

Отзыв

официального оппонента 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 на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.10 – «Сварка, родственные процессы и технологии»

Актуальность

Сварка изделий из разнородных материалов широко применяется в различных отраслях промышленности, в частности и в судовом машиностроении. Наиболее часто соединения разнородных металлов применяются в сварных конструкциях медно-никелевых трубопроводов и приварных деталей из алюминиевых бронз со стальными конструкциями судна в деталях арматуры. Создание новых перспективных проектов судов требует применения новых материалов и технологий их сварки. В частности, в мировой практике увеличивается объем использования сталей, легированных азотом, из-за их высокой прочности, пластичности, ударной вязкости и коррозионной стойкости. В данной работе рассмотрена необходимость сварки такой стали марки 04X20H6Г11М2АФБ с медными сплавами для изготовления арматуры систем заборной воды. Для данных деталей, помимо отсутствия дефектов и необходимых механических свойств, выставляются требования низкой магнитной проницаемости с μ сварного соединения менее 1,01. Получение подобных соединений методами сварки плавлением весьма проблематично, в связи с тем, что исследований процессов, происходящих при взаимодействии в расплаве указанных материалов, до настоящего времени не проводилось. В связи с этим актуальность решения данной задачи очевидна.

Другой актуальной проблемой судового машиностроения является повышение срока службы судовой арматуры систем забортной воды из бронзы БрА9Ж4Н4Мц1. В данной работе предложено решение этой задачи путем наплавки коррозионно-стойким материалом уплотнительных полей узлов затворов, наиболее уязвимых в отношении коррозионной стойкости в морской воде.

На основании вышеизложенного, считаю, что тема работы является весьма актуальной.

Структура диссертации

Диссертация состоит из введения, шести глав, выводов, списка используемой литературы из 123 наименований, 1 приложения. Общий объем составляет 145 страниц машинописного текста, 81 рисунок и 15 таблиц.

Исследовательский институт - ЦНИИ КМ «Прометей»	
Вх. № 3144	в ДЕЛО
23.10.2019	№
Осн. 5 л.	

Диссертационная работа и автореферат оформлены в соответствии с требованиями ВАК РФ и легко воспринимаемы при прочтении.

Научная новизна работы заключается в следующих положениях.

В диссертации Вайнермана А.А. впервые разработаны и научно обоснованы композиции металла подслоя и присадочных проволок для его наплавки и последующей сварки с азотсодержащей сталью 04Х20Н6Г11М2АФБ, обеспечивающие получение ее сварных соединений с маломagnetными медно-никелевыми сплавами и алюминиевыми бронзами с временным сопротивлением не менее 250 МПа и магнитной проницаемостью $\mu < 1,01$.

Предложен механизм влияния структурной и химической неоднородности на трещиностойкость металла шва, полученного наплавкой никель-хромового сплава на медно-никель-алюминиевый.

Для оценки и предупреждения возникновения трещин в сварном соединении научно-обоснованно предложен критерий $k_{\text{тмп}}$ образования межкристаллитных проникновений в никелевом сплаве. Показано, что при $k_{\text{тмп}} \leq 0,12$ трещин и межкристаллитных проникновений не образуется.

Впервые, на основании установленных зависимостей магнитной проницаемости μ от содержания железа в медно-никелевом сплаве, показана возможность получения сварных соединений с магнитной проницаемостью μ менее 1,01.

Практическая значимость работы.

Работа имеет практическое значение, так как показано, что проведенные исследования позволили разработать технологии ручной и механизированной аргонодуговой сварки медно-никелевого сплава марки МНЖ 5-1 и бронзы БрАМц 9-2 с азотистой аустенитной сталью 04Х20Н6Г11М2АФБ для изготовления маломagnetных узлов трения. Выпущены нормативные документы на сварку. Технология сварки прошла практическую проверку в АО «Армалит», что подтверждено актом внедрения.

Разработана технология и выпущена документация на наплавку ручным, механизированным и автоматическим аргонодуговыми способами опытной партии уплотнительных поверхностей узлов затворов судовой арматуры из бронзы БрА9Ж4Н4Мц1. Изготовлена опытная партия промышленной судовой арматуры для АО «Армалит», что подтверждено актом внедрения

Анализ содержания диссертации

В первой главе на основании анализа литературных источников показано, что особенности сварки медных сплавов с азотсодержащей сталью 04Х20Н6Г11М2АФБ не отражены как в отечественной, так и в зарубежной литературе. В результате поставлена цель и сформулированы задачи исследований.

Во второй главе приведены химический состав основных и присадочных материалов, механические свойства основных металлов, использованных при выполнении работы, методики исследований и испытаний.

Третья глава посвящена исследованию возможности непосредственной сварки медно-никелевого сплава и алюминиевых бронз с азотсодержащей сталью аустенитного класса 04X20H6Г11М2АФБ. Установлены особенности взаимодействия медного сплава при его наплавке на никелевый сплав на межфазной границе в виде образования межкристаллитных проникновений и трещин в нем, Установлены особенности влияния химического и фазового состава на магнитную проницаемость наплавленного металла.

