

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

диссертационного совета 24.1.463.01, созданного на базе  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Института физического материаловедения  
Сибирского отделения Российской академии наук  
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации,  
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  
аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 09.12.2025, № 16

О присуждении Шляровой Юлии Андреевне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Упрочнение высококремнистых силуминов плазмой электрического взрыва с последующей электронно-пучковой обработкой» по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния принята к защите 06.10.2025 (протокол заседания № 15) диссертационным советом 24.1.463.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6, приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 26 января 2023, № 85/нк.

Соискатель Шлярова Юлия Андреевна, «14» августа 1996 года рождения. В 2024 году соискатель окончила аспирантуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет» по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия» с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

В настоящее время Шлярова Ю.А. работает в должности научного сотрудника в научно-исследовательской лаборатории электронной микроскопии и обработки изображений Федерального государственного

бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре естественнонаучных дисциплин имени профессора В.М. Финкеля Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук Загуляев Дмитрий Валерьевич, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет», кафедра естественнонаучных дисциплин имени профессора В.М. Финкеля, профессор.

Официальные оппоненты:

Иванов Константин Вениаминович, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория физики консолидации порошковых материалов, ведущий научный сотрудник;

Назаров Алмаз Юнирович, кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский университет науки и технологий», кафедра технологии машиностроения, доцент, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет», г. Самара в своем положительном отзыве, подписанном Амосовым Александром Петровичем, доктором физико-математических наук, профессором, заведующим кафедрой «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы» и Морозовой

Еленой Александровной, кандидатом технических наук, доцентом, ученым секретарем кафедры «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы», указала, что обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений диссертационной работы Шляровой Ю.А. подтверждается большим объемом экспериментальных данных, применением современного исследовательского оборудования, использованием аттестованных методов и методик. Экспериментальные данные согласуются с теоретическими положениями и не противоречат данным других исследователей. Диссертационная работа Шляровой Ю.А. является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи по разработке основ упрочнения алюминиево-кремнистых сплавов при комбинированной технологии поверхностной обработки, включающей электровзрывное легирование оксидом иттрия и воздействие высокоимпульсными электронными пучками, имеющей важное значение для развития физики конденсированного состояния. По объему полученных результатов, научной и практической значимости диссертационная работа Шляровой Ю.А. удовлетворяет всем требованиям, в том числе п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния (технические науки) по пунктам 3 и 6, а ее автор, Шлярова Юлия Андреевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Соискатель имеет 29 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе: 8 статей в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК; 12 статей в журналах, входящих в международные базы цитирования Web of Science и Scopus; 1 монографию; 3 главы в коллективных монографиях. Общий объем 34,43 п.л., личный вклад

автора 5,43 п.л. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты исследования.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. **Шлярова, Ю. А.** Изменение микротвердости и фазового состава сплава АК15, подвергнутого электровзрывному легированию и обработке электронным пучком / Ю. А. Шлярова, А. А. Серебрякова, В. В. Шляров, А. Н. Прудников, Д. В. Загуляев // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2024. – № 4. – С. 46–54.

2. **Shliarova, Y.** Structure–Phase Transformations in the Modified Surface of Al-20%Si Alloy Subjected to Two-Stage Treatment / Y. Shliarova, D. Zaguliaev, Y. Ivanov, V. Gromov, A. Prudnikov // Lubricants. – 2022. – Vol. 10. – P. 133.

3. Zaguliaev, D. Structure and phase states modification of AL-11SI-2CU alloy processed by ion-plasma jet and pulsed electron beam / D. Zaguliaev, V. Gromov, **Yu. Rubannikova**, S. Konovalov, Yu. Ivanov, D. Romanov, A. Semin // Surface and Coatings Technology. – 2020. – Vol. 383. – P. 125246.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. д.ф.-м.н., профессора, главного научного сотрудника лаборатории физики наноструктурных биокмполитов Института физики прочности и материаловедения СО РАН Шаркеева Ю.П. Замечания: 1. Неоднозначность результатов для сплава Al-20%Si. Автор отмечает снижение микротвердости после двухэтапной обработки заэвтектического силумина, что противоречит общей логике упрочнения. Рекомендуется более подробно объяснить этот эффект – возможно, связан с коагуляцией кремния, образованием пор или термическим разупрочнением; 2. Отсутствие сравнительного анализа с другими легирующими элементами. Почему выбран именно оксид иттрия? Были ли рассмотрены альтернативные оксиды (например,  $ZrO_2$ ,  $Al_2O_3$ )? Желательно включить краткое обоснование выбора легирующего компонента.

