

ОТЗЫВ

официального оппонента д.т.н., доцента Ольшанской Татьяны Васильевны
на диссертационную работу Вайнермана Александра Абрамовича
«Разработка технологии сварки алюминиевых бронз и медно-никелевых
сплавов с коррозионно-стойкой азотсодержащей сталью
для создания перспективных изделий морской техники»,
представленную в диссертационный совет Д411.006.01
на базе Федерального государственного унитарного предприятия
«Центральный научно-исследовательский институт конструкционных
материалов «Прометей» имени И. В. Горынина Национального
исследовательского центра «Курчатовский институт»
на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.02.10 – «Сварка, родственные процессы и
технологии»

Актуальность темы

Актуальность темы диссертационной работы Вайнермана А.А. определяется необходимостью внедрения новых материалов и технологий при создании и изготовлении перспективных изделий судового машиностроения, обладающих особыми специальными свойствами, с целью повышения ресурсов определенных узлов и систем, и в целом срока эксплуатации судов.

В работе рассматриваются вопросы, связанные с исследованиями свариваемости высоколегированной азотсодержащей стали аустенитного класса со сплавами на медной основе: медно-никелевые сплавы и алюминиевые бронзы. Сварка и наплавка сталей и сплавов аустенитного класса со сплавами на основе меди всегда связана с большими трудностями. Единых подходов или приемов для предотвращения образования дефектов в сварных соединениях нет, их выбор зависит напрямую от состава свариваемых и наплавляемых материалов. Сталь 04X20H6Г11М2АФБ является достаточно новым материалом, и поэтому процессы, происходящие при сварке и наплавке данной стали с медными сплавами, практически не исследованы. Кроме того, к исследуемым сварным и наплавленным соединениям предъявляются дополнительные особые требования по магнитной проницаемости. Аналогов технологии получения подобных маломagnetных сварных соединений в российской и зарубежной литературе нет.

Вх. № 3226		в ДЕЛО
28.10.2019		№
Осн. 8	л.	

В связи с вышеизложенным можно констатировать, что тема диссертационной работы **Вайнермана Александра Абрамовича** «Разработка технологии сварки алюминиевых бронз и медно-никелевых сплавов с коррозионно-стойкой азотсодержащей сталью для создания перспективных изделий морской техники», является **актуальной**.

Новизна проведенных исследований и полученных результатов

На основании анализа полученных автором результатов исследования, а также научных публикаций в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК, посвященных тематике диссертационной работы Вайнермана А.А., можно выделить следующие научные и практические положения:

1. Представлен научно-обоснованный подход к выбору присадочных материалов для создания подслоя на стали 04Х20Н6Г11М2АФБ и на алюминиевых бронзах, а так же к выбору присадочных материалов для промежуточных переходных слоев, позволяющих получить качественные сварные соединения с временным сопротивлением не менее 250 МПа и магнитной проницаемостью $\mu < 1,01$ при сварке и наплавке аустенитной азотсодержащей стали с маломagnetными медно-никелевыми сплавами и алюминиевыми бронзами.

2. Научно обосновано и экспериментально подтверждено, что, при наплавке медно-никелевых сплавов [5-6,5 % Ni] на никелевые сплавы композиций [Cr(18-22%)-Fe-Mn-Nb основа Ni] и [Cr(18-22%)-Fe-Mn-Nb-Mo основа Ni], в никелевых сплавах образуются трещины и межкристаллитные проникновения медного сплава, аналогичные по природе образования, что и при наплавке медных сплавов на сталь. Предложен критерий $k_{\text{тмп}}$, позволяющий оценить образование данных дефектов в никелевом сплаве, определено пороговое значение критерия: $k_{\text{тмп}} = [\text{Fe}] / ([\text{Ni}] + [\text{Fe}]) \leq 0,12$, где [Fe] и [Ni] – содержание никеля и железа в никелевом сплаве.

3. Установлены, причины образования дефектов при наплавке никелевого сплава на медно-никелевые сплавы [5-6,5 % Ni].

При наплавке никелевого сплава композиции [Cr(18-22%)-Fe-Mn-Nb основа Ni] появление трещин в наплавленном слое связано с переходом меди в него и образованием двухфазной структуры, состоящей из твердого раствора на основе Ni и твердого раствора на основе Cu.

При наплавке никелевого сплава композиции [Cr(18-22%)-Fe-Mn-Nb-Mo основа Ni] образование трещин в зоне сплавления связано с скоплением фаз на основе молибдена. Для предотвращения образования трещин предложено увеличить содержание никеля в медном сплаве до 30% и более, чтобы повысить растворимость молибдена.

