

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.092.02 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ИНСТИТУТА СТРУКТУРНОЙ МАКРОКИНЕТИКИ И ПРОБЛЕМ
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ им. А.Г. МЕРЖАНОВА РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК (ИСМАН) МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 29 мая 2019 г., № 2

О присуждении МАЛАХОВУ Андрею Юрьевичу, гражданину России,
ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Плакирование взрывом длинномерных цилиндрических изделий функциональными покрытиями» по специальности 05.16.09 – материаловедение (металлургия) принята к защите 18 марта 2019 года, протокол № 8, диссертационным советом Д 002.092.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А.Г. Мержанова Российской академии наук (ИСМАН) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 142432 Московская область, г. Черноголовка, ул. Академика Осипьяна, д. 8, Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации № 252/нк от 03.06.2016 г.

Соискатель Малахов Андрей Юрьевич, 1988 года рождения, в 2012 году окончил ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет «ПГУ», г. Пенза по специальности «Оборудование и технология сварочного производства». С 2012 по 2015 г. обучался в очной аспирантуре ФГБУН «Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А.Г. Мержанова» Российской академии наук (ИСМАН) по специальности 01.04.17 – химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества. С 31.12.2017 по 30.06.2018 г. являлся экстерном в ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический

университет «МИСиС» и сдал кандидатский экзамен по специальности 05.16.09 – материаловедение (металлургия). В настоящее время работает в должности младшего научного сотрудника в лаборатории ударно-волновых процессов.

Диссертационная работа выполнена в лаборатории ударно-волновых процессов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А.Г. Мержанова Российской академии наук (ИСМАН) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель

Кандидат технических наук Первухина Ольга Леонидовна, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А.Г. Мержанова Российской академии наук, ведущий научный сотрудник лаборатории ударно-волновых процессов.

Официальные оппоненты:

Родионова Ирина Гавриловна, доктор технических наук, заместитель директора научного центра физико-химических основ и технологий металлургии, Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина», г. Москва.

Шахрай Денис Владимирович, кандидат физико-математических наук, заведующий отделом экстремальных состояний вещества, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем химической физики Российской академии наук, г. Черноголовка – дали положительные отзывы на диссертацию

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Пензенский государственный университет, г. Пенза, в своем положительном заключении, подписанном д.т.н., профессором, заведующим кафедрой сварочное, литейное производство и материаловедение Розеном А.Е. и утвержденным

и.о. ректором университета А.Д. Гуляковы, указала, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, направленную на решение важной научной задачи материаловедения – разработка и внедрение технологических основ производства, изготовления сваркой взрывом биметаллических длинномерных стержней, труб, переходников из материалов, значительно различающихся по теплофизическим и механическим свойствам, для нефтехимической, электроэнергетической, металлургической и других отраслей промышленности. Работа соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении учёных степеней», предъявляемых ВАК, к кандидатским, а ее автор, Малахов Андрей Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 - «Материаловедение (металлургия)»

Соискатель имеет 34 опубликованные работы, из них: 12 статей опубликовано в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ, из них 5 статей, входящих в базы данных Web of Science и Scopus; 22 тезиса в сборниках трудов Всероссийских и Международных конференций. Общий объем научных изданий 4,5 печатных листа. Автором выполнен анализ литературных данных, проведены все экспериментальные исследования и количественная обработка полученных данных.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Malakhov, A.Yu.** Application of the internal protective layer from stainless steel to the surface of long-length pipes with an explosive welding / A.Yu. Malakhov and I V Saikov // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1115 (2018) 042052, DOI: 10.1088/1742-6596/1115/4/042052;
2. Курилкин, В.В. Исследование структуры границы соединения в биметалле сталь 08X18N10T+ванадий ВнПл-1+титан ВТ1-0 при воздействии энергии взрыва / В.В. Курилкин, И.В. Сайков, **А.Ю. Малахов**, А.С. Щукин, А.А. Бердыченко // Технология машиностроения. – 2018. – № 10. – С.11-15.;
3. **Малахов, А.Ю.** Разработка экспериментальных схем взрывного плакирования длинномерных трубных заготовок / А.Ю. Малахов, И.В.

