

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Александрова Андрея Валентиновича

на диссертацию Малинкиной Юлии Юрьевны

на тему: «Повышение коррозионных характеристик титановых сплавов для морской техники модифицированием (микролегированием) элементами платиновой группы»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – материаловедение (машиностроение)

Актуальность диссертационной работы определяется потребностью морской техники и теплообменного оборудования в коррозионностойких материалах, в т.ч. в титановых сплавах. Благодаря сочетанию комплекса уникальных физико-механических свойств титановые сплавы являются незаменимыми в целом ряде высоконагруженных конструкций, в т.ч. и за счет своей высокой коррозионной стойкости. Но по мере увеличения эксплуатационных параметров глубоководных, автономных и длительно эксплуатирующихся морских систем возрастает необходимость научно обоснованного применения титановых сплавов для изготовления элементов подводного оборудования, а также в парогенераторах (ПГ) транспортных ядерных энергетических установок (ЯЭУ), где в определенных экстремальных условиях появляются коррозионные повреждения. Следует также отметить актуальность применения титановых сплавов при строительстве опреснительных установок, где повышенная коррозионная стойкость титановых сплавов играет важную роль в теплообменном оборудовании и других компонентах изделий. В соответствии с этим, работа Малинкиной Ю.Ю. является актуальной, поскольку направлена на решение данной важной проблемы. Она ориентирована на установление путей и способов повышения коррозионной стойкости титановых сплавов, работающих в экстремальных условиях эксплуатации морской техники и энергетического оборудования.

Объектами исследования являются отечественные морские титановые сплавы, которые дополнительно модифицированы рутением и палладием. Модифицирование рутением титановых сплавов осуществляли двумя способами:

НИИ «Курчатовский институт»- ЦНИИ КМ «Прометей»	
Вх. № 220	в ДЕЛО
«01» 02 2011 г.	№
Осн. 6 л.	

объемным микролегированием и нанесением защитных покрытий на поверхность сплава.

Предметом исследования являлись особенности структуры титановых сплавов разных классов, микролегированных рутением, влияние микролегирования на стойкость к общей, щелевой, питтинговой коррозии, горячесолевному и коррозионному растрескиванию, циклической прочности, а также технологии изготовления модифицированных титановых сплавов (методы нанесения покрытий, выплавка и деформационная обработка).

Научная новизна работы определяется увеличением стойкости к щелевой, горячей солевой коррозии и циклической прочности за счет микролегирования рутением (до 0,15 %) сплавов титана и нанесения защитных покрытий, содержащих рутений и приводит к повышению работоспособности морских конструкций и теплообменного оборудования. Также рутений не однозначно влияет на сопротивление коррозионному растрескиванию в синтетической морской воде титановых сплавов различных классов: α сплав - не чувствителен к коррозионному растрескиванию и эффект не проявляется; для псевдо- α сплава коэффициент интенсивности напряжения (K_{QSCC}) повышается почти в два раза; для псевдо- β сплава - на 17 %, что обусловлено различной структурой сплавов, а также отличием в распределении катодного модификатора (рутения) по фронту трещины.

Важным научным результатом является также предложенная автором модель влияния катодного модифицирования на коррозионную стойкость сплавов в экстремальных условиях для различных классов титановых сплавов, учитывающая особенности распределения рутения в структуре сплава и его пассивирующую способность при локальной концентрации. Малинкиной Ю.Ю. установлены особенности распределения в микроструктуре катодного модификатора и определены значения локального содержания рутения в сплавах разных классов.

Практическая значимость работы заключается в разработке руководящий документации, которая внедрена в НИЦ «Курчатовский институт» - ЦНИИ КМ «Прометей»: РД5.АЕИШ.3623-2013 «Определение стойкости к щелевой и питтинговой коррозии титановых сплавов. Методика»; РД5.АЕИШ.3649-2013 «Определение стойкости титановых сплавов к коррозионному растрескиванию методом трехточечного изгиба при медленном деформировании. Методика»

(методика согласована с ФГУП «Крыловский ГНЦ»). Методики испытаний используются лабораторией «Титан-Тест Прометей», функционирующей на базе НИЦ «Курчатовский институт» - ЦНИИ КМ «Прометей», а методика на щелевую коррозию, также опробована в АО «ОКБМ Африкантов» на титановых образцах композиции Ti-Al-Zr-Ru, изготовленных в промышленных условиях АО «ЧМЗ» (Акт внедрения АО «ОКБМ Африкантов»).

Изготовлены опытные партии поковок из титановых сплавов микролегированных рутением (Ti-Al-Zr, Ti-Al-V, Ti-Al-V-Mo и Ti-Al-Mo-Nb), и выпущены технические условия ТУ 1825-163-07516250-2015 «Поковки из титановых сплавов марок 5Вкс и 37кс. Технические условия. Опытная партия».

Изготовлены опытно-штатные партии труб из титанового сплава композиции Ti-Al-Zr, микролегированного рутением и палладием. Выпущены технические условия ТУ 1825-156-07516250-2015 «Трубы бесшовные холоднодеформированные из титановых сплавов, легированных рутением и палладием. Технические условия» (Акт внедрения АО «ЧМЗ»).

Достоверность и обоснованность полученных результатов не вызывает сомнения и подтверждается корректно выполненными коррозионными испытаниями и проверкой работоспособности материала в экстремальных условиях, а также проведением на современном оборудовании исследований структуры, включая оптическую и электронную микроскопию.

