловедение» (технические науки).

Соискатель имеет 9 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 9 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 9 работ.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Овчинников, В.В. Показатели свариваемости при сварке плавлением перспективных алюминиевых сплавов на основе системы Al–Ca–Zn–Mg. / В.В. Овчинников, Т.К. Акопян, Е.О. Проценко, Д.А. Поляков // Научные технологии в машиностроении. 2023. – №4. – С.11–23. doi.org/ 10.30987/2223-4608-2023-11-23.

2. Овчинников, В.В. Свариваемость новых алюминий-кальциевых сплавов, легированных цинком и магнием, при сварке плавлением. / В.В. Овчинников, Я.М. Глухих, Е.О. Проценко. // Электromеталлургия. 2024. – 0. – №1. – С.3–15. DOI: 10.31044/1684-5781-2024-0-1-3-15.

Ovchinnikov, V.V. Weldability of New Aluminum–Calcium Alloys with Zinc and Magnesium during Fusion Welding. / V.V. Ovchinnikov, Ya. M. Glukhikh, E.O. Protsenko. // Russian Metallurgy (Metally), Vol. 2024, No. 6, pp. 537–546. DOI: 10.1134/S0036029524700915.

3. Овчинников, В.В. Влияние циркония и скандия на склонность к трещинообразованию при сварке сплавов на основе Al–Ca–Zn–Mg и механические свойства их сварных соединений. / В.В. Овчинников, Т.К. Акопян, Е.О. Проценко, Я.М. Клочков // Metallurg. 2024. – №9. – С.43–49. DOI: 10.52351/00260827_2024_9_43.

Ovchinnikov, V.V. Influence of zirconium and scandium on crack susceptibility during welding of Al–Ca–Zn–Mg alloys and mechanical properties of their welded joints. / V.V. Ovchinnikov, T.K. Akopyan, E.O. Protsenko, Ya.M. Klochkov. // Springer Science + Business Media, LLC, part of Springer Nature 2024. 20 December 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11015-024-01842-y>.

4. Овчинников, В.В. Лазерная сварка листов алюминиевого сплава системы Al–Ca–Mg. / В.В. Овчинников, Е.О. Проценко, Я.М. Клочков. // Электromеталлургия. 2025 – 0 – №4 – С.12–20. DOI: 10.31044/1684-5781-2025-0-4-12-20.

Ovchinnikov, V. V. Laser Welding of Al–Ca–Mg Alloy Sheets. / V.V. Ovchinnikov, E.O. Protsenko, Ya.M. Klochkov. // Russian Metallurgy (Metally), Vol. 2025, No. 1, pp. 23–29. DOI: 10.1134/S0036029525700752.

5. Овчинников, В.В. Механические свойства и структура сварных соединений листов алюминиевого сплава Al–Ca–Mg, выполненных аргодуговой

сваркой. / В.В. Овчинников, Е.О. Проценко, Я.М. Клочков. // Материаловедение. 2025. 0. – 5. – С.3–10. DOI: 10.31044/1684-579X-2025-0-5-3-10.

Ovchinnikov, V. V. Mechanical properties and structure of welded joints of the sheets of aluminum alloys of the Al-Ca-Zn-Mg system performed by automatic argon–arc welding. / V.V. Ovchinnikov, E.O. Protsenko, Ya.M. Klochkov. // Metallurgist. doi.org/10.52351/00260827_2024_12_71.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных Проценко Е.О. работах.

