



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Пензенский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «ПГУ»)

ул. Красная, д. 40, г. Пенза, Россия, 440026
 Тел/факс: (841-2) 56-51-22, e-mail: cnit@pnzgu.ru, <http://www.pnzgu.ru>
 ОКПО 02069042, ОГРН 1025801440620, ИНН/КПП 5837003736/583701001

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. ректора ФГБОУ ВО «Пензенский
 государственный университет»



А.Д. Гуляков

«06» мая . 2019 г.

О Т З Ы В

ведущей организации – Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный университет» на диссертационную работу Малахова Андрея Юрьевича "Плакирование взрывом длинномерных цилиндрических изделий функциональными покрытиями", представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – «Материаловедение (металлургия)».

Актуальность темы диссертационной работы

Изделия цилиндрической формы широко используются в нефтехимической, электроэнергетической, металлургической и других отраслях промышленности. В некоторых случаях рабочие поверхности данных изделий испытывают высокие механические нагрузки и одновременно подвергнуты активному коррозионно-эрозионному разрушению. Примерами могут являться стальные насосно-компрессорные трубы газовых и нефтяных скважин, токоподводы электролизных ванн, внутренние поверхности стволов в артиллерийских системах и др. Возможность реализации одновременного сочетания высокой механической прочности, коррозионной и эрозионной стойкости может быть реализовано за счёт создание многослойного металлического материала, имеющего в своём составе слои разного химического состава и, как следствие, резко различающихся по физическим, механическим и технологическим свойствам.

Эффективной технологией получения подобного материала является сварка взрывом. Однако, несмотря на очевидные достоинства данной технологии для получения биметаллов цилиндрической формы, этот способ имеет ряд ограничений, в частности, при плакировании длинномерных цилиндрических заготовок возникает проблема снижения прочностных свойств соединения по мере удаления от точки инициирования процесса сварки, возможность резкой потери пластичности композиционного материала в случаях, когда свариваемые взрывом материалы способны образовывать интерметаллиды, либо активно окисляться в воздушной атмосфере. Все указанные проблемы требуют поиска новых научных и технических решений.

Поэтому, представленная работа, имеющая своей целью исследование особенности формирования соединения в процессе сварки взрывом изделий цилиндрической формы, разработку и внедрение технологических основ их производства, изготовления биметаллических длинномерных стержней, труб и переходников является весьма актуальной.

Основные научные результаты и их значимость для науки и практики

Научную новизну диссертационной работы определяют следующие результаты исследования, полученные лично соискателем. Наиболее важными из них являются:

1. Установлено, что для формирования равнопрочного бездефектного соединения с однородной структурой при сварке взрывом жаропрочных сплавов на ниобиевой и никель-кобальтовой основах с высокопрочной оружейной сталью ОХНЗМ необходимо в 3-7 раз увеличить удельную кинетическую энергию метаемого элемента из жаропрочного сплава по сравнению со сваркой взрывом материалов с сочетанием слоев углеродистая сталь + аустенитная сталь.

2. Установлено увеличение объёма литых включений на границе соединения высокопрочная сталь + жаропрочный сплав, 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 и разработаны рекомендации по их снижению.

3. Показано, что для получения соединения с заданным комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств при сварке взрывом титана со сталью, в сварочном зазоре необходимо создать атмосферу разреженного аргона.

4. Научно обоснована и экспериментально подтверждена схема сварки взрывом изделий трубной формы с применением дисперсного твердо-жидкого опорного наполнителя с акустическим сопротивлением (импедансом), близким к импедансу тонкостенной трубы, что позволило снизить интенсивность (амплитуду) ударной волны в зоне соединения и уменьшить среднюю толщину литых включений в 4 раза по сравнению со сваркой по схеме с использованием стального стержня с изолирующим слоем.

5. Установлено, что колебание сварочного зазора по длине и диаметру длинномерных цилиндрических заготовок приводит к образованию в поршне ударно-сжатого газа турбулентных потоков как в осевом, так и в радиальном направлениях, что вызывает неравномерный аэродинамический прогрев свариваемых поверхностей и образование литых включений на границе соединения.

6. Впервые установлено, что наличие локальных непроваров и интерметаллидной прослойки между титановой трубой и медным стержнем не оказывает заметного влияния на падение напряжения по длине биметаллических токоподводов медь М1 + титан ВТ1-0.

Практическая значимость полученных результатов

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

2. 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.

3. Для осуществления производства цилиндрических токоподводов разработаны и согласованы в установленном порядке технические условия «ТУ 18827-002-21414987-2016. Прутки биметаллический титан+медь, изготовленный сваркой взрывом».

4. Полученные биметаллические цилиндрические изделия могут быть рекомендованы для изготовления насосно-компрессорных труб, артиллерийских стволов, цилиндрических переходников и токоподводов, работающих в агрессивных средах.

Соответствие темы диссертации требованиям паспорта специальности, по которой представлена работа

Диссертация в полной мере соответствует паспорту специальности 05.16.09, и, в частности, пунктам 1, 2, 3, 4, 9

1. Теоретические и экспериментальные исследования фундаментальных связей состава и структуры материалов с комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств с целью обеспечения надежности и долговечности материалов и изделий.

2. Установление закономерностей физико-химических и физико-механических процессов, происходящих на границах раздела в гетерогенных структурах.