2. д.ф.-м.н., доцента, заведующего кафедрой природных соединений, фармацевтической и медицинской химии ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» Курзиной И.А. Замечание: «задача носит многопараметрический характер: варьируются три основных параметра - масса порошка оксида иттрия, энергия батареи конденсаторов при ЭВЛ и энергия импульса при ЭПО. Учитывая наличие двух типов исследуемых силуминов, общее число возможных комбинаций составляет 16. В диссертации рассмотрены лишь четыре из них, что вызывает обоснованный вопрос: почему был выбран именно этот ограниченный набор экспериментальных условий? Ответ на этот вопрос мог бы усилить методологическую прозрачность и обоснованность выводов».

3. д.т.н., профессора, профессора кафедры литейных процессов и материаловедения ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» Емелюшина А.Н. Замечания: 1. На стр. 10 автореферата не приведено объяснение причины снижения микротвердости после электронно-пучковой обработки; 2. В автореферате приведены данные по изменению структуры и микротвердости поверхности силумина после обработок, но нет данных по изменению каких-либо эксплуатационных характеристик, например, антифрикционных свойств или износостойкости.

4. д.-ф.м.н., доцента, заведующего кафедрой информатики и вычислительной техники им. В.К. Буторина Кузбасского гуманитарно-педагогического института ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» Маркидонова А.В. Замечаний нет.

5. д.-ф.м.н., профессора, главного научного сотрудника лаборатории физики прочности Института физики прочности и материаловедения СО РАН Данилова В.И. Замечания: 1. Автор ставит амбициозную задачу: установление физических механизмов формирования упрочнённой зоны. Однако и в положениях, выносимых на защиту, и в основных выводах эти механизмы прямо не указываются; 2. В качестве легирующего вещества

использован оксид иттрия. Почему? Из приведённого автором литературного обзора следует, что редкоземельные элементы вносят в алюминиевые сплавы в первую очередь для повышения коррозионной стойкости. В диссертации Шляровой Ю.А. подобных исследований нет; 3. В автореферате указано, что в тексте диссертации имеется подробное описание электрической схемы и принципа действия аппарата ЭВУ-60/10. Вызывает сомнение целесообразность включения в работу этого описания, так как оно опубликовано более пятнадцати лет назад; 4. Второй вывод сформулирован неконкретно. Либо нужно разъяснить, в чём состоит режим обработки №2, либо вообще не упоминать его.

б. д.-ф.м.н., профессора, директора научно-исследовательского института прогрессивных технологий ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет» Мерсона Д.Л. Замечания: 1. Одним из основных измеряемых параметров качества технологии обработки в работе является микротвёрдость, которая, как известно, нелинейно зависит от нагрузки на индентор, однако в автореферате нет никаких сведений о величине этой нагрузки; 2. На стр.10 автореферата написано буквально следующее: «Микротвёрдость поверхностного слоя сплава Al–20%Si более чем в 2 раза превышает микротвёрдость исходного материала, что свидетельствует о существенном улучшении его структурной целостности». Спрашивается, каким образом результаты измерения микротвёрдости являются отражением целостности структуры?

7. д.ф.-м.н., профессора, профессора кафедры теоретической и экспериментальной физики ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина» Федорова В.А. Замечаний нет.

