

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
на диссертационную работу Шляровой Юлии Андреевны
«Упрочнение высококремнистых силуминов плазмой электрического взрыва с
последующей электронно-пучковой обработкой»
на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния

Актуальность темы диссертационного исследования

Область использования алюминиевых сплавов постоянно расширяется. Благодаря благоприятному сочетанию низкой плотности, высокой удельной прочности и значительному сопротивлению коррозии алюминиевые сплавы находят широкое применение практически во всех отраслях машиностроения, строительстве и в быту. Среди алюминиевых сплавов важное место занимают сплавы алюминия с кремнием (силумины), из которых детали часто производят литьем. К недостаткам силуминов относятся их низкие твёрдость и износостойкость. Для повышения указанных характеристик перспективно применение поверхностных обработок – нанесение износостойких покрытий, модификация поверхности воздействием концентрированных потоков энергии и других. Также предлагается использовать комбинации различных поверхностных обработок.

В последние годы всё большее распространение получают методы модификации приповерхностных слоёв материалов воздействием импульсного электронного пучка. В работах отечественных и иностранных учёных показано, что облучение импульсным электронным пучком сталей, магниевых, никелевых и титановых сплавов часто приводит к модификации структурно-фазового состояния их приповерхностного слоя, в результате чего его практически важные свойства могут улучшаться. Однако влияние облучения импульсным электронным пучком на микроструктуру и свойства алюминиевых сплавов изучено недостаточно. В связи с этим исследование влияния двухступенчатой обработки, включающей в себя нанесение оксидного покрытия и обработку его импульсным электронным пучком, на структурно-фазовое состояние и микротвёрдость силумина с различным содержанием кремния, выполненное в диссертационной работе Юлии Андреевны Шляровой, представляется актуальным для развития физики конденсированного состояния и материаловедения.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Научные положения, выносимые на защиту, и выводы, сделанные по результатам работы, полностью обоснованы тем, что установлена логическая связь между изменениями структуры и микротвёрдости. Результаты непротиворечивы и хорошо согласуются с данными других исследователей, полученными на других объектах. Результаты диссертации опубликованы в авторитетных рецензируемых научных изданиях.

Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций

Полученные в работе результаты достоверны, что подтверждается использованием современных аттестованных методик исследования структуры и свойств и известных апробированных методов анализа. В работе получены новые научные данные о закономерностях эволюции структурно-фазового состояния и микротвердости при наплавке оксида иттрия на силумины с различным содержанием кремния. Среди наиболее важных новых результатов следует отметить следующие:

1. Обнаружено разнонаправленное влияние воздействия импульсным электронным пучком на микротвёрдость силумина с различным содержанием кремния, а именно, увеличение микротвёрдости в доэвтектическом силумине и сохранение величины микротвёрдости в заэвтектическом.

2. Впервые подтверждена возможность измельчения вторичной фазы кремния в приповерхностном слое заэвтектических силуминов при воздействии импульсного электронного пучка.

3. Описано изменение структурно-фазового состояния приповерхностного слоя силумина, модифицированного воздействием импульсного электронного облучения, с глубиной.

Теоретическая и практическая значимость результатов

Теоретическая значимость результатов заключается в обосновании подхода к упрочнению приповерхностных слоев силуминов путем наплавки керамических соединений импульсным электронным пучком. На основании выполненного анализа литературных данных и полученных в работе результатов установлено, что наплавка оксида иттрия может быть эффективным способом упрочнения приповерхностного слоя силуминов. Практическая значимость состоит в том, что экспериментальные данные, полученные в работе, могут быть использованы для определения оптимальных режимов воздействия импульсным электронным пучком, а в дальнейшем – для разработки научных основ технологии поверхностной обработки деталей из силумина воздействием импульсного электронного пучка, в том числе при наличии на поверхности керамического покрытия. Значение для практики подтверждается актом использования результатов диссертационной работы и четырьмя справками о промышленном внедрении результатов работы.

Оценка содержания диссертации и её завершенности

Диссертационная работа изложена на 146 страницах и содержит введение, 5 глав, заключение, список литературы из 175 наименований, 36 рисунков, 12 таблиц и приложение. К работе прилагаются акт использования результатов диссертационной работы в ООО «Ремкомплект» (г. Новокузнецк) и 4 справки о практическом использовании или промышленном внедрении результатов работы. Материал излагается в традиционной последовательности.

Во введении обоснована актуальность работы, выполнена оценка степени разработанности темы, сформулированы цели и задачи исследования и положения, выносимые на защиту; описаны научная новизна, теоретическая и практическая значимость, методология и методы исследования, степень достоверности полученных результатов, структура и объем диссертации; приведены сведения о личном вкладе автора, апробации результатов, публикациях по теме диссертации, соответствии диссертации паспорту научной специальности.

В первой главе сделан обзор работ, посвящённых способам модификации приповерхностных слоёв материалов. Рассмотрены методы электронно-лучевой, лазерной и электродуговой наплавки. Описаны основные структурные изменения, обычно имеющие место при воздействии на материал импульсного электронного пучка. Приведены имеющиеся в литературе данные о влиянии иттрия и оксида иттрия на микроструктуру и свойства металлических материалов.

Во второй главе представлено описание и обоснование выбора материалов и методов исследования.

