



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени Т.Ф.ГОРБАЧЕВА» (КузГТУ)
Весенняя ул., д. 28, г. Кемерово, 650000
тел./ факс: (384-2) 39-69-60, факс: (384-2) 68-23-23
<http://www.kuzstu.ru> e-mail: kuzstu@kuzstu.ru
ОКПО 02068338 ОГРН 1024200708069
ИНН / КПП 4207012578 / 420501001

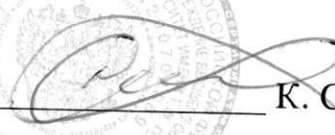
02.09.2024 № 06/1-2968

На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе и
международному сотрудничеству

Федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Кузбасский государственный
технический университет
имени Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ)

 К. С. Костиков

«02» 09 2024 года

[отзыв ведущей организации]

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Кузбасский государственный технический
университет имени Т. Ф. Горбачева» на диссертационную работу
Нгуен Суан Хынга «Обоснование метода повышения ресурса
восстанавливаемых узлов и деталей карьерных экскаваторов в условиях
Социалистической Республики Вьетнам»,
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по
специальности 2.8.8 «Геотехнология, горные машины»

Актуальность темы диссертационного исследования

Жёсткие условия эксплуатации горной техники, обусловленные наличием динамических и циклических нагрузок, абразивных и агрессивных сред, вызывают интенсивное изнашивание и коррозионные повреждения деталей приводных узлов и рабочих органов. Горные машины, эксплуатируемые в жарком климате Вьетнама, испытывают также воздействие высокой влажности, что ускоряет развитие в стальных деталях коррозионных процессов и способствует преждевременной потере их работоспособности. При этом условия эксплуатации карьерной техники, при помощи которой в стране осуществляется добыча ценных природных материалов как на материковой части, так и в прибрежных районах Южно-Китайского моря, усугубляются наличием во влажной атмосфере ионов хлора, что способствует развитию в стальных металлоконструкциях электрохимической коррозии и требует дополнительных мероприятий по

антикоррозионной защите деталей узлов и механизмов как на этапе их изготовления, так и при выполнении ремонтных работ.

Основным механическим оборудованием карьеров являются одноковшовые экскаваторы. От их технического состояния зависит эффективность добычных работ. Отсутствие резервов основного оборудования в местах освоения месторождений, а также использование во Вьетнаме экскаваторов преимущественно зарубежного производства приводят к необходимости оперативно и эффективно решать вопросы восстановления работоспособности основных приводных узлов и несущих металлоконструкций выемочной техники с обеспечением требуемых эксплуатационных характеристик и ресурса. Таким образом, вопросы качественного ремонта карьерных экскаваторов входят в круг важных и насущных задач горных предприятий Вьетнама, а диссертационная работа Нгуен Суан Хынга, направленная на разработку эффективных ремонтных технологий с использованием передового метода формирования покрытий широкого функционального назначения, способствующих увеличению ресурса узлов карьерных экскаваторов при их эксплуатации в тропическом климате Вьетнама, является актуальной, имеет большое как научное, так и практическое значение.

Структура и основное содержание диссертационной работы

На отзыв представлена диссертационная работа, состоящая из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы из 96 наименований и двух приложений. Работа изложена на 131 странице, включает 13 таблиц и 53 рисунка. На отзыв также представлен автореферат на 24 страницах машинописного текста.

Во введении дано обоснование актуальности работы, сформулированы цель и задачи научного исследования, отмечена степень проработанности темы исследования, представлены положения, выносимые на защиту, и практическая значимость работы.

В первой главе представлены темпы роста добычи твёрдых полезных ископаемых во Вьетнаме на ближайшую перспективу, проанализирована география месторождений ценных природных материалов, отмечены климатические особенности добывающих регионов, оказывающих существенное влияние на работоспособность горного оборудования. Приведена статистика коррозионных потерь различных конструкционных металлов и сплавов, проанализированы основные узлы и конструктивные элементы карьерного экскаватора, восстанавливаемые термической сваркой и наплавкой, требующие дополнительной локальной антикоррозионной защиты. Обозначена важность задачи повышения эффективности ремонта и ресурса карьерных экскаваторов для горных предприятий Вьетнама, дано обоснование цели и задач диссертационного исследования.

