УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по науке федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

д-р физ.-мат. наук, доцент

_____

Александр Викторович Германенко

«18» августа 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Мурадымова Романа Викторовича «Синтез, структура и свойства алюминий-графенового композиционного материала», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

В диссертационной работе представлена абсолютно новая в мировом масштабе технология шлаковой обработки алюминия для получения алюминий-графенового композита. Поскольку предлагаемый метод относится к литейным технологиям, он дешев, и может быть легко масштабирован для широкого промышленного применения. Все другие методы получения алюминий-графеновых композитов с дисперсным упрочнением, представленные в научной литературе, не представляют практического интереса.

Литейные технологии алюмоматричных композитов достаточно давно известны и применяются в промышленности: в автомобильной, аэрокосмической, электротехнической отрасли при необходимости обеспечить высокие эксплуатационные свойства изделий. Литые композиционные изделия весьма дороги, и из-за этого известны факты отказа от их производства, несмотря на очевидные технические преимущества. Причиной дороговизны является сложный технологический процесс, предусматривающий решение

задач предотвращения седиментации наполнителя, дегазации, усадки и волнового распределения наполнителя при течении металлической суспензии. Представленная Мурадымовым Р.В. технология имеет предпосылки к решению этих проблем за счет минимально возможной толщины включений упрочняющей фазы и открывает новые возможности для использования алюмоматричных композитов в технике.

Поставленная в диссертационной работе задача комплексного исследования технологии синтеза, структуры и свойств металломатричного композита чрезвычайно амбициозна. Для ее решения требуется провести значительно больший объем исследований, в том числе теоретических. В диссертационной работе автор предложил основные технологические подходы и исследовал некоторые свойства алюминий-графенового композита, а также высказал собственные предположения относительно механизма протекающих процессов.

Достоверность результатов, полученных в диссертации, обеспечена применением современных методов исследований и аналитического оборудования ЦКП «Современные нанотехнологии» УрФУ им. Б.Н. Ельцина, ЦКП Института электрофизики, ЦКП «Испытательный центр нанотехнологий и перспективных материалов» Института физики металлов, ЦКП «Состав вещества» ИВТЭ УрО РАН, а также и ВНИИ технической физики имени академика Е.И. Забабахина (г. Снежинск). Полученные автором диссертации результаты обсуждены на 17 конференциях всероссийского и международного уровня.

К сожалению, в автореферате и в диссертации нет информации о возможных результатах апробации/внедрения предлагаемого материала и технологии на промышленных предприятиях, что представляло бы значительный интерес.

Научные результаты работы полно опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, в том числе 13 – в международных базах данных WoS и Scopus, из которых 2 публикации в ведущем мировом журнале по композиционным материалам – «Alloys and Compounds», получен 1 патент РФ.

Автореферат диссертации отражает ее содержание.

Тем не менее, к диссертации есть вопросы и замечания.

1. Стр. 22. Диффузия углерода в расплавленный алюминий возможна только до предела растворимости, и даже при неравновесных условиях, обусловленных конвекцией, при медленном охлаждении произойдет падение содержания углерода до этого предела. Какой предел растворимости углерода в алюминии? Углерод из расплава выделяется в отдельную фазу при уменьшении растворимости, как известно из механизма формирования чугуна. При этом при длительном охлаждении за счет диффузии формируются более крупные включения, форма которых зависит от наличия поверхностно активных к углероду компонентов расплава. При отсутствии оных (как в предлагаемой технологии) при реализации заявленного механизма формирования включения будут округлые. Потому наиболее вероятен другой механизм формирования композита, с образованием пленок графена на границе раздела фаз, и трансфером их в расплав при естественной или принудительной конвекции. Причем на стр. 38 автор противоречит сам себе: «Основное количество образованного углерода диффундирует в расплавленный металл, а часть остается в солевом расплаве в виде графеновых пленок».

2. В диссертации много просторечных заявлений, не несущих смысловой нагрузки, например: (стр.24) «Как известно, любой металлургический процесс сопровождается переносом вещества и тепла. Скорости переноса определяют три родственных явления: теплопроводность, вязкость и диффузия». Много информации без ссылок на источник, например: (стр.26) «Побочный продукт – карбид алюминия – образуется при температуре выше 1400°С и содержаниях углерода выше 44 ат.%». Для обоснования низкой вероятности (но не невозможности) данной реакции нужно использовать расчет энергии Гиббса.

