

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 004.003.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ИНСТИТУТА ФИЗИКИ МЕТАЛЛОВ ИМЕНИ М.Н. МИХЕЕВА
УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИФМ УрО РАН) МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 14.12.2018, №16

О присуждении ПУШКИНУ Марку Сергеевичу, гражданину России,
ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Процессы самоорганизации и эволюция микроструктуры при получении композитов на основе меди методом взрывного нагружения» по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния принята к защите 02.10.2018, протокол № 10 диссертационным советом Д004.003.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской Академии наук (ИФМ УрО РАН), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 620108, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 18, приказы Минобрнауки РФ № 714/нк от 02.11.2012 и № 188/нк от 26.02.2015.

Соискатель Пушкин Марк Сергеевич, 1990 года рождения, в 2014 году окончил программу магистратуры в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по направлению «Физика», в 2018 году окончил очную аспирантуру при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте физики металлов имени М.Н. Михеева

Уральского отделения Российской Академии наук, работает в должности научного сотрудника в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Института физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в лаборатории физики высоких давлений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Гринберг Бэлла Александровна, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, лаборатория физики высоких давлений, главный научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

1. Глезер Александр Маркович, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник кафедры физического материаловедения Национального исследовательского технологического университета «МИСиС», г. Москва;

2. Конева Нина Александровна, доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет», г. Томск;

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация «Институт механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук» – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук

в своем положительном заключении, подписанном Наймарком Олегом Борисовичем, профессором, доктором физико-математических наук, заведующим лабораторией Физических основ прочности указала, что диссертационная работа Пушкина М.С. «посвящена актуальной теме, содержит ряд новых, важных в научном и практическом плане результатов, который вносят значительный вклад в понимание эволюции микроструктуры композитов, получаемых методом взрывного нагружения. Диссертационная работа Пушкина М.С. удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям. Таким образом, диссертационная работа «Процессы самоорганизации и эволюция микроструктуры при получении композитов на основе меди методом взрывного нагружения» удовлетворяет всем требованиям, предъявленным ВАК к кандидатской диссертации, а ее автор, Пушкин Марк Сергеевич, несомненно заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния».

Соискатель имеет 35 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 19 работ, из них статей, опубликованных в рецензируемых российских и зарубежных научных изданиях – 9, тезисов докладов в материалах всероссийских и международных конференций – 9, коллективная монография – 1. Общий объем научных изданий 37.6 печатных листа.

Автором получены экспериментальные данные о микроструктуре переходной зоны соединений медь-тантал, медь-титан, медь-мельхиор (медь - 80%, никель - 20%), полученных сваркой взрывом, а также особенности поведения формы границы раздела в зависимости от параметров сварки. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Поверхность раздела при сварке взрывом: фрактальный анализ / Б.А. Гринберг, М.А. Иванов, М.С. Пушкин, А.М. Пацелов, А.Ю. Волкова, А.В. Иноземцев // Деформация и разрушение материалов. – 2014. – N10. – С. 21-30.