Делается вывод, что сварку стали 04X20H6Г11М2АФБ с медными сплавами МНЖ 5-1, БрАМц9-2 и БрАЖНМц9-4-4-1 необходимо производить с применением подслоя. Причём показано, что подслоем должен обеспечивать при необходимости, получение сварных соединений со специальными требованиями по магнитной проницаемости $\mu < 1,01$.

Четвёртая глава посвящена разработке технологии сварки маломagnetной алюминиевой бронзы БрАМц9-2 со сталью 04X20H6Г11М2АФБ. Рассмотрено два варианта получения подслоя: 1-наплавка его на сталь; 2-наплавка его на бронзу. На основании литературного обзора выбраны известные сплавы и сварочные проволоки для проверки возможности их применения для наплавки подслоя.

Положительные результаты были получены по второму варианту, то есть наплавки на бронзу. Разработана композиция металла подслоя, наплавленного на медный сплав, обеспечивающая магнитную проницаемость $\mu < 1,01$ и временное сопротивление сварных соединений не менее 250 МПа. Выбраны сварочные материалы и разработана технология наплавки подслоя на медный сплав.

Разработана количественная оценка стойкости против образования трещин и межкристаллитных проникновений медного сплава в никелевый сплав. Предложен и научно-обоснован критерий $k_{\text{тмп}}$ образования межкристаллитных проникновений в никелевом сплаве. Показано, что при $k_{\text{тмп}} \leq 0,12$ трещин и межкристаллитных проникновений не образуется.

Пятая глава посвящена сварке сплава МНЖ5-1 со сталью 04X20H6Г11М2АФБ при отсутствии специальных требований по магнитной проницаемости. Для этих случаев была исследована возможность применения более дешёвых аустенитно-ферритных подслоев, наплавленных на сталь.

Сформулирован критерий по применению аустенитно-ферритных подслоев, обеспечивающих необходимые качество и свойства сварных соединений. Показано, что содержание ферритной фазы в подслое должно быть не

менее 40-50%. Такое содержание обеспечивается применением присадочной проволоки ЭП-263Ш для наплавки подслоя. Разработанная технология позволяет получать механические свойства соединения на уровне основного металла.

В главе 6 представлено практическое применение полученных научных результатов по сварке медных сплавов с азотсодержащими сталями для повышения ресурса судовой арматуры из бронзы БрА9Ж4Н4Мц1 для новых проектов АО «Армалит» и АО «ЦТСС» КБ «Армас». Показано, что медно-никелевые сплавы с содержанием никеля 40% и более, обладающих высокой коррозионной стойкостью в морской воде, могут быть использованы для решения проблемы повышения более чем в 2 раза коррозионной стойкости уплотнительных полей узлов затворов судовой арматуры, путём наплавки их на бронзу БрА9Ж4Н4Мц1. По разработанной технологии наплавлена опытная партия корпусов арматуры, которая прошла стендовые гидравлические испытания и внедрена на заводе-изготовителе судовой арматуры АО «Армалит».

Публикации. Основное содержание диссертации отражено в 16 печатных работах, в том числе в 3 изданиях, рекомендуемых перечнем ВАК, в 2 изданиях, входящих в международную базу цитирования Scopus, в 4 патентах.

Апробация работы имеет достаточный объем с учетом докладов на Российских и Международных конференциях.

Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации.

Замечания по работе

1. Из текста диссертации не ясно, возможно ли применение разработанной технологии и промежуточного подслоя для сварки других марок бронз и сталей или в каждом случае необходимо проводить аналогичное исследование.
2. В главе 3 достаточно глубоко и подробно исследовано образование трещин в стали за счёт проникновения в неё меди, однако большую часть исследований можно было бы не проводить, так как в литературе достаточно подробно описано взаимодействие меди со сталью в условиях сварки и наплавки и возникающие при этом дефекты.
3. При разработке технологий сварки и наплавки использовали большое количество режимов, однако ни в одном из случаев не приведена статистическая обработка результатов экспериментов, в результате которой выбирался именно оптимальный режим.
4. В работе использованы аргонодуговые способы сварки и наплавки плавящимся и неплавящимся электродом. Из работы непонятно, можно ли использовать другие способы сварки и наплавки, например, лазерным или

плазменным способом, которые так же применяются для соединения этих материалов.

5. Не представлено примеров деталей, для которых разрабатывалась технология сварки, а именно, форма швов, их расположение, свариваемые толщины.

Однако сделанные замечания не снижают общего высокого уровня работы, которая может быть оценена положительно.

Заключение

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Вайнермана А.А. является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены научно обоснованные технические решения по созданию технологии сварки алюминиевых бронз и медно-никелевых сплавов с коррозионно-стойкой азотсодержащей сталью для изготовления перспективных изделий морской техники. Работа полностью отвечает требованиям ВАК (п.9 Положения о присуждении учёных степеней), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Вайнерман Александр Абрамович, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.02.10 – «Сварка, родственные процессы и технологии».

Официальный оппонент
д.т.н., профессор



Шиганов Игорь Николаевич

Московский государственный технический университет им.Н.Э.Баумана,
Адрес: 2-я Бауманская д.5. Т.8-499-261-17-53, E-mail inshig@bmstu.ru

В Е Р Н О

Зам. начальника Управления кадров

МГТУ им. Н.Э. Баумана

А.Г. Матвеев