На автореферат поступило 7 отзывов: от ООО «Инженерно-Технический Центр Лазерных Технологий» за подписью генерального директора Киселева В. Е.; от федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Московского государственного технического университета гражданской авиации» за подписью заведующего кафедрой «Авиатопливообеспечение и ремонт летательных аппаратов», д.т.н, профессора, Самойленко В. М. и доцента кафедры, к.т.н. Зубова О. Е.; от АО «Самарский металлургический завод» за подписью директора по развитию бизнеса и новых технологий, к.т.н. Дрица А. М.; от федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» за подписью доцента, к.т.н. Бахматова П. В.; от федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет» за подписью профессора кафедры «Технологии материалов и транспорта», д.т.н. Агеевой Е. В.; от федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный технический университет» за подписью заведующего кафедры «Материаловедение и технологии металлов», д.т.н. Егорова М. С.; от федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет» за подписью проректора по научной и инновационной деятельности, заведующего кафедрой «Механика и машиностроение», д.т.н. Коновалова С. В. и младшего научного сотрудника управления научных исследований Шуберта А. В.

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

- не рассмотрено влияние усилия прижатия и угла наклона инструмента на тепловложение, хотя эти параметры существенно влияют на структуру зоны перемешивания при СТП исследуемых сплавов;

- в автореферате приводится качественная характеристика трещинообразования и влияние добавок Ca, Zr, Sc, однако отсутствует описание методики количественной оценки этих показателей;

- хотя в работе проводится сравнение СТП с аргонодуговой и лазерной сваркой, более широкий сравнительный анализ с другими современными методами соединения алюминиевых сплавов (например, гибридной, электронно-лучевой сваркой) позволил бы полнее оценить преимущества и ограничения предложенной технологии.

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:

доказано, что формирование мелкозернистой структуры в сварном шве при аргонодуговой или лазерной сварке листов из сплава $\text{Al-1Ca-5,5Zn-1,5Mg-0,5Mn}$ толщиной 4–5 мм достигается за счет связывания кальцием примесных элементов железа и кремния в тройные соединения типа $\text{Al}_{10}\text{CaFe}_2$ и Al_2CaSi_2 .

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что образование упрочняющих наночастиц размером 20 нм структурного типа L_{12} в процессе отжига сварных соединений из сплава $\text{Al-1Ca-5,5Zn-1,5Mg-0,5Mn}$ при температуре 350–400 °С в течение 2 часов позволяет повысить их временное сопротивление разрыву на 12–15%, а дополнительное легирование сплава и присадочной проволоки скандием – снизить склонность к трещинообразованию за счет формирования в шве мелкозернистой структуры;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих базовых методов исследования структуры и механических свойств материалов, в том числе: методики металлографического и рентгеноструктурного анализа, статических и циклических испытаний;

изложены результаты экспериментальных исследований влияния соотношения основных параметров режима лазерной сварки и сварки трением с перемешиванием, схемы реализации процесса на механические свойства сварных соединений листов сплава $Al-1Ca-5,5Zn-1,5Mg-0,5Mn$;

изучено влияние расположения литых и горячедеформированных заготовок сплава $Al-1Ca-5,5Zn-1,5Mg-0,5Mn$ при односторонней сварке трением с перемешиванием на параметры режима и механические свойства соединений; показано, что соединения листов в горячедеформированном состоянии характеризуются коэффициентом прочности на уровне 0,92–0,95 от временного сопротивления основного металла, а коэффициент прочности соединений заготовок в литом состоянии – 0,98–1; разрушение образцов при испытаниях на растяжение происходит по зоне термомеханического воздействия со стороны отхода рабочего инструмента, где температура нагрева металла выше по сравнению со стороной набегания рабочего инструмента.

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

разработаны технологические рекомендации по изготовлению сварных узлов и сборок из листов сплава $Al-1Ca-5,5Zn-1,5Mg-0,5Mn$ для конструкций коммерческого транспорта;

оценена работоспособность сварных соединений листов из сплава $Al-1Ca-5,5Zn-1,5Mg-0,5Mn$ при статическом и циклическом нагружении.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании с применением современных методов исследования, показана воспроизводимость результатов измерения механических свойств; обработка результатов проводилась с использованием методов математической статистики, результаты проведенных экспериментов коррелируют с ранее полученным

результатами отечественных и зарубежных исследований;