2. Interface relief upon explosion welding: splashes and waves / B.A. Greenberg, M.A. Ivanov, A.V. Inozemtsev, S.V. Kuz'min, V.I. Lysak, A.M. Vlasova, M.S. Pushkin // *The Physics of Metals and Metallography*. – 2015. – V.116, N4. – P. 367-377.
3. Эволюция поверхности раздела при сварке взваром: переходы от всплесков к волнам / Б.А. Гринберг, М.А. Иванов, А.В. Иноземцев, С.В. Кузьмин, В.И. Лысак, М.С. Пушкин // *Известия РАН. Серия физическая*. – 2015. – Т.79, N9. – С. 1265-1268.
4. Microheterogeneous Structure of Local Melted Zones In The Process Of Explosive Welding / B.A. Greenberg, M.A. Ivanov, A.V. Inozemtsev, A.M. Patselov, M.S. Pushkin, A.M. Vlasova. // *Metallurgical and Materials Transactions – A*. – 2015. – V.46, N8. – P. 3569-3580.
5. Обнаружение квазиволновой формы поверхности раздела при сварке взрывом (медь-тантал, медь-титан) / М.С. Пушкин, А.В. Иноземцев, Б.А. Гринберг, А.М. Пацелов, М.А. Иванов, О.В. Слаутин, Ю.П. Бесшапошников // *Известия РАН. Серия физическая*. – 2016. – Т.80, N10. – С. 1430-1435.
6. Formation of intermetallic compounds during explosive welding / B.A. Greenberg, M.A. Ivanov, M.S. Pushkin, A.V. Inozemtsev, A.M. Patselov, A.P. Tankeyev, S.V. Kuzmin, V.I. Lysak. // *Metallurgical and Materials Transactions – A*. – 2016. – V.47, N11. – P. 5461-5473.
7. Процесс волнообразования при сварке взрывом: релаксация неравновесной структуры / Б.А. Гринберг, М.А. Иванов, С.В. Кузьмин, В.И. Лысак, М.С. Пушкин, А.В. Иноземцев, А.М. Пацелов, А.В. Пашеев // *Физика металлов и металловедение*. – 2016. – Т.117, N2. – С. 1269-1276.
8. Фрактальный анализ сварных соединений (Cu-Ta, Cu-Ti) / Б.А. Гринберг, М.С. Пушкин, А.П. Танкеев, А.В. Иноземцев // *Фундаментальные проблемы современного материаловедения*. – 2017. – Т.14. – С. 445-452.

9. Микроструктуры, препятствующие сцеплению материалов при сварке взрывом / Б.А. Гринберг, М.А. Иванов, С.В. Кузьмин, В.И. Лысак, Ю.П. Бесшапошников, М.С. Пушкин, А.В. Иноземцев, А.М. Пацелов // Письма о материалах. – 2018. – Т.14., №3 – С. 252-257.
10. Сварка взрывом: процессы и структуры / Б.А. Гринберг, М.А. Иванов, С.В. Кузьмин, В.И. Лысак, О.В. Антонова, Ю.П. Бесшапошников, А.М. Власова, Л.М. Гуревич, О.А. Елкина, А.В. Иноземцев, В.Е. Кожевников, А.М. Пацелов, В.П. Пилюгин, А.В. Плотников, М.С. Пушкин, В.В. Рыбин, Г.А. Салищев, О.В. Слаутин, А.П. Танкеев, Т.П. Толмачев, В.О. Харламов. – М.: Инновационное машиностроение, 2017. – 236 с.

На диссертацию и автореферат поступило 8 отзывов. Все отзывы положительные. В них отмечается актуальность темы диссертационной работы, научная новизна полученных результатов, их теоретическая и практическая значимость. Отзывы без замечаний поступили: от Сергея Владимировича Добаткина, профессора, доктор технических наук, заведующего лабораторией Института металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова, г. Москва.

Замечания содержатся в отзыве Капуткина Дмитрия Ефимовича доктора технических наук, профессора кафедры физики в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации», г. Москва.

Замечания:

1. Автореферат содержит утверждения, не подкреплённые конкретными результатами. Например, на стр. 18 сказано, что «действительно опасным... интерметаллиды являются...», когда образуют сплошные или почти сплошные объёмы...», но результатов измерений адгезионной прочности соединения (или иных показателей обсуждаемых опасностей) не приведено.

2. Заметна некоторая небрежность при редактировании текста автореферата. Например, на стр. 10, там, где речь идёт о композите Cu-Ti, появляются слова о «толщине пластин тантала»; на стр. 12, предложение, начинающиеся со слов «Используя данные профилометра...» не согласовано.

Замечания содержатся в отзыве Колобова Юрия Романовича, профессора, доктора физ.-мат. наук, заведующего кафедрой наноматериалов и наноотехнологий НИУ «БелГУ» на базе научного центра РАН, г. Черноголовка.

Замечания: «К сожалению, автор диссертации ограничился только изучением структуры зон сварного соединения на макро- и мезоуровне без изучения микроструктуры данной зоны и приграничных слоев свариваемых материалов. Информация об этом могла бы прояснить, например, причины появления наблюдаемых микротрещин и места их зарождения, выявить возможные фазово-структурные превращения в околошовной зоне сварного соединения и другие особенности».

Замечания содержатся в отзыве Илларионова Анатолия Геннадьевича, к.т.н., доцента кафедры термообработки и физики металлов ФГАОУ ВО «УрФУ», г. Екатеринбург.