8. д.т.н., члена корреспондента НАН Беларуси, профессора, заведующего отделом ультразвуковых технологий – заведующего лабораторией физики металлов Государственного научного учреждения «Институт технической акустики Национальной академии наук Беларуси» Рубаника В.В. Замечания: 1. Во вводной части автореферата и в кратком

пояснении главы 2 не приведены какие-либо данные, обуславливающие применение оксида иттрия в качестве легирующего элемента. Автор широко и подробно описывает методику выполнения обработки, однако упускает обоснование причины выбора данного легирующего элемента и его преимущества перед другими существующими элементами; 2. В выводах не приведён процент изменения микротвёрдости по сравнению с исходными данными. Уточнение этого изменения именно в процентах позволило бы в наивысшей степени оценить эффективность предложенной технологии; 3. При всей полноте и высоком уровне проведённого исследования диссертант мало внимания уделяет в тексте автореферата конкретной направленности применения данной технологии на практике. Эти данные могли бы усилить значимость работы.

9. д.т.н., член-корреспондента РАН, профессора, заведующего лабораторией механики полимерных композиционных материалов Панина С.В. и к.ф.-м.н., старшего научного сотрудника лаборатории механики полимерных композиционных материалов Корниенко Л. А. Института физики прочности и материаловедения СО РАН. Замечания: «В разделе «Научная новизна» (стр. 4) автор выбрал описательный характер полученных в работе результатов, а не отличительный от имеющихся подобных способов упрочнения формирования субмикро- и наноструктурированных поверхностных слоёв высококремнистых силуминов электронно-пучковой обработкой. Но ведь именно этот предложенный двухэтапный способ позволил существенно повысить прочностные и противоизносные свойства исследуемых силуминов и может быть обобщён для других металлических материалов, работающих в экстремальных условиях эксплуатации».

10. д.ф.-м.н., профессора, профессора кафедры общей и экспериментальной физики ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Потеева А.И. Замечания: 1. Оставляет недоумение формулировка основных решаемых в диссертационной работе задач, например, задача 3: измерить микротвёрдость

поверхности сплавов Al-11%Si и Al-20%Si после электровзрывного легирования оксидом иттрия и последующей электронно-пучковой обработки при различных режимах; 2. Оставляет недоумение формулировка Положений, выносимых на защиту. Например, положение 2: формирование структуры ячеистой кристаллизации с размером ячеек 0,5-1,3 мкм, разделенных прослойками второй фазы (Si) размером 40-80 нм, для силуминов Al-11%Si и Al-20%Si после двухэтапной обработки, сочетающей электровзрывное легирование с последующей электронно-пучковой обработкой; 3. Не совсем понятно, почему автор при формулировании цели работы сделал упор на измерения микротвердости силуминов. Ведь помимо этого метода есть и метод измерения нанотвердости, совмещение с которым позволило бы иметь информацию на разных структурных уровнях. Такой банк данных был бы полезен при расчете напряженно-деформационного состояния деталей из силуминов при эксплуатации, подвергнутых двухэтапной обработке.

11. д.ф.-м.н., профессора, ведущего научного сотрудника лаборатории физики прочности Института физики прочности и материаловедения СО РАН Баранниковой С.А. Замечаний нет.

12. к.т.н., старшего научного сотрудника лаборатории «Наноматериалы и нанотехнологии» ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет» Поповой Н.А. Замечаний нет.

13. д.т.н., профессора, профессора отделения материаловедения ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» Клименова В.А. Замечания: 1. В работе приводятся высокие значения твёрдости, достигаемой при обработке исследуемых сплавов, однако не приводятся металлографические снимки с отпечатками измерений, что затрудняет восприятие приводимых результатов; 2. Из автореферата непонятно, почему в качестве легирования авторы выбрали систему Al-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 3. В работе не обсуждается, как мне кажется, важный вопрос влияния



шероховатости, получающейся после электровзрывного нанесения легирующих элементов, на качество последующей пучковой обработки.

14. д.ф.-м.н., профессора кафедры «Прикладная механика и материаловедение» ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет» Клопотова А.А. Замечания: в разделе «Научная новизна» утверждается, что «впервые обнаружено» формирование единой зоны упрочнения при двухэтапной обработке, и что это приводит к «заметной дисперсии структуры и переходу в состояние нано- и субмикронного масштаба». Однако в разделе «Степень разработанности темы» упоминаются аналогичные комбинированные методы (электровзрывное легирование + электронно-пучковая обработка) у авторов В.Е. Громова, С.В. Коновалова и др., что ставит под сомнение «новизну». Кроме того, в выводах (пункт 2) для Al-20%Si эффективность обработки снижается, но это в тексте автореферата не объяснено – почему для одного сплава упрочнение работает, а для другого нет, несмотря на одинаковый подход. Это создает несоответствие между заявленной универсальностью метода и селективными результатами.