идея базируется на анализе практики и обобщении передового опыта влияния соотношения основных параметров режимов лазерной сварки и сварки трением с перемешиванием на микроструктуру шва и механические свойства сварных соединений алюминиевых сплавов;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном и активном участии в формировании цели и задач исследования, в проведении теоретических и экспериментальных исследований, анализе и обработке полученных результатов, их обобщении, формулировке рекомендаций и выводов по диссертации, в подготовке основных публикаций по теме диссертации, личном участии автора в апробации результатов исследования.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

– не совсем ясно каким образом определялась структура оксидных пленок, почему при химическом травлении остается соединение $Al(OH)_3$, а при лазерной очистке хоть и уходит соединение $Al(OH)_3$, но свойства хуже, чем при химическом травлении?

– в цели работы выведено определение рационального химического состава и типа структуры, сформулируйте пожалуйста какой все же должен быть рациональный состав сплава?

– применение при сварке присадочной проволоки, близкой по химическому составу к исследуемому сплаву, обеспечивает повышение уровня механических свойств сварных соединений. Состав такой присадочной проволоки точно повторяет состав сплава или же всё-таки отличается от него?

Соискатель Проценко Е.О. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

– Структуру оксидной пленки на алюминиевом сплаве определяют преимущественно двумя основными методами: просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ) и аналитическая микроскопия. Последний метод

подразумевает использование методов спектроскопии, таких как рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС) и энергодисперсионная рентгеновская спектрометрия (EDX), позволяющих идентифицировать химический состав и концентрационные профили компонентов внутри оксидной пленки. Так как качество лазерной очистки пока контролируется по внешнему виду обрабатываемой поверхности возможное образование зародышей газовых пузырьков было связано не только с соединением AlOOH , а с другим загрязнением поверхности, которое пока идентифицировано не было. Однако в диссертации установлена перспективность использования лазерного метода очистки для подготовки поверхности $\text{Al-1Ca-5,5Zn-1,5Mg-0,3Mn-0,2Zr-0,1Sc}$ к сварке плавлением. Поэтому оптимизация параметров лазерной очистки поверхности алюминиевых сплавов перед сваркой плавлением представляет предмет дальнейших исследований;

– приведенный в диссертации химический состав сплава получен в результате моделирования в системе Thermo-Calc (базы данных TTAL5) и конечные гипотезы проверялись уже экспериментально, с отсечением нежизнеспособных вариантов. Сплав химического состава $\text{Al-1Ca-5,5Zn-1,5Mg-0,3Mn-0,2Zr-0,1Sc}$ в настоящее время следует считать базовым. Дальнейшие исследования будут направлены на изучение влияния железа и кремния на механические, технологические и коррозионные свойства листов указанного сплава. При положительном результате будет открыта возможность применения вторичного алюминия для изготовления сплава $\text{Al-1Ca-5,5Zn-1,5Mg-0,3Mn-0,2Zr-0,1Sc}$;

– по содержанию таких элементов как кальций и цинк состав проволоки идентичен химическому составу исследуемого базового сплава, содержание магния в присадочной проволоке должно быть примерно на 1–1,2% по массе превышать его содержание в исследуемом сплаве для компенсации испарения магния из сварочной ванны при сварке плавлением. Разработка такой присадочной проволоки со скальпированной поверхностью представляет предмет дальнейших исследований.

На заседании 11 декабря 2025 года диссертационный совет принял решение за новые научно-обоснованные технические и технологические решения по управлению структурой шва при лазерной сварке и сварке трением с перемешиванием сварных узлов из сплава Al-1Ca-5,5Zn-1,5Mg-0,5Mn-0,2Zr-0,1Sc конструкций коммерческого транспорта, имеющие существенное значение для развития страны, присудить Проценко Евгению Олеговичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 6 докторов наук по специальности 2.6.17. «Материаловедение» (технические науки), 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

11 декабря 2025 года

Проректор по научной работе



Иванов Андрей Владимирович