Замечания: «на стр. 13 автореферата, в первом абзаце указано, что при получении соединения Cu-Ta «...температура вблизи границы раздела в процессе сварки может достигать 2000 К», каким образом проведена оценка температуры?».

Замечания содержатся в отзыве Назарова Айрата Ахметовича, доктора физико-математических наук, главного научного сотрудника, заместителя директора по научной работе Института проблем сверхпластичности металлов, г. Уфа.

Замечание: «После рисунка 1 говорится, что информация о рельефе поверхности была получена исследованиями продольного, поперечного сечения и вытравливанием одного из металлов на поверхности соединения.

Учитывая, что возможных сечений три, какое-то из них можно считать продольным или поперечным по отношению либо к плоскости листов, либо к направлению движения фронта волны, трудно связать с геометрией образцов и направлением волны последующие результаты, например, волнообразную границу на рисунке 2б».

Замечания содержатся в отзыве Салищева Геннадия Алексеевича, профессора, д.т.н., руководителя лаборатории объемных наноструктурных материалов, профессора кафедры «Материаловедения и нанотехнологии» Белгородского национального исследовательского государственного института, г. Белгород.

Замечания:

1. Различие в температурах плавления материалов пар предполагает, что их деформационные характеристики также существенно различаются. Это фактор, очевидно, может оказать существенное влияние при сварке взрывом на качество соединения. Между тем в автореферате не приводится ни какая-либо информация о его роли в процессе соединения.
2. На стр. 8 автореферат указано, что результаты, представленные в диссертации, изложены в 9 статьях в рецензируемых журналах, включенных в перечень ВАК и индексируемых в Web of Scince... Между тем несколько журналов из представленного автором списка никаким образом не индексируются в Web of Scince.

Замечания содержатся в отзыве Соловьёвой Юлии Владимировны, профессора, д.ф.-м.н., заведующей кафедрой физики ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно – строительный университет», г. Томск и Тепляковой Людмилы Алексеевны, профессора, д.ф.-м.н. кафедры физики ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно – строительный университет», г. Томск.

Замечания:

1. В автореферате указаны линейные размеры образцов, а в дальнейшем это никак не обсуждается. Между тем, автор использовал толщины пластин, различающиеся на порядок, и при этом получались разные типы границ раздела.
2. Диссертант проводил исследования микроструктуры в поперечном и продольном разрезе, что положительно. Но в реферате нет никакой информации, о пространственной картине структуры сварного соединения, а она как раз могла быть получена в таком подходе.
3. В тексте имеются стилистические и смысловые неточности, затрудняющие понимания существа излагаемого. Например, на стр. 10 (последний абзац: «...отдельных выступов стало достаточно много, чтобы они смогли объединиться в одну структуру»). Как сами выступы могут объединиться в одну структуру, не ясно? На стр. 19 (первый абзац): «Изменения внутренней энергии, локализующиеся вблизи контактирующих поверхностей...»)
4. На рис. 2 непонятно, где медь, где тантал, хотя и отмечается, что «медь – более темная, тантал – более светлый». Но качество фотоснимков не позволяет об этом судить однозначно.

Замечания содержатся в отзыве Валиева Руслана Зуфаровича чл.-корр АН РБ, д.ф.-м.н., профессор, директор научно-исследовательского института физики перспективных материалов, заведующий кафедрой материаловедения и физики металлов ФГБОУ «Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа.

Замечания:

1. В пунктах 1 и 2 «Положений, выносимых на защиту» непонятно, о какой поверхности идёт речь. Вероятно, подразумевалось поверхность раздела сварного шва?
2. Для классификации подобных процессов, показывающих «уровень риска», по поведению формы границы раздела от параметров «сварки»

(в соединении тех или иных материалов) данных пока недостаточно, скорее всего по причине новизны. Да и сам термин «уровень риска», «зона риска» (п. 5 задач, вывод 6) в рамках автореферата непонятны, просьба объяснить выбор термина.

3. Отсутствуют исследования взаимной диффузии элементов в зоне сварного шва, которые могли прояснить механизмы сцепления исследуемых материалов.