4. Получена зависимость магнитной проницаемости μ от содержания железа в наплавленных слоях в случае наплавки медно-никелевых сплавов (5-6,5% Ni) на стали и сплавы, содержащие ферритную фазу: $[\%Fe] \leq 3,7\%$ $\mu=1,001-1,003$; $[\%Fe] \geq 4\%$, $\mu([\%Fe]) \approx 0,007 * [\%Fe] + 1$.

Показано, что при наплавке медно-никелевых сплавов на никельсодержащие сплавы возможно получение наплавленного слоя с магнитной проницаемостью $\mu < 1,01$, в независимости от среднего содержания в нем железа. Это связано с повышением содержания элементов γ -стабилизаторов в наплавленном слое и появлением γ -Fe фазы.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов, рекомендаций и заключений, сформулированных в диссертации

Достоверность полученных в диссертации результатов подтверждается применением современных методов исследования, большим объемом экспериментальных исследований, а так же непротиворечивостью полученных результатов имеющимся данным других исследователей и известным теоретическим представлениям; результатами опытно-промышленной апробации предлагаемых технологий сварки высоколегированной азотсодержащей стали аустенитного класса с медными сплавами и технологии наплавки медно-никелевых сплавов на алюминиевую бронзу, результатами стендовых испытаний корпусов судовой арматуры с наплавленным уплотнительным полем.

Публикации и апробация

Результаты диссертации прошли надежную апробацию на международных конференциях молодых ученых и специалистов и международных научно-практических конференциях, а также при рецензировании статей, опубликованных в журналах, рекомендованных ВАК. По теме диссертации опубликовано 16 печатных работ, в том числе 3 в журналах, рекомендованных ВАК, в 2 изданиях, входящих в международную базу цитирования Scopus, получено 4 патента.

Необходимо так же отметить, что все экспериментальные исследования, рассмотрение и трактовка полученных результатов, а также обработка и их анализ выполнены **лично автором или при его участии**.

Практическая значимость результатов работы

Практическая значимость представленной работы состоит в следующем:

1. Разработаны технологии ручной и механизированной аргонодуговой сварки медно-никелевых сплавов и алюминиевых бронз с азотсодержащей сталью аустенитного класса 04X20H6Г11М2АФБ. Технология сварки прошла практическую проверку в АО «Армалит», что подтверждено актом внедрения.

2. Разработаны и изданы «Технологические указания на сварку медно-никелевого сплава марки МНЖ 5-1 с азотистой аустенитной сталью 04X20H6Г11М2АФБ» и «Технологические рекомендации на выполнение сварки бронзы БрАМц 9-2 с азотсодержащей сталью 04X20H6Г11М2АФБ для изготовления маломагнитных узлов трения».

3. Разработана технология наплавки из бронзы БрА9Ж4Н4Мц1 с применением сварочной проволоки марки Св-МНЖМцТК 40-1-1-0,3-0,1. Технология наплавки внедрена в АО «Армалит», что подтверждено актом внедрения.

4. Разработана и издана документация на наплавку ручным, механизированным и автоматическим аргонодуговыми способами опытной партии судовой арматуры – РД5.УЕИА.3659-2015, РД5.УЕИА.3665-2015 и РД5.УЕИА.3661-2015.

Заключение о соответствии диссертации установленным критериям

Кандидатская диссертация Вайнермана А.А полностью отвечает критериям, которые предусматривает для таких квалификационных работ «Положение о присуждении ученых степеней», утвержденное Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842. В ней реализованы следующие принципы соответствия:

- содержание диссертации полностью соответствует заявленным в работе целям и задачам;
- автореферат диссертации соответствует содержанию диссертации;
- печатные работы Вайнермана А.А, опубликованные в научных журналах, в том числе научных журналах, рекомендованных ВАК, а также сборниках научных трудов международных конференций с достаточной полнотой отражают содержание диссертации;
- диссертация Вайнермана А.А, соответствует паспорту научной специальности 05.02.10 – «Сварка, родственные процессы и технологии», как по области исследования, так и по предмету исследования. Поэтому соответствие темы диссертации и научной специальности сомнений не вызывает.

Оценка содержания диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, общих выводов, списка литературы и приложения. Объем работы составляет 147 страницы, включая 81 рисунков, 15 таблиц. Список литературы содержит 123 наименования.

По моему мнению, автор достаточно корректно использует известные научные методы обоснования полученных результатов, выводов и рекомендаций. Автором изучены и критически проанализированы известные достижения и теоретические положения многих исследователей, занимающихся изучением особенностей соединения медных сплавов с азотосодержащими сталями, исследующих магнитные свойства медных сплавов и влияние их состава на магнитную проницаемость.

