



САМАРСКИЙ
ПОЛИТЕХ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный
технический университет»
(ФГБОУ ВО «СамГТУ»)

Молодогвардейская ул., 244,
гл. корпус, г. Самара, 443100
тел.: (846) 278-43-11, факс (846) 278-44-00

E-mail: rector@samgtu.ru

ОКПО 02068396 ОГРН 1026301167683,

ИНН 6315800040, КПП 631601001

12.10.2023

№№

01.10.05/3199

На № _____

УТВЕРЖДАЮ



Проректор по учебной работе
ФГБОУ ВО «Самарский
государственный технический
университет»,
доктор педагогических наук

О.В. Юсупова

« 12 » октября 2023 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Фатыховой (Антонюк) Марии Николаевны
«**Разработка твердых функционально-градиентных антибактериальных покрытий,
предназначенных для защиты изделий от трибокоррозионного, абразивного
разрушения и обледенения**»,

представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по
специальности 2.6.5. Порошковая металлургия и композиционные материалы

Актуальность темы диссертации

Разработка нового поколения покрытий, обладающих широким комплексом свойств, таких как высокая трибокоррозионная стойкость, стойкость к абразивному разрушению, биообрастанию и обледенению является важной задачей современного материаловедения, обусловленной в значительной степени освоением Крайнего Севера и Северного морского пути. В этой связи тема диссертационной работы Фатыховой (Антонюк) Марии Николаевны «Разработка твердых функционально-градиентных антибактериальных покрытий, предназначенных для защиты изделий от трибокоррозионного, абразивного разрушения и обледенения» представляется актуальной

и имеет важное значение для науки и практики. Об этом же свидетельствуют упомянутые в диссертации многочисленные проекты, в рамках которых выполнена работа. Предложенные Фатыховой (Антонюк) М. Н. новые научные положения строго аргументированы, теоретически обоснованы и экспериментально подтверждены. Полученные научные результаты будут полезны в различных отраслях, включая автомобильную, аэрокосмическую, морскую и энергетическую промышленность, где обеспечение долговечности конструкций и оборудования является ключевым фактором.

Структура и основное содержание диссертации

Диссертационная работа на 129 страницах состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы, включающего 190 источников, и четырех приложений. Во введении дана общая характеристика работы: ее актуальность, основные цели и задачи, научная и практическая значимость полученных результатов, а также положения, выносимые на защиту.

Первая глава диссертации представляет собой литературный обзор, в котором показано, что для минимизации и устранения коррозионного, трибокоррозионного воздействия и управления биообрастанием на объектах морской инфраструктуры используются различные методы. Это могут быть физические методы, такие как нанесение покрытий или регулярная чистка и очистка, а также методы химического контроля, например, применение биоцидов. Самым эффективным из вышеперечисленных является нанесение многокомпонентных покрытий. За счет правильно подобранного состава покрытий можно обеспечить более длительный срок эксплуатации изделий, более высокую износостойкость и коррозионную стойкость. Проведен анализ различных методов нанесения покрытий, в результате которого для проведения диссертационных исследований выбрано осаждение покрытий методом электроискрового легирования (ЭИЛ) в вакууме, который имеет два важных преимущества: высокая адгезия покрытия к подложке, получение толстых покрытий с минимальным окислением в результате локального плавления.

Во второй главе диссертационной работы описано нанесение покрытий FeCrNiCo-(Cu), Ta(Zr)C-FeCrMoNi, TaC-FeCrMoNi-(Ag/Cu) и STi-ПТФЭ с использованием оригинальной вакуумной установки для электроискровой обработки, изложены исходные материалы подложек и электродов. Описано также современное аналитическое оборудование, включающее спектральные и электронно-микроскопические методы анализа, рентгеноструктурный анализ, электрохимические и трибокоррозионные испытания, которые было использованы для проведения экспериментальных

исследований нанесенных покрытий. Для обработки полученных результатов были применены методы статистического анализа данных. Эти современные методы исследования позволили более полно и точно изучить свойства и поведение материалов, а также получить качественную и количественную информацию о процессах и механизмах, происходящих при эксплуатации и защите стали в морской среде. Результаты экспериментальных исследований позволили сделать важные выводы и предложить практические рекомендации для разработки эффективных методов защиты стальных изделий в морской среде.