Выбор официальных оппонентов доктора физ.-мат. наук, профессора Глезера А.М., доктора физ.-мат. наук, профессора Коневой Н.А. и ведущей организации обосновывается публикациями оппонентов, тематикой структурного подразделения ведущей организации, относящимися к сфере исследований, которым посвящена диссертация.

Диссертационный совет отмечает, что соискателем

1. На основе полученных в работе экспериментальных данных о микроструктуре переходной зоны соединений медь-тантал, медь-титан, медь-мельхиор (медь - 80%, никель - 20%) выявлены особенности поведения формы границы раздела в зависимости от параметров сварки взрывом;

2. Обнаружены закономерности эволюции развития поверхности (отдельные выступы, всплески, квазиволновая и волнообразная границы), которые объяснены в рамках теории самоорганизации открытых систем;

3. Предложены и проанализированы новые механизмы сцепления материалов при сварке взрывом, такие как «склеивание» для волнообразной поверхности и создание свариваемой поверхностью излишней площади контакта;

4. Для численного описания изрезанности поверхности раздела использовался фрактальный подход. Установлено, что в случае минимальной подводимой энергии, при которой образец сваривается, наблюдается максимальная фрактальная размерность, уменьшающаяся при интенсификации режима сварки.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что полученные в данной работе экспериментальные данные и предложенные механизмы сцепления материалов при сварке взрывом расширяют знания и дополняют представления о процессах, происходящих в открытых системах, подвергнутых сильному внешнему воздействию.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что

1. В работе были найдены зоны, которые могут негативно влиять на сцепление материалов (зоны риска) для соединений медь-тантал и медь-титан;

2. Областью применения сварки взрывом может служить корпус химического реактора, стенка которого состоит из композита сталь-медь-тантал. Сварку взрывом также можно использовать для создания пары медь-титан, которая применяется при изготовлении оборудования в электролитическом процессе получения ряда цветных металлов.

Достоверность полученных результатов обусловлена достаточным объёмом используемых для сравнения экспериментальных данных, а также проведением измерений на сертифицированном оборудовании лаборатории физики высоких давлений, отдела электронной микроскопии Центра коллективного пользования ИФМ УрО РАН, а также Волгоградского государственного технического университета. В работе использовались современные методы исследования структуры, полученные результаты согласуются с данными других исследований. Основные выводы диссертационной работы изложены в статьях, опубликованных в реферируемых научных журналах из списка ВАК.

Личный вклад автора

В течение четырех лет аспирантуры автор работал под руководством доктора физико-математических наук, профессора А.П. Танкеева. Вместе с ним были сформулированы цели и задачи диссертации, разработаны основные направления научной работы. Из-за безвременной кончины

А.П. Танкеева автор заканчивал работу над диссертацией под руководством доктора физико-математических наук, профессора Б.А. Гринберг. Более десяти работ, включая коллективную монографию, были выполнены автором совместно с коллективом исследователей, руководимым Б.А. Гринберг. Автор участвовал в подготовке образцов (совместно с к.т.н. А.В. Иноземцевым) для металлографических, электронно-микроскопических (совместно с Н.В. Николаевой) и рентгенографических (совместно с к.ф.-м.н. А.М. Пацеловым) исследований. Автор лично выполнял структурные исследования, и проводил обработку экспериментальных данных. Автор самостоятельно разработал программное обеспечение, позволяющее рассчитывать фрактальную размерность поверхности. Автор принимал непосредственное участие в планировании экспериментов, обсуждении результатов и написании статей. Автор принимал участие в работе над коллективной монографией "Сварка взрывом: процессы и структуры" (Москва, Инновационное машиностроение, 2017).

Диссертация представляет собой научно-квалификационную работу и соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 с изменениями от 21.04.2016 г. № 335.

На заседании 14.12.2018 года диссертационный совет принял решение присудить Пушкину Марку Сергеевичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 - Физика конденсированного состояния.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации 01.04.07 - Физика конденсированного состояния, 6 докторов наук по специальности 01.04.11 - Физика магнитных

явлений, 5 докторов наук по специальности 05.16.01 - Металловедение и термическая обработка металлов, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту - нет, проголосовали: за - 16, против - 1, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель диссертационного совета
доктор физ.-мат. наук  В.В. Устинов

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор физ.-мат. наук  Т.Б. Чарикова

17 декабря 2018 г.