В работе представлен достаточно большой объем экспериментальных исследований, рассмотрен большой диапазон присадочных сварочных материалов. Автором широко рассмотрены металловедческие аспекты формирования наплавляемых слоев. В результате проведенных исследований найдены оптимальные варианты присадочных материалов для создания подслоя на стали 04Х20Н6Г11М2АФБ и на алюминиевых бронзах, а так же для промежуточных переходных слоев, позволяющих получить качественные сварные соединения при сварке и наплавке аустенитной азотсодержащей стали с маломagnetными медно-никелевыми сплавами и алюминиевыми бронзами.

Замечания и дискуссионные положения

1. В главе 3 рассматривается наплавка сварочных проволок МНЖКТ 5-1-0,2-0,2, БрАМц9-2 и БрАЖНМц8,5-4-5-1,5 на сталь 04Х20Н6Г11М2АФБ при разных режимах и с разным проплавлением стали. В диссертации отмечается, что «.. предложен механизм образования трещин в стали 04Х20Н6Г11М2АФБ, частично заполненных медным сплавом». Из диссертации не ясно, чем отличается механизм образования данных, от известного, изученного в 80-е годы, механизма образования горячих трещин и межкристаллитного проникновения (МКП) меди в аустенитных сталях при сварке и наплавке. К примеру, основные моменты данного механизма, кратко изложенного в известном справочнике «Сварка и свариваемы материалы» под ред. Волченко В.Н., где указывается адсорбционное понижение прочности, межзеренная коррозия, диффузия под напряжением, расклинивающие действие жидкой меди.

2. В главе 4 представлена диаграмма, позволяющая разделить области композиций наплавленного металла по склонности к порообразованию. Из текста диссертации не понятно, рассчитаны ли эмпирические уравнения коэффициентов $Ni_{ЭКВ.Н.М.}$ и $Cr_{ЭКВ.Н.М.}$ автором или были взяты из работ других исследователей. Если автор провел расчет самостоятельно, то желательно было бы привести его в работе, а если взяты из имеющихся источников, то по тексту необходимо сделать ссылку.

3. В главах 5 и 6, где рассматривается отработка технологий сварки и наплавки, лучше было бы оперировать не конкретными параметрами процесса (сила тока, напряжение, скорость наплавки и т.д.), а тепловой мощностью дуги и погонной энергией. Тогда, например, зная при какой тепловой мощности и погонной энергии формируются качественные валики, можно определить частоту вращения заготовки при наплавке любого диаметра.

4. По диссертации имеются и другие замечания, которые не затрагивают существо работы:

- в тексте часто встречается, что при наплавке необходимо наносить 2 или 3 слоя, и не указывается глубина данных слоев. Лучше было бы указать общую необходимую глубину подслоя и промежуточных слоев, например, не менее 3 мм.

- фотографии микроструктуры имеют небольшой размер, что трудно разобрать маркер, чтобы понять при каком увеличении была снята фотография. В подрисуночных надписях увеличения так же не указаны.

- наличие в тексте опечаток, таких как, ...«Подслой на основе ЭП-75, как отмечается, эффективен в случае принудительного охлаждения основного металла водой для получения необходимой доли и типа феррита» и т.д.

Заключение

Диссертационная работа Вайнермана А.А.. на тему «Разработка технологии сварки алюминиевых бронз и медно-никелевых сплавов с коррозионно-стойкой азотсодержащей сталью для создания перспективных изделий морской техники» представляет собой законченную работу, в которой автор, основываясь на литературном анализе проблемы, а также на теоретическом анализе и экспериментальном материале достиг поставленной цели. По результатам работы разработаны технологии сварки медно-никелевых сплавов и алюминиевых бронз с азотсодержащей сталью аустенитного класса, технологии наплавки судовой арматуры, а также техническая документация на данные технологии.

Выводы по работе соответствуют результатам теоретических и экспериментальных исследований и отражают суть проведенных исследований. Основное содержание диссертации отражено в публикациях автора, в том числе в 3-х изданиях, рекомендованных ВАК, в 2 изданиях, входящих в международную базу цитирования Scopus, получено 4 патента.

По значимости полученных результатов, их новизне и оригинальности, а так же практической ценности, представленная диссертационная работа «Разработка технологии сварки алюминиевых бронз и медно-никелевых сплавов с коррозионно-стойкой азотсодержащей сталью для создания перспективных изделий морской техники» соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Вайнерман Александр Абрамович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.10 – «Сварка, родственные процессы и технологии».

23.10.2019

Официальный оппонент,
доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры
«Сварочное производство,
метрология
и технология материалов».

Ольшанская Татьяна Васильевна

Рабочий адрес:

614990, Россия, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский пр-т, д.29
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»
Тел.: +7 (342) 219-84-63
E-mail: svarka@pstu.ru; <http://www.pstu.ru/>



ЗАВЕРЯЮ:

секретарь ПНИПУ

В.И. Макаревич

10 20 79 г.