Третья глава содержит результаты экспериментальных исследований структуры электродов CoCrNi-(Cu), покрытий FeCoCrNi-(Cu) и их свойств. Полученные покрытия обладают плотной и однородной структурой с высокой толщиной до 55 мкм. Высокая коррозионная стойкость покрытий, как в стационарных условиях, так и в условиях трибокоррозии в морской воде, достигнута за счет однофазной структуры и повышенного содержания хрома (23 ат.%). Введение меди в состав покрытия привело к высокому антибактериальному эффекту в отношении штаммов бациллы цереус (*B. cereus* F и *B. cereus* Agc30).

В четвертой главе исследованы характеристики покрытий TaC-FeCrMoNi и TaZrC-FeCrMoNi и подобраны энергетические режимы нанесения. Также изучены их механические, электрохимические и трибокоррозионные свойства в морской воде с и без абразивных частиц. Автором работы было изучено влияние легирования покрытий TaC-(FeCrMoNi) серебром и медью на его структурные, механические, трибологические и антибактериальные характеристики. Выявлено, что покрытие TaZrC-FeCrMoNi лучше себя проявило в условиях коррозии, а покрытие TaC-FeCrMoNi показало лучшие результаты при износе и коррозии, что объясняется различным отношением α -Fe/ γ -Fe в металлической матрице.

Исследование покрытий TaC-FeCrMoNi, TaC-FeCrMoNi-Ag, TaC-FeCrMoNi-Cu показало, что покрытие TaC-FeCrMoNi обладает максимальной стойкостью к циклическим ударно-динамическим нагрузкам благодаря высокой твердости (10,8 ГПа). Добавление серебра в состав покрытия снижает коэффициент трения до 0,23, улучшает коррозионные характеристики и предотвращает питтинговую коррозию в морской воде. Это объясняется формированием прочной пассивной пленки на поверхности покрытия. Также обнаружено, что покрытия TaC-M и TaC-M-Ag проявляют высокую бактерицидную активность (погибает 99,99% бактерий) после 24-часовой выдержки.

Пятая глава посвящена исследованию структуры, элементного и фазового состава покрытий С-Тi-(ПТФЭ), которые были получены при катодной и анодной полярности электродов по отношению к подложке. Были изучены трибокоррозионные и антиобледенительные свойства покрытий. А также показано влияние режимов обработки на формирование покрытия. Установлено, что значительное снижение критической нагрузки отрыва льда и увеличение времени замерзания капель воды более чем в 10 раз, за счет высокой гидрофобности (краевой угол смачивания 130°), обеспечивало покрытие, полученное при катодной полярности графитовым электродом с ПТФЭ, которое состояло из двухслойной структуры с верхним графитовым слоем и нижним ТiС/Тi подслоем. Верхний слой характеризовался наличием равномерно распределенных частиц ТiС и покрыт прерывистым слоем ПТФЭ. Такое покрытие показало высокую коррозионную стойкость и низкий коэффициент трения 0,1.

В выводах изложены основные научные и практические результаты, полученные в процессе проведения диссертационной работы.

Новизна исследований и полученных результатов, выводов и рекомендации

Научная новизна работы заключается в следующем:

1) Однофазная ГЦК структура FeCrNiCo и высокое содержание хрома способствуют высокой коррозионной стойкости и отсутствию питтинговой коррозии покрытия FeCrNiCo в морской воде.

2) Композиционная структура покрытия TaC-FeCrMoNi-Ag, состоящая из карбидов TaC и наличия наночастиц серебра на поверхности, обеспечивает высокие трибокоррозионные и бактерицидные свойства.

3) Энергетические параметры осаждения покрытий Ta(Zr)C-FeCrMoNi влияют на их коррозионную стойкость. Увеличение энергии импульса приводит к увеличению содержания карбидов Ta(Zr)C, что способствует защите металлической матрицы и повышает ее коррозионную стойкость.

4) Метод электроискрового легирования в вакууме позволил получить гидрофобные покрытия с полимерной составляющей, которые характеризуются высокими противообледенительными свойствами и трибокоррозионной стойкостью в морской воде. Это достигается за счет образования графитового слоя с добавками политетрафторэтилена и субмикронных частиц карбида титана.

Значимость для науки и производства полученных результатов

Полученные результаты представляют надежную основу для последующих исследований в области получения многокомпонентных покрытий методом электроискрового легирования в вакууме, обладающих комплексом свойств, таких как высокая износ- и коррозионная стойкость, стойкость к биообрастанию и обледенению.