- Сайков, П.А. Николаенко, И.В. Денисов, Л.Б. Первухин // Перспективные материалы. – 2017. – № 12. – С. 59-65.;
- Malakhov, A. Yu.** Reverse Schemes of Explosive Cladding of Long-Length Pipe Billets / A.Yu. Malakhov, I. V. Saikov, P. A. Nikolaenko, I. V. Denisov and L. B. Pervukhin // Inorganic Materials: Applied Research. – 2018. – Vol. 9. – No. 2. – PP. 347–350., DOI: 10.1134/S207511331802020X;
4. **Малахов, А.Ю.** Исследование влияния режимов сварки взрывом на линейную деформацию титановой трубы в биметаллическом стержне Ti+Cu / А.Ю. Малахов, И.В. Сайков, П.А. Николаенко // Приложение к журналу. Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2018. – Т. 23. – № 123. – С. 445-447.;
5. **Малахов, А.Ю.** Получение двухслойных трубных заготовок «сталь + коррозионностойкая сталь» сваркой взрывом / А.Ю. Малахов, И.В. Сайков // Ползуновский вестник. – 2017. – № 4. – С. 197-201.;
6. Сайков, И.В. Получение термобиметалла латунь-инвар сваркой взрывом с последующей прокаткой / И.В. Сайков, И.В. Денисов, **А.Ю. Малахов** и др. // Сварочное производство. – 2016. – № 10. – С. 38-41.;
7. **Малахов, А.Ю.** Исследование влияния сплошности соединения на эксплуатационные свойства медно-титанового токоподвода, полученного сваркой взрывом / А.Ю. Малахов, И.В. Сайков, П.А. Николаенко, Л.Б. Первухин // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2016. – Т. 21. – № 3. – С. 1136-1138.;
8. **Малахов, А.Ю.** Особенности сварки взрывом труб по «обратной схеме» / А.Ю. Малахов, И.В. Сайков, Л.Б. Первухин // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2016. – Т. 21. – № 3. – С. 1139-1141.;
9. Сайков, И.В. Применение барьерного слоя из ванадия в биметалле сталь-титан / И.В. Сайков, **А.Ю. Малахов**, И.Н. Нурсаинов, В.С. Челноков // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2016. – Т. 21. – № 3. – С. 1289-1291.;
10. **Малахов, А.Ю.** Получение сваркой взрывом биметаллических трубных

заготовок с внутренним жаропрочным слоем из никель-кобальтового сплава ЭК102 / А.Ю. Малахов, И.В. Сайков, О.Л. Первухина // Письма о материалах. – 2016. – Т. 6. – № 4 (24). – С. 276-280. DOI: 10.22226/2410-3535-2016-4-276-280;

11. **Малахов, А.Ю.** Плакирование взрывом внутренней части стальной трубы жаропрочным ниобиевым сплавом / А.Ю. Малахов, Л.Б. Первухин, И.В. Сайков и О.Л. Первухина. // Перспективные материалы. – 2015. – №10. – С. 80-84.;

Malakhov, A.Yu. Explosive cladding of the inner side of a steel tube with a heat-resistant niobium alloy / A.Yu. Malakhov, I.V. Saikov, O.L. Pervukhina and L.B. Pervukhin // Inorganic Materials: Applied Research. – 2016. – Т. 7. – № 2. – PP. 300-302., DOI: 10.1134/S2075113316020131.

12. **Малахов, А.Ю.** Создание сваркой взрывом высокопрочных биметаллических материалов с плакирующим слоем на основе ниобиевых и никель-кобальтовых сплавов / А.Ю. Малахов, Л.Б. Первухин, И.В. Сайков, В.Б. Вихман // Сварочное производство. – 2014.– №10. – С.16-20.;

Malakhov, A.Yu. Explosion welding of high-strength bimetallic materials with a cladding layer based on niobium and nickel–cobalt alloys / A.Y. Malakhov, Pervukhin L.B., Saikov I.V., Vikhman V.B. // Welding International. – 2015. – Vol. 29. – No 10. – PP. 805-808., DOI: 10.1080/09507116.2014.986887.

На диссертацию и автореферат поступило 10 отзывов. Все отзывы положительные, в некоторых имеются замечания. В них отмечается, что работа посвящена решению актуальной практической задачи, при этом имеет важное фундаментальное значение.

Замечания содержатся в следующих отзывах.