3. Разработка научных основ выбора материалов с заданными свойствами применительно к конкретным условиям изготовления и эксплуатации изделий и конструкций.

4. Разработка физико-химических и физико-механических процессов формирования новых материалов, обладающих уникальными функциональными, физико-механическими, эксплуатационными и технологическими свойствами, оптимальной себестоимостью и экологической чистотой.

9. Разработка способов повышения коррозионной стойкости материалов в различных условиях эксплуатации.

Обоснованность положений и достоверность, полученных научных и практических результатов

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов, сформулированных в диссертационной работе, обеспечены корректной постановкой задач, применением аттестованных методик исследований и проведением экспериментов на современном оборудовании, значительным количеством экспериментальных данных, их сопоставлением с результатами других авторов.

Цель, поставленная в работе, достигнута и подтверждена практическими результатами. Широкое практическое применение созданных автором материалов на АО «Кольская ГМК», АО «Тамбовское опытно-конструкторское технологическое бюро» и АО «Башкирская содовая компания» (г. Стерлитамак), АО «Первоуральский Новотрубный завод» (г. Первоуральск) свидетельствует о высокой их потребности в промышленности, надёжности и достоверности полученных в работе результатов.

Соответствие работы требованиям, предъявляемым к диссертациям

Автором выполнены все требования, предъявляемые к диссертациям. Приведён подробный анализ литературных данных, относящихся к теме диссертации, правильно установлены цель и задачи исследования, что позволило автору разработать технологию сварки взрывом изделий цилиндрической формы и внедрить её в производство биметаллических длинномерных стержней, труб и переходников. Автором ставится и успешно решается ряд важных для современной материаловедческой науки задач.

Экспериментальные результаты представлены чётко как в виде графиков, фотографий, так и текста их описывающего. Работа написана ясным языком, хорошо иллюстрирована. Диссертация и автореферат содержат необходимые разделы и соответствуют друг другу.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Результаты диссертационной работы могут быть использованы в виде практических рекомендаций для освоения технологии получения:

- медно-титановых двухслойных стержней для анодных ячеек электролизных ванн при получении никеля;
- двухслойных коррозионностойких бесшовных насосно-компрессорных труб (внутренняя поверхность плакируется нержавеющей сталью аустенитного класса), работающих в условиях высоко агрессивных сред и повышенного износа;
- артиллерийских стволов, внутренняя поверхность которых испытывает действие высокоэнергетических конденсированных систем, в связи с чем автор предлагает плакировать внутреннюю поверхность жаропрочным эрозионно-стойким сплавом (например, ниобием, никель-кобальтовым сплавом, танталом и т.п.).

Замечания по диссертационной работе

Отмечая несомненные достоинства диссертационной работы, ее практическую значимость и научную новизну, следует указать на некоторые спорные положения и высказать следующие замечания.

1. Автор делает слишком глубокий исторический ракурс в вопрос получения биметаллических труб. Семь страниц диссертации (стр. 15 - 21) подробно рассматривают технологии их получения по схемам не связанным со сваркой взрывом. Можно было бы ограничиться перечислением возможных технических решений с указанием преимуществ и недостатков.

2. На рис. 1.1 (стр. 24) приведены ампульные схемы с наружным зарядом, для которых при больших диаметрах может быть значительным продольное воздействие от верхнего заряда ВВ. В этих случаях рекомендуется использовать обтекатель.

3. В работе помимо указанных во второй главе методов исследования автор использует также цветную дефектоскопию и коррозионные испытания. Однако, их описание во второй главе отсутствует.

4. Экспериментальные точки и линейные зависимости на рис. 3.15 (стр. 79) имеют большие отклонения. Почему автором не определены экспериментальные точки для других диапазонов?

5. Имеются некоторые досадные небрежности в оформлении:

- химическая формула водного раствора хлорного железа $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, а автором указано $\text{FeCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$;

- по тексту автор неоднократно указывает температуру и в Кельвинах, и в Цельсии;

- международный симпозиум в Кракове в 2014 году был по счёту XII, а не XXI, как это указано на 12 стр.;

- рисунок 4.12, (стр. 102) выполнен автором на одной странице, а подрисуночная надпись размещена на другой странице.

Заключение

Диссертация представляет собой завершённую 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.

Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для российской науки и практики в области материаловедения. Выводы и рекомендации обоснованы.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации. Опубликовано 34 печатных работ, из них 12 – в изданиях, рекомендованных ВАК, из них 5 статей, входящих в базы данных *Web of Science* и *Scopus*, 22 тезиса в сборниках трудов различных конференций. Указанные публикации полно отражают содержание работы.

Работа соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении учёных степеней», предъявляемых ВАК, к кандидатским, а ее автор, Малахова Андрея Юрьевича заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – «Материаловедение (металлургия)»

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден и одобрен на заседании кафедры «Сварочное, литейное производство и материаловедение» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный университет» "04" апреля 2019 г., протокол № 10.

Заведующий кафедрой «Сварочное, литейное производство и материаловедение»,
д.т.н., профессор



А.Е.Розен

Телефон:

раб. (841-2) 36-84-53
моб. +7 927 380 93 81

E-mail

aerozen@bk.ru

Подпись Розена А.Е. заверяю



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ПГУ»)
Адрес: 440026, г. Пенза, ул. Красная, 40.
Тел./факс (841-2) 56-51-22 E-mail: cnit@pnzgy.ru