Практическая значимость работы также очевидна, поскольку разработанные покрытия прошли опробование на ООО Предприятие «Сенсор» (г. Курган) и в Федеральном бюджетном учреждении науки «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии» (г. Оболенск). Более того, по результатам работы были разработаны техническая инструкция (ТИ 56-11301236-2022), а также два патента Российской Федерации (№2797563 от 07 июня 2023 г) и (№2797562 от 07 июня 2023 г.).

Степень обоснованности и достоверности каждого научного положения

Все научные положения в данном исследовании достоверно подтверждены проведением экспериментов на современном оборудовании. Эти положения основаны на научных гипотезах и моделях, которые были разработаны на основе экспериментальных данных. Кроме того, полученные результаты согласуются с известными литературными исследованиями. Достоверность полученных экспериментальных данных обосновывается использованием современного сертифицированного оборудования, большим объемом экспериментальных данных и глубоким анализом полученных результатов.

Соответствия работы требованиям, предъявляемым к диссертациям

На проведение работы были соблюдены все требования, предъявляемые к диссертационным исследованиям. Был выполнен тщательный литературный обзор, охватывающий все важные публикации, связанные с темой диссертации. Проведенный анализ этих публикаций позволил четко определить цели и задачи исследования, а также выбрать соответствующие методы исследования и составы, которые были исследованы.

Результаты экспериментов представлены ясно и понятно, как в графическом, так и в текстовом виде. Весь текст работы написан грамотным языком с соблюдением всех требований научного стиля. Диссертация и автореферат соответствуют друг другу и содержат все необходимые разделы, предписанные для данного типа исследований.

Диссертационная работа Фатыховой (Антонюк) М.Н. выполнена на высоком уровне. Полученные результаты обладают научной новизной и имеют большое научное и практическое значение.

Замечания по диссертационной работе

1) Разрабатываемые покрытия предназначены для обработки деталей морской и прибрежной инфраструктуры. При этом предлагается вакуумная технология нанесения покрытий. Насколько данная технология подходит для обработки крупногабаритных деталей?

2) В методике получения электродов отсутствует информация о марках и дисперсности используемых порошков в электродах CoCrNi-(Cu) и TaC-(ZrC)-MoNi, хотя для других электродов эта информация указана.

3) Насколько оправдано применение вакуумной ЭИЛ обработки? Проводилось ли сравнение свойств защитных покрытий при обработке на воздухе и в вакууме?

4) Из текста диссертационной работы не ясно, почему при исследовании антибактериальных свойств покрытий были выбраны бактерии *segeus F* и *B, cereus Arc30*.

5) Почему в антибактериальных тестах используется начальная концентрация бактерий 10^6 КОЕ?

Однако указанные замечания не снижают научной и прикладной ценности результатов диссертационной работы.


Заключение


Представленная диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно- квалификационную работу.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли апробацию на 12 научно-технических конференциях, опубликованы в 5 статьях в журналах из перечня ВАК и индексируемых в базах Scopus и Web of Science. Автореферат полностью отражает содержание диссертации. Результаты диссертационной работы могут быть использованы в морской, нефте- и газодобывающей промышленности, химической, энергетической и многих других.

Учитывая актуальность выполненных исследований, научную новизну и практическую значимость результатов, считаем, что представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (ред. от 18.03.2023 № 415), а ее автор, Фатыхова (Антонюк) Мария Николаевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6. Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Отзыв принят на заседании кафедры «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» по результатам обсуждения диссертации Фатыховой (Антонюк) М.Н. 11 октября 2023 года, протокол № 2.

Зав. кафедрой «Металловедение,
порошковая металлургия, наноматериалы»,
ФГБОУ ВО «Самарский государственный
технический университет», доктор физико-
математических наук, профессор  Амосов Александр Петрович

Ученый секретарь кафедры «Металловедение,
порошковая металлургия, наноматериалы»,
ФГБОУ ВО «Самарский государственный
технический университет», кандидат
технических наук, доцент  Пугачева Татьяна Михайловна

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет»
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, главный корпус.
Тел.: (846) 278-43-11, Факс (846) 278-44-00, E-mail: rector@samgtu.ru

Подписи Амосова А.П. и Пугачевой Т.М. заверяю.

Ученый секретарь ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,
доктор технических наук 

« 12 » октября 2023 г.

Малиновская Юлия Александровна