1. Отзыв из ФГАУ ВПО «Национальный исследовательский технологический университет «НИТУ МИСиС», подписан: д.т.н., профессором, профессором кафедры «Обработка металлов давлением» Романцевым Б.А. Отзыв положительный. Замечаний не содержит.

2. Отзыв из ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», подписан: к.т.н., доцентом, доцентом

кафедры «Современные специальные материалы» Бердыченко А.А. Отзыв положительный. Содержит следующие замечания:

1. На странице 9 автореферата (первый абзац) сказано: «...для сварки взрывом жаропрочных ниобиевых и никель-кобальтовых сплавов с высокопрочной оружейной сталью следует повысить скорость точки контакта с 2500 м/с до 2800 м/с, тем самым увеличивается параметр r до значений 1,6-2,2 и удельная кинетическая энергия метаемой пластины до 4,18 и 6,9 Мдж/м²». С этим трудно согласиться, так как увеличение скорости детонации не может привести к увеличению параметра r , который является отношением массы заряда ВВ к массе метаемой пластины. Наоборот увеличение параметра r , который зависит от высоты заряда ВВ, приводит к увеличению скорости детонации.

2. При рассмотрении структуры сварного соединения в качестве структурных неоднородностей, оказывающих влияние на его прочностные характеристики, рассматриваются литые включения, но не приводится их химический состав, информация о котором позволила бы более точно выявить причину образования этих включений.

3. В третьем пункте научной новизны сделан логичный вывод о том, что «с целью получения соединения с заданным комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств, в сварочном зазоре необходимо создать атмосферу разреженного аргона». Понятие «разреженный аргон» имеет неопределённый характер.

4. Приведённые экспериментальные данные приводятся без должной статистической обработки.

3. Отзыв из ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», подписан: д.ф.-м.н., профессором, заведующим кафедры «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы» Амосовым А.П. Отзыв положительный. Содержит следующие замечания:

1. Не приведено исходное состояние использованных металлических материалов, которое может быть отожженным, нормализованным или закаленным и отпущенным, и определять исходную структуру и свойства

материалов, не исследовано влиянием исходного состояния использованных металлических материалов на закономерности плакирования взрывом длинномерных цилиндрических изделий с функциональными покрытиями. Может, следует проводить какую-то термическую обработку исходных материалов для улучшения качества полученных биметаллических изделий.

2. Нет результатов по влиянию термической обработки после сварки взрывом биметаллических цилиндрических изделий, хотя на стр. 18 автореферата упоминается, что после получения двухслойных заготовок насосно-компрессорных труб проводилась их термическая обработка перед холодной прокаткой в АО «ПНТЗ».

4. Отзыв из ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный университет им. Р.Е. Алексеева», подписан: д.т.н., профессором, профессором кафедры «Материаловедение, технологии материалов и термическая обработка металлов» Гавриловым Г.Н. Отзыв положительный. Содержит следующие замечания:

1. В тексте автореферата указана задача необходимости обеспечения оптимального зазора, но не приведены математические методы оптимизации, которые были использованы.

2. При сварке взрывом на металл воздействуют высокие температуры и удельные давления, однако, в автореферате не приведена информация о влиянии указанных параметров на структуру и свойства свариваемых материалов.

3. Автор во втором абзаце раздела актуальности работы указывается необходимость создания «композиционного материала для ... стволов артиллерийских систем», а в тексте автореферата описывается исследование и изготовление коррозионностойких насоснокомпрессорных труб и медно-титановых токоподводов.

5. Отзыв из АО «ЦНИИМ», подписан: к.т.н., старшим научным сотрудником, начальником отдела «Сварочные материалы и технологии» Вихманом В.Б. Отзыв положительный. Содержит следующее замечание:

В качестве замечания следует указать на то, что отсутствие определения

параметра γ , указанного на странице 9, или соответствующего математического выражения, затрудняет понимание утверждения о связи увеличения этого параметра с ростом кинетической энергии метаемой пластины и качеством сварки высокопрочной стали с жаропрочными сплавами.

6. Отзыв из АО «ИМЦ Концерна «ВЭГА», подписан: к.т.н., начальником центра «Радиозащитные материалы» Гульбиным В.Н. Отзыв положительный. Содержит следующие замечания:

1. В тексте автореферата имеются данные о прочности соединения для полученных сваркой взрывом биметаллов сталь+жаропрочный сплав, но исходных значений прочностных характеристик не указано, поэтому проблематично оценить результаты механических испытаний.