Во второй главе на основе современных представлений о возникновении условий и развитии коррозионных процессов исследованы основные причины, механизмы и кинетика развития коррозионных

разрушений в стальных сварных конструкциях под воздействием различных агрессивных сред, в том числе морской воды. Исследованы факторы, влияющие на интенсивность коррозионных процессов, определены основные энергетические условия и параметры электрохимической коррозии. Проанализированы способы защиты деталей соединений от агрессивного действия морской воды, целесообразные для ремонтного производства. Дано обоснование холодного газодинамического напыления как эффективного метода защиты металлоконструкций от коррозии и восстановления изношенных деталей соединений приводных узлов.

В третьей главе представлены методика, материалы и результаты проведённых автором экспериментальных исследований, на основании которых даются рекомендации по выбору составов покрытий, сформированных холодным газодинамическим напылением, обеспечивающих эффективную защиту сварных соединений от коррозии в морской воде. Получены экспериментальные зависимости для скорости и глубинного показателя коррозии, анализ которых подтверждает высокую степень локальной защиты сварных соединений от коррозии в морской воде, покрытых композитными порошками следующих составов: $Zn+Al_2O_3$ и $Al+Zn+Al_2O_3$. Установлено, что применение покрытий в 32–36 раз повышает эффективность коррозионной защиты сварных соединений, тем самым способствует повышению их ресурса.

В четвертой главе диссертации определена целесообразность применения холодного газодинамического напыления для восстановления деталей аксиально-поршневых насосов, изготовленных из цветных сплавов, на примере восстановления распределительной пластины, выполненной из медного сплава. Автором проанализированы требования точности и качества поверхности, предъявляемые к деталям насоса, особенности контактного взаимодействия деталей соединений, причины отказов. Несомненными достоинствами предложенного подхода являются минимизация объёмов последующей отделочной обработки восстановленных поверхностей, шероховатость Ra которых после напыления находится в пределах 2,8–3,6 мкм, достаточно высокая микротвёрдость и прочность сцепления формируемого медно-керамического композитного покрытия, отсутствие теплового воздействия на восстанавливаемую поверхность. Установленные трибологические характеристики покрытия подтверждают целесообразность применения предложенного метода для восстановления прецизионных деталей насосного оборудования.

Научная новизна и достоверность результатов исследования

Научная новизна работы состоит в обосновании метода нанесения и составов покрытий, обеспечивающих надёжную защиту рабочих элементов сварных металлических конструкций карьерного экскаватора от воздействия морской среды и повышение несущей способности узлов трения гидропривода горной техники, что включает:

- установление влияния напряженного состояния и структуры сварного соединения на условия зарождения и механизм развития коррозионных процессов и кинетики разрушения металла сварного шва под действием морской атмосферы;

- обоснование метода защиты сварных металлоконструкций от электрохимической коррозии и повышения несущей способности узлов трения гидропривода в условиях ремонтного производства за счёт создания функциональных покрытий;

- установление основных параметров коррозионного процесса, развиваемого в сварных соединениях под влиянием морской воды, и механизмов его подавления за счёт формирования плотных покрытий с более высоким отрицательным электрохимическим потенциалом по сравнению с основным металлом;

- установление связи между параметрами газодинамического напыления и микротвёрдостью покрытия на основе $\text{Cu-Al}_2\text{O}_3$, что позволяет повысить несущую способность покрытия в узлах трения скольжения аксиально-поршневого насоса.

Достоверность, содержащихся в диссертации Нгуен Суан Хынга научных положений, выводов и рекомендаций, подтверждается достаточным количеством экспериментальных данных, применением сертифицированных программ, оборудования с высокими метрологическими характеристиками, использованием апробированных методов испытаний и обработки экспериментальных данных.

Научное значение работы очевидно, оно состоит в разработке научного подхода к обоснованию метода повышения сопротивляемости рабочих поверхностей деталей горных машин коррозионным воздействиям морской воды, что позволило разработать технологические рекомендации, направленные на повышение ресурса горного оборудования при его эксплуатации в климатических условиях Вьетнама.