Общая характеристика диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, выводов, списка литературы и двух приложений. Работа изложена на 202 страницах машинописного текста, содержит 80 рисунков и 44 таблицы. Список используемой литературы отечественных и зарубежных авторов включает 111 наименований.

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы ее цели и основные задачи, показана научная новизна и практическая ценность результатов работы, приведены основные положения, выносимые на защиту, сведения о публикациях и перечислены конференции, на которых проведена достаточная апробация работы.

В первой главе приведен аналитический обзор литературы, который состоит из нескольких разделов, посвященных вопросам использования титановых сплавов,

эксплуатационным воздействиям на материал, поведению и основным видам повреждений титановых сплавов при эксплуатационных воздействиях в условиях коррозионной среды, представлены существующие пути и методы повышения коррозионной стойкости титановых сплавов различной композиции. Хорошо составленный структурированный литературный обзор показывает, что диссертант глубоко рассмотрел существующие научные подходы к изучаемой проблеме. При этом в обзоре представлены работы, как ведущих российских ученых, так и иностранных.

В заключении, на основании анализа литературных данных, сформулирована цель и задачи диссертационного исследования.

Вторая глава содержит описание исследуемых базовых композиций материалов, выбор элементов платиновой группы для модифицирования титановых сплавов, особенности технологий выплавки и изготовления деформированных полуфабрикатов объемнолегированных титановых сплавов, и нанесения защитных коррозионностойких покрытий.

Представлено обоснование выбора рутения, как наиболее доступного катодного модификатора для титановых сплавов, с точки зрения стоимости, доступности и эффективности, с учетом возможностей в нашей страны.

В третьей главе подробно изложены методы коррозионных испытаний. Представлены методики испытаний на щелевую, питтинговую коррозию, отдельное внимание уделено процессам питтингообразования и процессам, протекающим при щелевой коррозии, и также представлены результаты испытаний опытных поковок и образцов с защитными покрытиями разных классов титановых сплавов не только на щелевую, питтинговую коррозию, но и на более агрессивный вид – горячесолевую коррозию.

Проанализированы вопросы по коррозионному растрескиванию титановых сплавов, уточнена методика испытаний на данный вид коррозии, в части определения наиболее повреждающей скорости деформирования и измерения потенциала для фиксации страгивания трещины и представлены экспериментальные данные, полученные на модифицированных титановых сплавах по новой методике.

Экспериментально проведены всесторонние микроструктурные исследования как на микролегированных сплавах, так и на образцах с защитным покрытием, которое содержит рутений. Предложена модель механизма влияния катодного модификатора на коррозионные процессы в титановых сплавах. Не достаточно полно проведены исследования катодных процессов на образцах с покрытием и соответственно предложенная модель более ориентирована на объемнолегированные сплавы.

В заключительной четвертой главе представлена практическая значимость данной разработки, оформлены нормативные документы на опытную партию поковок и опытно-штатную партию труб из сплавов микролегированных рутением и палладием. Экспериментально показан положительный эффект от модифицирования сплава системы Ti-Al-Zr на трубах, как при испытаниях на различные виды коррозии, так и на циклическую прочность. Методика испытаний на щелевую коррозию опробована в организации-заказчика.

В заключении сформулированы основные выводы по диссертационному исследованию.

Работа прошла широкую апробацию, основные результаты опубликованы в журналах из перечня ВАК, доложены и обсуждены на международных и российских конференциях. Научные положения и выводы аргументированы. Диссертация написана и оформлена в соответствии с требованиями ВАК. Автореферат и публикации достаточно полно отражают содержание работы.

По работе можно сделать следующие замечания:

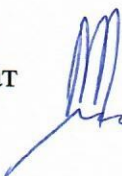
1. Наряду с довольно обширным литературным обзором стоит отметить, что зарубежные источники рассмотрены не в полной мере, хотя идею легирования рутением и палладием наиболее активно рассматривают за рубежом, о чем свидетельствует стандарт ASTM B 265-98.

2. При изучении структурных особенностей модифицированных титановых сплавов основной упор был сделан на объемнолегированные сплавы, а образцы с защитным покрытием не достаточно полно рассмотрены и возможно стоило бы уделить особое внимание определению адгезии поверхностно модифицированных образцов.

3. Не представлены данные и/или расчеты по увеличению экономических затрат при изготовлении продукции с применением данного способа модифицирования титановых сплавов. Представляется важным, насколько увеличивается стоимость полуфабрикатов из катодномодифицированных сплавов титана.

Отмеченные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы Малинкиной Ю.Ю., являющейся законченным научным исследованием. Представленная работа полностью соответствует требованиям, сформулированным в п.9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013г. № 842 и постановлением Правительства РФ от 21 апреля 2016г. № 335, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Малинкина Юлия Юрьевна заслуживает присуждения искомой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – материаловедение (машиностроение).

Генеральный директор,
ЗАО «Межгосударственная
ассоциация Титан», кандидат
технических наук



А.В. Александров

Александров Андрей Валентинович, кандидат технических наук, специальность 05.16.09 – материаловедение (металлургия)



Адрес: 121596, г. Москва, ул. Говорова 16/6, оф.309
тел. +7 495 446-89-50
e-mail: isat91@mail.ru

Подпись Александрова А.В. заверяю:
Директор по административной работе
ЗАО «Межгосударственная
ассоциация Титан»



Е.Ю. Мосалова