2. Не указаны размеры модельных трубных заготовок сталь-титан.

3. В выводах по работе автор выдвигает критерий получения качественного соединения труб по «обратной» схеме, который заключается в необходимости беспрепятственного прохождения ударной волной границы раздела между плакирующей трубой и наполнителем, что выполняется при близких значениях их акустических сопротивлений. Но в тексте автореферата отсутствует фактическое сравнение вышеуказанных численных значений.

7. Отзыв из ФГБУН «Томский научный центр СО РАН», подписан: д.ф.-м.н., старшим научным сотрудником, в.н.с. научно-исследовательского отдела «Структурная макрокинетика» Зелепугиным С.А. Отзыв положительный. Содержит следующее замечание:

В качестве несущественного замечания по автореферату можно отметить, что в табл. 3 на стр. 17 в пятом столбце нижней строки, видимо, описка.

8. Отзыв из ООО «ПРОТОЛ», подписан: к.т.н., заместителем директора по научной работе Бесшапошниковым Ю.П. Отзыв положительный. Замечаний не содержит.

9. Отзыв из ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева (Самарский университет)», подписан: д.т.н., профессором, заведующим кафедрой «Обработки металлов давлением» Гречниковым Ф.В. и д.т.н., профессором кафедры Михеевым В.А. Отзыв положительный. Содержит следующие замечания:

В материале автореферата не было проанализировано следующее.

Во-первых, соединение металлов взрывом основано на высокоскоростном соударении твердых тел под действием кратковременных высоких давлений с интенсивно протекающей деформацией. В результате происходит сближение металлов на величину их межатомного взаимодействия.

Во-вторых, взрывное плакирование сопровождается упрочнением соединяемых конструктивных элементов и после сварки взрывом биметалл необходимо подвергать термической обработке.

В-третьих, метод широко применяют для получения таких сочетаний, которые практически невозможно получить высокотемпературными методами.

10. Отзыв из АО «НПО «ЦНИИТМАШ», подписан: д.т.н., профессором, заведующим отделом «Прочности материалов и конструкций» Казанцевым А.Г. Отзыв положительный. Содержит следующее замечание:

В работе отсутствует оценка влияния остаточных технологических напряжений на работоспособность разнородных биметаллических соединений в условиях термосилового нагружения.

Выбор официальных оппонентов, доктора технических наук И.Г. Родионовой и кандидата физико-математических наук Д.В. Шахрая и ведущей организации обосновывается публикациями оппонентов и тематикой структурного подразделения ведущей организации, относящимся к сфере исследований, которым посвящена диссертация.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

установлены параметры режимов сварки взрывом жаропрочных сплавов на ниобиевой (Н65В2МЦ) и никель-кобальтовой (ЭК102) основах с высокопрочной оружейной сталью ОХНЗМ, обеспечивающие бездефектную границу соединения и удовлетворительную прочность сцепления слоев;

выявлена взаимосвязь состава атмосферы в сварочном зазоре со структурой и свойствами соединения титана со сталью в цилиндрических изделиях, полученных сваркой взрывом;

установлен механизм образования дефектов при сварке взрывом длинномерных цилиндрических изделий;

разработан дисперсный твердо-жидкий опорный наполнитель в виде стальной дроби и воды, а также экспериментально установлены закономерности его влияния на структуру и деформацию при сварке взрывом длинномерных трубных заготовок;

определены требования к максимально допустимой площади локальных непроваров (до 50%) на границе соединения биметаллических токоподводов медь М1+титан ВТ1-0;

разработаны технологические основы производства длинномерных цилиндрических изделий, обеспечивающие в заданных пределах уровень деформации и сплошность соединения слоев. Результаты исследования внедрены в промышленное производство. Акты внедрения приведены в приложениях к диссертации.

