

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию 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 диссертации

Создание многослойных изделий с повышенными эксплуатационными свойствами является сложной и важной задачей материаловедения. Сварка взрывом в силу присущих ей особенностей является одним из наиболее эффективных, а в ряде случаев единственно возможным способом создания качественных многослойных материалов. Биметаллические изделия востребованы во многих отраслях, в частности, военной, нефтехимической, металлургической и т.д. Особую сложность при изготовлении сваркой взрывом многослойных изделий в отличие от плоских вызывают изделия цилиндрической формы вследствие ограниченной скорости истечения газа из сварочного зазора. По этой причине при плакировании цилиндрических заготовок при длине больше 10 наружных диаметров возникает проблема снижения прочностных свойств соединения. К тому же в случае изготовления цилиндрических изделий накладываются более жесткие требования к точности сборки технологических схем.

В данной работе проведено исследование влияния целого ряда факторов, влияющих на качество изготовления длинномерных многослойных изделий цилиндрической формы, определены оптимальные условия для плакирования конкретных материалов, разработаны технологические основы и опытные технологии их производства. Актуальность и востребованность результатов исследования Малахова А.Ю. подтверждается разработанной импортозамещающей технологией сварки взрывом длинномерных цилиндрических изделий, позволившей наладить промышленное производство медно-титановых стержней для оснащения ванн электролизеров никеля для АО «Кольская ГМК»

Новизна проведенных исследований и полученных результатов

Новизна проведенных исследований состоит в следующем:

- экспериментально показано, что для получения соединения с заданными физико-механическими и эксплуатационными свойствами при сварке взрывом

титана со сталью заполнение сварочного зазора наиболее оптимально проводить атмосферой разреженного аргона

- для получения качественных изделий по «обратной» схеме необходимо использование дисперсного твердо-жидкого наполнителя с акустическим импедансом, близким к импедансу тонкостенной трубы

Достоверность полученных результатов

Достоверность и обоснованность результатов и выводов работы подтверждается значительным количеством экспериментальных данных, полученных с использованием комплекса современных и хорошо апробированных методик анализа материалов, статистической обработкой полученных данных, а также адекватной постановкой задач и способов их решения.

Структура и содержание диссертации

Во введении приводится обоснование актуальности темы диссертационной работы; научная новизна, практическая значимость результатов диссертации; кратко описаны методология и методы диссертационного исследования; перечислены положения, выносимые автором на защиту; приведены сведения о практической реализации и апробации полученных в работе результатов с обоснованием их достоверности, содержится информация о количестве и типе публикаций по теме диссертации, личном вкладе автора, структуре и объеме диссертации, источниках финансирования исследований и благодарностях.

В первой главе приводится перечень областей применения биметаллических труб и стержней с описанием особенностей их производства, убедительно показано преимущество биметаллических материалов перед монометаллическими, рассматриваются способы и материалы для защиты цилиндрических изделий от коррозионного и механического износа. В частности, уделено внимание такому неизбежному эффекту как деформация изделий в процессе сварки взрывом. В диссертации отмечается, что для получения биметаллических цилиндрических изделий заданных размеров с качественным сцеплением свариваемых слоев необходимо учитывать целый ряд факторов, таких как прочностные свойства свариваемых материалов, их акустические свойства, точность изготовления деталей и их монтажа, а также величину импульса, передаваемого взрывчатым веществом метаемой пластине.

Достаточно подробное рассмотрение вышеперечисленных аспектов заканчивается формулировкой целей и задач диссертационного исследования.

Вторая глава диссертации носит методический характер и посвящена

описанию методов диагностики изготовленных биметаллических труб и стержней. В диссертационной работе использован исчерпывающий набор средств диагностики для определения механических, прочностных и электрофизических характеристик готовых изделий, описаны методы микроскопического и рентгенофазовых исследований, а также метод ультразвукового контроля для определения качества сваривания биметаллических изделий. Используемые методики широко известны, достоверность полученных с их помощью данных не вызывает сомнений.