3. Стр. 66. Толщина оксидной пленки на чистом алюминии без графена составляет 1-3 нм (C. Schmitz, Handbook of Aluminum Recycling, 2006). Таким образом, полученные автором результаты по толщине оксидной пленки не являются уникальными. Они связаны с использованием высокочистого алюминия. На толщину оксидной пленки оказывают влияние примеси, которые формируют в пленке каналы коррозии, а также условия хранения.

4. Стр.82 – 86. Снижение тепло- и электропроводности алюминия с увеличением доли графена от 0,05 до 0,1%, на наш взгляд, связано со повышением доли графита вместо графена. Однако если увеличение теплопроводности алюминий-графенового композита объяснимо с точки зрения теоретических положений, то повышение его электропроводности – нет. Возможно, полученные результаты по электропроводности связаны с очисткой матрицы от включений адсорбцией их на графене, и минимальным сопротивлением самого графена, поскольку при прокатке включения располагаются параллельно направлению тока. Та же причина может являться фактором уникальных механических свойств композита и повышения коррозионной стойкости, в том числе сверхтонкой оксидной пленки.

Рассмотрев диссертационную работу в комплексе, можно сделать заключение, что, несмотря на высказанные вопросы и замечания, представленная Мурадымовым Р.В. диссертационная работа является самостоятельным завершенным исследованием в области технологии алюмоматричных композитов, пионерской работой по предлагаемой технологии, представляющей значительный практический интерес.

Диссертация соответствует паспорту специальности 1.4.4. Физическая химия, поскольку направлена на создание физико-химических основ синтеза нового материала – алюминий-графенового композита (п. 12 паспорта).

Можно рекомендовать результаты диссертационной работы Мурадымова Р.В. для внедрения предприятиям, специализирующимся на выпуске слитков для производства алюминиевого проката электротехнического назначения – подразделениям ОАО «РУСАЛ», производителю проката для авиастроения – АО Каменск-Уральский металлургический завод, предприятиям по производству алюминиевого литья для авиа и судостроения – АО «Каменск-Уральский литейный завод», ООО Уралцветлит, ЗАО Уралэлектромаш.

Работа полностью соответствует критериям, установленным п. 9-11, 13, 14 Положения о присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в актуальной редакции). Автор диссертации, Мурадымов Роман Викторович,

заслуживает присвоения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Отзыв на кандидатскую диссертацию Мурадымова Романа Викторовича «Синтез, структура и свойства алюминий-графенового композиционного материала», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия подготовил доктор технических наук, профессор кафедры литейного производства и упрочняющих технологий Финкельштейн Аркадий Борисович.

Настоящий отзыв обсужден и утвержден на заседании кафедры Литейного производства и упрочняющих технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина» (протокол № 08 от 28.08.2025 г.).

Лица, подписавшие отзыв, выражают согласие на включение своих персональных данных в аттестационное дело соискателя Мурадымова Р.В. и их дальнейшую обработку.

Д-р тех. наук, профессор кафедры литейного производства и упрочняющих технологий ФГАОУ ВО УРФУ

_____ Финкельштейн Аркадий Борисович

«21» августа 2025 г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

Адрес: Российская Федерация, 620062, Свердловская область, Екатеринбург, ул. Мира, 19

Телефон: +7 (343) 375-48-41

E-mail: a.b.finkelshteyn@urfu.ru

Подпись Финкельштейна Аркадия Борисовича удостоверяю

Ученый секретарь УРФУ В.А. Морозова

Главный специалист
Ученого совета УрФУ
Кудряшова Н.Н.

Сведения о ведущей организации:

Наименование организации: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Почтовый адрес: Российская Федерация, 620062, Свердловская область, Екатеринбург, ул. Мира, 19

email: contact@urfu.ru

Контактные телефоны: +7 (343) 375-44-44
+7 (343) 375-48-41

Официальный сайт: https://urfu.ru