15. д.ф.-м.н., доцента, главного научного сотрудника лаборатории плазменной эмиссионной электроники Института сильноточной электроники СО РАН Иванова Ю.Ф. Замечания: 1. В автореферате отмечено, что модифицирование поверхности сплавов осуществлялось методом электронно-пучковой обработки с использованием установки «СОЛО». Следовало бы указать территориальную принадлежность данной установки; 2. Отсутствует обоснование выбора порошков оксида иттрия, использованных для электровзрывного легирования силумина; 3. Отсутствует обоснование выбора режима электронно-пучковой обработки силумина; 4. В работе показано (рис. 1), что в случае силумина Al-20%Si после двухэтапной обработки наблюдается снижение микротвердости независимо от применяемого режима обработки – следовало бы обсудить возможные причины появления этого эффекта.

Все отзывы положительные.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой квалификацией в областях наук, непосредственно связанных с темой диссертации. Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет» имеет многолетний опыт исследований в области физики конденсированного состояния, является значимым научно-образовательным центром и одним из лидеров в подготовке кадров по техническим направлениям. Сотрудники кафедры «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы» могут дать полноценную экспертную оценку научной и практической значимости результатов работы. Официальный оппонент д.ф.-м.н. Иванов К.В. – ведущий научный сотрудник, чьи исследования сконцентрированы в области физики конденсированного состояния. Его многочисленные публикации в ведущих международных журналах, посвященных модификации структуры и свойств металлов и сплавов (алюминиевых, магниевых, никелевых интерметаллидов) с использованием низкоэнергетического сильноточного электронно-пучкового облучения. Официальный оппонент к.т.н. Назаров А.Ю. является специалистом в области порошковой металлургии и композиционных материалов. Его работы, включая патенты и публикации, охватывают технологии ионно-плазменного и вакуумно-дугового нанесения функциональных покрытий (в частности, на основе  $Al_2O_3$  и  $Y-Al-O$ ), их фазовый состав и поведение при высокотемпературном воздействии, что также коррелирует с тематикой исследования, связанной с поверхностным упрочнением. Оба оппонента – признанные специалисты, широко известные своими достижениями в области физики конденсированного состояния, имеют многочисленные научные труды в рецензируемых научных журналах, изучению которой посвящена диссертационная работа.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: **разработана** новая научная идея,

закрывающаяся в комбинированном использовании электровзрывного легирования оксидом иттрия ( $Y_2O_3$ ) и последующей электронно-пучковой обработки для целенаправленного формирования субмикроструктурной структуры и существенного повышения микротвёрдости высококремнистых силуминов; **предложены** оригинальные суждения, раскрывающие причинно-следственные связи между установленными режимами комбинированной обработки (электровзрывное легирование + электронно-пучковая обработка) и механизмами формирования градиентной нано- и субмикроструктурной структуры в поверхностных слоях до- и заэвтектических сплавов системы Al-Si; **доказана** перспективность использования комбинированного метода для повышения микротвёрдости сплавов системы Al-Si (доэвтектического и заэвтектического состава) за счет растворения кремния, измельчения структуры, формирования субмикроструктурной структуры высокоскоростной ячеистой кристаллизации; **введены** новые представления о модификации заэвтектического силумина Al-20%Si комбинированным методом.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: **доказаны** положения, раскрывающие физические механизмы упрочнения силуминов: измельчение структуры, образование упрочняющих фаз ( $SiY$ ,  $YAl_3$ ,  $Y_2Si_2O_7$ ), формирование градиентного нанокристаллического слоя; **применительно** к проблематике диссертации результативно использован комплекс современных методов физического материаловедения, включая просвечивающую и сканирующую электронную микроскопию, рентгенофазовый анализ, микротвердометрию и металлографию, что позволило достоверно установить структурно-фазовые превращения на нано- и субмикроуровне; **изложены** аргументы, объясняющие влияние оксида иттрия на стабилизацию расплава, сегрегацию легирующих элементов и формирование структуры ячеистой кристаллизации при высокоскоростном охлаждении; **раскрыты** противоречия, связанные с поведением заэвтектических силуминов: в отличие от доэвтектических сплавов,