Научные положения, выносимые автором на защиту, нашли убедительное подтверждение. На основе проведённых исследований доказано, что:

- повышение сопротивляемости электрохимической коррозии в морской воде восстановленных сваркой и наплавкой металлоконструкций достигается на основе создания на рабочих поверхностях анодных защитных покрытий из порошковых композиций $50\%\text{Zn}+50\%\text{Al}_2\text{O}_3$ и $55\%\text{Al}+15\%\text{Zn}+30\%\text{Al}_2\text{O}_3$ методом холодного газодинамического напыления при нанесении их в интервале температур $310\text{--}360^\circ\text{C}$ со скоростью подачи порошка $0,8\text{--}1,0$ г/с, что обеспечивает минимальную пористость покрытий и коэффициент эффективности анодной защиты $K_{\text{э.а}}$ в пределах $32\text{--}36$;

- сопротивляемость электрохимической коррозии алюмоцинковых покрытий с содержанием цинка до 15% в условиях нарушения сплошности покрытий или наличия в нем неравномерной пористости обусловлена

анодным растворением алюминия и заполнением пор и пустот на поверхности покрытия продуктами коррозии, что предотвращает проникновение агрессивной среды к стальной основе и подавляет её коррозию;

- использование порошковой композиции $\text{Cu-Al}_2\text{O}_3$ для восстановления изношенных латунных распределительных пластин аксиально-поршневых насосов при помощи холодного газодинамического напыления обеспечивает благоприятную структуру и микротвёрдость поверхностного слоя до 198–200 HV, тем самым повышает его несущую способность и трибологические характеристики.

Практическая значимость и реализация результатов диссертации

Практическую ценность работы представляют разработанные в диссертации предложения по выбору составов покрытий для защиты восстанавливаемых сваркой или наплавкой металлических конструкций горных машин от электрохимической коррозии при эксплуатации в тропическом климате Вьетнама, эффективного метода их нанесения, который можно успешно применять как в стационарных ремонтных мастерских, так и в мобильных станциях в полевых условиях, рекомендаций по формированию качественных покрытий, а также технологические рекомендации по восстановлению и упрочнению деталей пар трения насосного оборудования, на примере распределительной пластины аксиально-поршневого насоса изготовленных из антифрикционных сплавов на основе меди, переданные в ООО «НПЦподземмаш» (г. Москва), а также Ханойский институт горной науки и технологии, где используются при разработке технологий изготовления и ремонта узлов и деталей горной техники.

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведённых в диссертации

В работе получен ряд новых результатов, которые представляют интерес для профильных специалистов, научных организаций и производственных предприятий, специализирующихся в области проектирования, изготовления и ремонта карьерных экскаваторов, его приводных механизмов и несущих металлоконструкций. Результаты диссертации, в частности, составы покрытий, обеспечивающих надёжную защиту элементов металлоконструкций от электрохимической коррозии при эксплуатации в морской среде, полученные экспериментальные данные по скорости и линейному показателю коррозии сварных элементов из стали с защитными покрытиями, сформированными холодным газодинамическим напылением, и без них, технология нанесения высокоплотных коррозионностойких покрытий, обеспечивающая высокие эксплуатационные свойства формируемого поверхностного слоя восстановленных сваркой или наплавкой деталей при взаимодействии с морской водой, технологические рекомендации по восстановлению и упрочнению при помощи ХГН деталей

пар трения насосного оборудования, изготовленных из антифрикционных сплавов на основе меди, на примере восстановления распределительной пластины аксиально-поршневого насоса, могут быть рекомендованы для использования в таких организациях как ООО «Юргинский машиностроительный завод» (г. Юрга, Кемеровская обл.), ООО «Завод Красный Октябрь» (г. Ленинск-Кузнецкий, Кемеровская обл.), ООО «Сиб-Дамель» (г. Ленинск-Кузнецкий, Кемеровская обл.), группа компаний «Рейзин» (г. Юрга, Кемеровская обл.), ООО «Объединенные машиностроительные технологии» (г. Москва), ООО «Березовский ремонтно-механический завод» (Свердловская область, г. Берёзовский), АО «Можайское экспериментально-механическое предприятие» (Московская область, г. Можайск), ООО «ПТК Гидрофорс» (Московская область, г. Протвино), ООО «НПЦподземмаш» (г. Москва), АО «Чанг Зыонг Донг Тиен» (Ханой, Вьетнам) и др.

Значимость полученных автором результатов для развития геотехники (горных машин)

Полученные в работе результаты содержат научные знания, открывающие возможность эффективного использования карьерных экскаваторов в условиях тропического климата Социалистической Республики Вьетнам за счёт применения функциональных покрытий, сформированных методом холодного газодинамического напыления, способствующих повышению коррозионной стойкости восстанавливаемых сваркой и наплавкой несущих металлоконструкций и ресурса деталей приводных узлов, что имеет важное научно-практическое значение.