Теоретическая значимость работы заключается в том, что в результате проведенных исследований выявлены особенности структурообразования в длинномерных цилиндрических изделиях с различным сочетанием слоев (сталь+титан, сталь+коррозионностойкая сталь) в зависимости от атмосферы в сварочном зазоре и акустических свойств свариваемых материалов;

обнаружено увеличение объема литых включений на границе соединения в цилиндрических изделиях, что связано с дополнительным тепловым воздействием на свариваемые поверхности ударно-сжатого газа,

движущегося с гиперзвуковой (свыше 5М) скоростью в сварочном зазоре, при отсутствии его бокового истечения;

обнаружено уменьшение средней толщины литых включений на границе соединения при сварке взрывом по схеме с дисперсным твердо-жидким наполнителем в 4 раза по сравнению со сваркой по схеме с использованием стального стержня с изолирующим слоем.

Практическая значимость исследований подтверждается тем, что:

определено, что в условиях реального промышленного производства использование дисперсного твердо-жидкого опорного наполнителя на основе металлической дроби и воды при изготовлении биметаллических трубных заготовок по «обратной» схеме обеспечивает минимальную поперечную деформацию и практически 100%-ую сплошность соединения при минимальном количестве литых включений;

разработаны технологические основы производства длинномерных биметаллических цилиндрических изделий, которые позволили создать технологии изготовления сваркой взрывом изделий широкой номенклатуры, в которых требуется нанесение относительно тонкого наружного и внутреннего слоя для защиты от агрессивной среды.

Реализация результатов исследования заключается в следующем:

по разработанной технологической схеме сварка взрывом+холодная прокатка в ООО «Битруб Интернэшнл» были изготовлены две опытно-промышленные партии длинномерных биметаллических трубных заготовок длиной 1000 мм и 2400 мм с удовлетворительным качеством поверхности, геометрическими параметрами и высокой коррозионной стойкостью, которые были прокатаны в АО «Первоуральский Новотрубный завод» (г. Первоуральск) в насосно-компрессорные трубы диаметром 73 мм;

освоена технология промышленного производства на предприятии ООО «Битруб» (г. Красноармейск) сваркой взрывом медно-титановых двухслойных стержней длиной 1500 мм, которые были использованы в качестве токоподводов для изготовления анодных ячеек электролизных ванн для получения никеля с ежемесячным объёмом производства до 3000 шт.

Биметаллические стержни, изготовленные по заказу ООО «Арсенал» (г. Москва), были поставлены в количестве 34500 штук на предприятия АО «Тамбовское опытно-конструкторское технологическое бюро» и АО «Башкирская содовая компания» (г. Стерлитамак), которые использовали их для оснащения анодных ячеек ванн электролизеров. В настоящее время анодные ячейки, оснащенные цилиндрическими токоподводами титан+медь производства ООО «Битруб», успешно работают на АО «Кольская ГМК».

Результаты работы могут быть также реализованы на трубопрокатных заводах, предприятиях цветной металлургии и военно-промышленного комплекса, в частности в ОАО «Челябинский трубопрокатный завод» (Челябинск), ОАО «Альметьевский трубный завод» (Татарстан), АО НПО «Уралвагонзавод» (Нижний Тагил), ПАО ГМК «Норильский никель».

Оценка достоверности результатов экспериментальных исследований выявила: результаты получены с использованием современного оборудования, показана воспроизводимость экспериментальных результатов и соответствие их с известными литературными данными, что подтверждает обоснованность и достоверность основных положений и выводов диссертации.

Личный вклад соискателя состоит в анализе литературных данных, проведении экспериментов, выполнении микроструктурных исследований и аналитической обработке полученных результатов. Все изложенные в диссертационной работе результаты получены автором лично или при его непосредственном участии. Постановка задач, интерпретация полученных результатов и формулировка выводов исследования осуществлялись совместно с научным руководителем и соавторами публикаций. Результаты исследований неоднократно докладывались диссертантом на Всероссийских и Международных конференциях.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация Малахова Андрея Юрьевича представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением

Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, и на заседании 29.05.2019 года принял решение присудить Малахову Андрею Юрьевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек (18 человек из постоянного состава в 24 человека), из них 6 докторов наук по специальности 05.16.09, технические науки, участвовавших в заседании, проголосовали:

за присуждение учёной степени – **18**,

против присуждения учёной степени – **нет**,

недействительных бюллетеней – **нет**.

Председатель
диссертационного совета Д 002.092.02
д.т.н., член-корр. РАН



Алымов М.И.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 002.092.02
к.т.н.

Петров Е.В.

29.05.2019