двухэтапная обработка не привела к упрочнению Al–20%Si, что указывает на необходимость пересмотра подходов к модификации сплавов с высоким содержанием кремния; **изучены** причинно-следственные связи между параметрами обработки (масса порошка  $Y_2O_3$ , напряжение разряда, плотность энергии пучка электронов) и результирующими свойствами: толщиной покрытия, степенью пористости, распределением фаз и микротвердостью.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: **разработана** новая универсальная методика двухэтапной обработки (электровзрывное легирование с последующей электронно-пучковой обработкой), обеспечивающая упрочнение поверхностного слоя как доэвтектических, так и заэвтектических силуминов; **определены** перспективы практического применения комбинированной обработки для сплавов системы Al-Si с целью повышения их долговечности и улучшения эксплуатационных характеристик; **представлены** рекомендации и предложения по использованию результатов исследований в текущих инновационных проектах, что подтверждается справками и актами об использовании результатов работы на ООО «Ремкомплект», ООО «Вест-2002», АО «РУСАЛ Новокузнецк» и ООО «СМК54» г. Новосибирск. Данные документы фиксируют успешное внедрение разработанной технологии двухэтапной обработки: на ООО «Ремкомплект» - для упрочнения втулок насосов, работающих в агрессивных средах; на ООО «Вест-2002» - для увеличения ресурса червячного колеса в 2,5 раза; на ООО «СМК54» - для повышения срока службы поршней и других деталей из силуминов; на АО «РУСАЛ Новокузнецк» - как перспективной технологии для практического применения в производстве.

Оценка достоверности результатов исследования выявила: **для экспериментальных работ** результаты получены на современном и сертифицированном оборудовании (оптический микроскоп Olympus GX-51, рентгеновский дифрактометр Shimadzu XRD 6000, сканирующий

электронный микроскоп Philips SEM 515, просвечивающий электронный микроскоп JEOL JEM 2100F, микротвердомер HVS-1000A), экспериментальные данные статистически обработаны; **теория** построена на использовании фундаментальных принципов физики конденсированного состояния и согласованности результатов исследований с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации; **идея базируется** на анализе данных, практике и обобщении передового опыта в области модификации алюминиевых сплавов; **использовано** сравнение авторских данных с результатами, полученными ранее по тематике электровзрывного легирования и электронно-пучковой обработки; **установлено**, что результаты теоретических и экспериментальных исследований не противоречат данным, представленным в ведущих научных изданиях; **использованы** современные методики сбора и обработки информации, включая представительные выборки (различные режимы ЭВЛ и ЭПО, два типа сплавов), статистическую обработку, а также многоуровневый анализ структуры – от оптической микроскопии до просвечивающей электронной дифракционной микроскопии.

Личный вклад соискателя состоит в: постановке задач, выборе экспериментальных и теоретических методов исследований, подготовке образцов, разработке способов упрочняющей обработки и их реализации, выполнении структурных исследований, обработке и интерпретации экспериментальных данных, формулировке выводов, подготовке основных публикаций.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было. Соискатель Шлярова Ю.А. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела достаточную аргументацию значимости проведенных исследований и полученных результатов.

На заседании 9 декабря 2025 диссертационный совет принял решение присудить Шляровой Юлии Андреевне ученую степень кандидата технических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного

состояния за решение научной задачи по установлению закономерностей формирования структурно-фазовых состояний и изменения микротвердости сплавов системы Al-Si (доэвтектического и заэвтектического состава), подвергнутых двухэтапной обработке, включающей электровзрывное легирование оксидом иттрия, с последующим облучением электронным пучком, имеющей важное значение для физики конденсированного состояния.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 10 человек, из них 9 докторов наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния, участвовавших в заседании, из 12 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 10, против - 0.

Председатель

диссертационного совета



*Номоев*

Номоев Андрей Валерьевич

Ученый секретарь

диссертационного совета

*Зеленая*

Зеленая Анна Эдуардовна

9 декабря 2025 года