Результаты диссертационной работы представлены в 4 научных трудах, в том числе 2 – в изданиях, входящих в перечень, рекомендованный ВАК при Минобрнауки РФ.

Основные положения и результаты работы докладывались на международных научных симпозиумах «Неделя горняка» в 2021–2022 гг. (г. Москва, НИТУ МИСИС), научно-практических конференциях, семинарах кафедры ГОТиМ НИТУ МИСИС.

Соответствие автореферата содержанию диссертации

В автореферате изложены основные идеи и выводы диссертации, показан вклад автора в проведённые исследования, новизна и практическая значимость результатов диссертационной работы. Содержание автореферата отражает основные положения диссертации.

Замечания по диссертационной работе

1. В п. 4.2 диссертации представлены рекомендуемые режимы напыления композитного покрытия на основе меди. При этом автор оперирует температурой нагрева газового потока, в который поступает

порошковая смесь (температурой торможения газа). Полезно было бы также измерить температуру уже сформированного покрытия, с учётом теплоты, выделившейся в результате удара частиц о подложку для полной оценки теплового эффекта и его влияния на свойства покрытия.

2. Для восстановления распределительных дисков аксиально-поршневых насосов в работе предлагается композитный порошок на основе меди и керамики. При защите автору следует пояснить, имеется ли возможность нанесения латунного сплава, идентичного материалу пластины?

3. Приводя в конце главы 4 данные по годовому экономическому эффекту от внедрения предлагаемой технологии, автор не конкретизирует, какова трудоёмкость выполненных операций по нанесению и обработке износостойкого покрытия и себестоимость ремонтных работ. Следовало привести в табличной форме смету затрат.

4. В настоящее время для ремонтного производства актуальны вопросы автоматизации применяемых технологических процессов восстановления деталей наплавкой, сваркой. Не ясно, возможно ли технологию ХГН адаптировать к автоматизированному производству?

5. На приведённых в диссертации профилограммах поверхностей покрытий (рис. 3.5, 4.9, 4.18) не указана кратность их увеличения по вертикали и горизонтали, что несколько затрудняет сравнительный анализ микропрофилей поверхностей, к примеру, после напыления и отделочной обработки (рис. 4.18).

6. В тексте диссертации встречаются опечатки.

В целом, указанные замечания не снижают ценность диссертационной работы Нгуен Суан Хынга, имеющей научную новизну и практическую значимость в области разработки эффективных технологий ремонта, способствующих повышению ресурса горных машин и оборудования. Работа хорошо оформлена, изложена грамотным техническим языком.

Заключение

Диссертационная работа «Обоснование метода повышения ресурса восстанавливаемых узлов и деталей карьерных экскаваторов в условиях Социалистической Республики Вьетнам» является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основе выполненных теоретических и экспериментальных исследований разработаны научно обоснованные технологические решения для ремонта оборудования горнорудных предприятий, обеспечивающие надёжную защиту восстановленных сваркой и наплавкой элементов металлических конструкций карьерных экскаваторов от воздействия морской воды и повышение ресурса узлов трения гидропривода горных машин, что имеет важное значение для горнодобывающей промышленности СРВ.

Диссертационная работа по актуальности поставленных задач, достоверности полученных результатов и степени обоснованности выводов соответствует требованиям «Положения о присуждении учёных степеней» (Постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., ред. от 26.09.2022 г.), отвечает квалификационным требованиям п. 2 «Положения о порядке присуждения учёных степеней в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСИС», предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.8.8 «Геотехнология, горные машины», а её автор – Нгуен Суан Хынг, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8 «Геотехнология, горные машины».

Отзыв подготовил профессор кафедры горных машин и комплексов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ), доктор технических наук, профессор



Захаров Александр Юрьевич

Отзыв ведущей организации по диссертационной работе Нгуен Суан Хынга обсуждён и утверждён на заседании кафедры горных машин и комплексов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» (протокол № 1 от 26 августа 2024 г.).

Заведующий кафедрой горных машин и комплексов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ), кандидат технических наук, доцент



Ананьев Кирилл Алексеевич



Подпись Захаров А.Ю., Ананьев К.А.

ЗАВЕРЯЮ
участный секретарь совета

М.М. Косарева
« 02 » 09 2024г.