В третьей главе приведены и проанализированы данные по влиянию нанесения покрытия оксида иттрия с последующим воздействием импульсным электронным пучком на микротвердость силумина с концентрацией кремния 11 и 20 мас. %.

В четвертой главе изложены результаты исследования микроструктуры исследуемых силуминов в состоянии поставки и после нанесения покрытия оксида иттрия методом электрического взрыва.

Пятая глава посвящена описанию исследования воздействия импульсного электронного пучка в различных режимах на микроструктуру исследуемых силуминов с покрытием оксида иттрия.

В заключении сформулированы выводы по результатам диссертационного исследования.

Материал диссертации представляет собой результаты законченного исследования.

Замечания по диссертации и автореферату

В качестве замечаний необходимо отметить следующее:

1. На взгляд оппонента, положения на защиту 1, 2, 4 сформулированы неудачно. Они отражают результаты измерений, надежность которых обеспечена применением поверенных и аттестованных средств измерений, поэтому эти результаты не требуют дополнительных доказательств.

2. Задача 3 представляются не столько научной, сколько технической.

3. При написании обзора литературы и обсуждении результатов не использованы работы последнего времени. Список литературы не содержит ни одной ссылки на работы сторонних коллективов за последние 3 года (2023 – 2025 год), представлена одна работа за 2022 год и лишь 3 за 2021.

4. Выбор статей для написания литературного обзора не совсем удачный. Например, подробно обсуждаются работы по вневакуумной наплавке сканирующим релятивистским электронным пучком или электродуговой наплавке, условия которых значительно отличаются от условий наплавки импульсным электронным пучком. В то же время обзор работ по наплавке импульсным электронным пучком, которых в литературе достаточно, отсутствует. Много внимания в обзоре уделено работ о влиянии иттрия на структуру и свойства сплавов, а в качестве материала наплавки использован оксид иттрия. Логичнее было бы привести данные работ о влиянии наплавки оксидов, карбидов или нитридов импульсным электронным пучком на микроструктуру и свойства приповерхностных слоев сплавов.

5. Выбор оксида иттрия в качестве материала для наплавки не обоснован. Отсутствуют данные о смачиваемости оксида иттрия алюминием, об энергиях Гиббса образования оксидов алюминия, кремния и иттрия.

6. В работе почти полностью отсутствует статистическая обработка результатов исследований. В большинстве случаев не приводится среднее значение и доверительный интервал измеряемых величин. Точность, с которой приводятся значения измеренных физических величин (например, концентрации элементов, таблица 2.5; микротвердости, таблица 3.1, рис. 3.1) не соответствует точности использованного метода.

7. В главе 5 на основании измерения размера элементов поверхностного рельефа сделан вывод о субмикрокристаллической структуре приповерхностного слоя. В литературе имеются данные о том, что связь между размером элементов рельефа и границами зерен отсутствует, поэтому информация о размере зёрен, приведённая в главе 5, не имеет под собой достаточно оснований.

8. К сожалению, в работе не обошлось без ошибок. Например, автор путает понятия дисперсии и диспергирования (с. 11), размера и размерности (с. 64), рентгеноструктурный и рентгенофлуоресцентный анализ (табл. 2.5), фазовый и элементный состав (табл. 4.2). На рис. 4.9 отсутствуют данные по горизонтальной оси.

Соответствие диссертации паспорту специальности

Диссертационная работа Ю.А. Шляровой по своим целям, задачам, содержанию, методам исследования и научной новизне соответствует специальности 1.3.8 Физика конденсированного состояния (технические науки), пункты 1, 3 и 6.

Полнота освещения результатов диссертации в печати

Результаты диссертационной работы полностью отражены в работах, опубликованных в журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России для опубликования основных результатов диссертаций (всего 8 статей, из них две в журналах для публикаций результатов диссертаций по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния (технические науки)), и журналах, индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus (12 статей). Следует отметить наличие у диссертанта статьи в высокорейтинговом журнале первого квартала по JCR.

Число работ значительно превосходит установленный минимум, необходимый для защиты диссертации.

Соответствие содержания автореферата основным положениям и выводам диссертации

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

В ходе выполнения научно-квалификационной работы Ю.А. Шляровой решена научная задача установления закономерностей формирования структурно-фазового состояния и микротвердости силуминов доэвтектического и заэвтектического состава при наплавке оксида иттрия воздействием импульсного электронного облучения, имеющая значение для развития физики конденсированного состояния, что соответствует п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденному Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842.

Судя по диссертационной работе и опубликованным статьям, автор диссертации Юлия Андреевна Шлярова является авторитетным высококлассным специалистом в области физики конденсированного состояния, который способен формулировать и решать сложные научные проблемы и получать научные результаты мирового уровня. Она заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Официальный оппонент

Ведущий научный сотрудник лаборатории физики консолидации порошковых материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук, доктор физико-математических наук (01.04.07 – Физика конденсированного состояния)



Иванов Константин Вениаминович
(3822) 286 858; ikv@ispms.ru

23.10.2025

Сведения об организации:

634055, г. Томск, просп. Академический, 2/4;
(3822) 49-18-81; root@ispms.tomsk.ru; <http://www.ispms.ru>

Подпись К.В. Иванова удостоверяю.
Ученый секретарь ИФПМ СО РАН
кандидат физико-математических наук



Н. Ю. Матолыгина