В основу третьей главы положены результаты экспериментальных и теоретических исследований особенностей получения двухслойных цилиндрических изделий методом плакирования. Поскольку в литературе отсутствуют данные по сварке в твердой фазе жаропрочных сплавов с высокопрочными сталями то режимы сварки необходимо было определять исходя из предыдущего опыта производства биметаллических листов. Так экспериментально установлено, что при сварке взрывом плоских образцов «высокопрочная сталь-жаропрочный сплав» для обеспечения границы соединения без микротрещин, пор и несплошностей необходимо повысить в 3-7 раз удельную кинетическую энергию метаемого элемента по сравнению сваркой по схеме «углеродистая сталь-аустенитная сталь». Большой объем экспериментальной работы был сделан для получения сваркой взрывом соединения «сталь-титан» с минимальным количеством литых включений. Для этого опытным путем подбиралась атмосфера сварочного зазора. Отмечается, что оптимальной является атмосфера разреженного аргона, которая дает минимальное количество литых включений, а также позволяет исключить возгорание титана в сварочном зазоре.

Важной составляющей диссертационного исследования Малахова А.Ю. является разработка технологических основ производства сваркой взрывом цилиндрических двухслойных длинномерных изделий, которой посвящена четвертая глава. Рассматриваются «прямая» и «обратная» схемы получения цилиндрических изделий. Отмечается, что при «обратной» схеме оптимальным является использование дисперсного твердо-жидкого наполнителя, который обеспечивает остаточную деформацию трубной заготовки на уровне 4-5%, а в силу близости акустических характеристик с заготовкой обеспечивает отвод энергии ударной волны от зоны соединения. В этой же главе описаны разработанная технология плакирования медного стержня слоем титана ВТ1-0, обеспечивающая заданный сварочный зазор и защиту стержня от продуктов детонации, а также разработанная для таких стержней методика исследования падения напряжения по длине.

Пятая глава посвящена разработке опытных технологий изготовления

двухслойных трубных изделий и промышленной технологии производства биметаллических стержней для токоподводов. Отмечается, что по разработанной технологической схеме удалось изготовить биметаллические трубные заготовки длиной до 2,2м, качество изделий подтверждается металлографическими исследованиями и рядом механических испытаний.

Разработанная импортозамещающая технология сварки взрывом длинномерных цилиндрических изделий позволила наладить промышленное производство медно-титановых стержней для оснащения ванн электролизеров никеля для АО «Кольская ГМК»

Замечания по диссертационной работе

1. В описании используемых методов исследования автор делает упор на общеизвестных понятиях и определениях без указания важных параметров рентгенофазового анализа, растровой электронной микроскопии, ультразвукового контроля, в частности ускоряющее напряжение, ток первичного пучка электронов и др.

2. В первом выводе по работе сказано, что для успешной сварки ниобиевого и никель-кобальтового сплавов необходимо "в 3-7 раз увеличить удельную кинетическую энергию метаемого элемента". Непонятно, почему предложен такой большой интервал режимов сварки. Насколько универсальна такая рекомендация для других типов жаропрочных сплавов?

3. В тексте диссертации в незначительном количестве присутствуют опечатки.

Указанные замечания носят рекомендательный характер и не снижают ценность и значимость диссертационной работы Малахова А.Ю.

Заключение

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.16.09 — «Материаловедение (металлургия)» и удовлетворяет критериям, которым должна отвечать диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук.

На использованные в диссертации отдельные результаты других авторов, в том числе, полученные в результате совместных исследований, диссертантом в работе даны соответствующие ссылки. Личный вклад автора в диссертационную работу не вызывает сомнения. Диссертация Малахова Андрея Юрьевича «Плакирование взрывом длинномерных цилиндрических изделий функциональными покрытиями» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком уровне, и содержит новые результаты, которые вносят существенный вклад в развитие экспериментальных

исследований процессов, протекающих при сварке взрывом изделий цилиндрической формы.

Считаю, что диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденном Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор **Малахов Андрей Юрьевич** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 — «Материаловедение (металлургия)».

Согласен на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного Совета и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент:

кандидат физико-математических наук,
заведующий Отделом экстремальных состояний вещества
ИПХФ РАН

Шахрай Денис Владимирович

« 13 » мая 2019 г.

Почтовый адрес:

142432 Московская обл., Ногинский р-н, г. Черноголовка, пр-т ак. Семенова, 1,
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем химической физики РАН». Тел.: (496)522-17-56; E-mail: shakhray@icp.ac.ru

Подпись к.ф.-м.н., Шахрай Д.В.

удостоверяю: _____



Ученый секретарь ИПХФ РАН,

доктор химических наук Психа Б.Л.