

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное
государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Юго-Западный
государственный университет»
(ЮЗГУ)**

ул. 50 лет Октября, д. 94, г. Курск, 305040

Тел./факс (4712) 50-48-00

e-mail: rector@swsu.ru http://www.swsu.ru/

ОКПО 02068443, ОГРН 1034637015786,

ИНН/КПП 4629029058/463201001

17.11.2021 № 10-42/3698

На № _____

«УТВЕРЖДАЮ»



И.о. ректора,
проректор по учебной работе
Юго-Западного государственного
университета
доктор технических наук,
профессор

О.Г. Локтионова

«17» ноября 2021 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Олефиренко Никиты Андреевича на тему "Повышение износостойкости рабочих поверхностей коленчатых валов из стали 45 после восстановления электродуговой металлизацией", представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки)

Актуальность темы диссертационной работы

Увеличение численности подвижного состава железнодорожного транспорта вызывает необходимость наращивания объемов поставок запасных частей, а это требует дополнительных материальных и трудовых ресурсов на их изготовление.

Важнейшим резервом повышения эффективности использования подвижного состава железнодорожного транспорта является восстановление изношенных деталей, позволяющее повторно, иногда и многократно,

использовать исчерпавшие ресурс детали и узлы. Восстановление позволяет значительно сократить расход новых запасных частей, обеспечивает значительную экономию денежных средств, способствует охране окружающей среды за счет исключения этапов, связанных с производством деталей.

Одной из наиболее многочисленных групп восстанавливаемых деталей являются различного типа валы, точнее – изношенные шейки валов. В системе кондиционирования воздуха пассажирского вагона это коленчатые валы компрессора.

Для восстановления изношенных шеек коленчатых валов используется электродуговая металлизация. Данный процесс отличается очень высокой производительностью по массе напыляемого материала. К недостаткам процесса следует отнести большую неоднородность частиц по размеру, наличие крупных частиц (более 100 мкм), ограниченные по сравнению с другими газотермическими способами возможности выбора материалов для напыления.

Анализ литературы, а также последние достижения в машиностроении, свидетельствуют о том, что наиболее перспективными методами повышения ресурса высоконагруженных деталей машин являются вакуумные ионно-плазменные технологии высоких энергий. Обработка поверхности металлов и сплавов ионными пучками существенно изменяет физико-механические, химические свойства и структуру поверхностного слоя. В связи с этим тема диссертационной работы Олефиренко Н.А. и полученные в ней результаты являются актуальными.

Структура и основное содержание диссертационной работы

Диссертационная работа Олефиренко Н.А. состоит из введения, пяти глав, заключения, списка цитируемой литературы (158 наименований) и содержит 212 страниц машинописного текста, в том числе 88 рисунков, 18 таблиц и приложения.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследований, представлены основные научные положения, выносимые на защиту, и практическая значимость работы.

В первой главе представлен обзор отечественных и зарубежных работ о состоянии и перспективах развития газотермического напыления при выполнении работ по реновации различных деталей.

На основе анализа технологических преимуществ и недостатков различных методов газотермического напыления, а также затрат на его применение в серийном ремонтном производстве для восстановления изношенных коленчатых валов компрессоров фреона был выбран метод электродуговой металлизации.

Несмотря на обширный объем выполненных исследований по электродуговой металлизации, остаются до конца нерешенными проблемы – скорость и окисление диспергированного металла в гетерофазном потоке.

Модифицирование поверхностного слоя может осуществляться деформационным упрочнением, поверхностной термообработкой, диффузионным нанесением легирующих элементов, воздействием на поверхность лазерными, электронными и ионными пучками.

Одним из перспективных методов по созданию износостойких, антифрикционных свойств поверхности деталей является ионная имплантация. Целенаправленный выбор сорта ионов и режимов ионного облучения позволяет создать на поверхности сталей слои с низким коэффициентом трения и износа.

На основании выполненного обзора были сформулированы цель и задачи исследования.

Во второй главе приведено описание оборудования для электродуговой металлизации коленчатых валов компрессоров фреона при их восстановлении. Для металлизации использовался стационарный металлизатор ЭДМ-5М. Определение прочности сцепления покрытия с

подложкой определяли по штифтовому методу. Износостойкость газотермического покрытия до и после ионной имплантации определялась по действующей методике сравнительной оценки триботехнических характеристик (линейный и весовой износ, коэффициент трения, интенсивность изнашивания) стали и сплавов при сухом трении. Наиболее перспективными ионными источниками для обработки металлических конструкционных материалов, где требуются высокие дозы облучения при средних энергиях, являются источники на основе вакуумной дуги, которые работают в частотно-импульсном режиме и обеспечивают высокую производительность. В исследованиях применялась машина трения, Tribometer, CSM Instruments, Швейцария. Данная машина трения реализует следующие испытательные схемы: «стержень–диск», «стержень–пластина», «стержень-втулка». Эти испытания соответствуют международным стандартам ASTM G99–959, DIN50324 и ISO 20808.

В третьей главе представлены результаты исследования влияния параметров процесса электродуговой металлизации на свойства получаемых покрытий. Для решения проблемы снижения отрицательного влияния окисления выполнены исследования и модернизация металлизатора с использованием металлокаротермических процессов. Сущность аэрозольного флюсования заключается в том, что в факел диспергированного металла при электродуговой металлизации вводится аэрозоль, представляющий собой водный раствор различных веществ. Максимальная адгезионно-когезионная прочность покрытия в результате металлотермического воздействия флюса, содержащего водный раствор Na_2CO_3 – 57...55 МПа, что на 50% выше прочности покрытия, нанесенного без аэрозольного флюсования.

В четвертой главе приведены результаты исследований влияния ионной имплантации на механические и трибологические свойства стали 45, а также газотермических покрытий, нанесенных на упомянутую сталь электродуговой металлизацией. Экспериментально установлено, что ионная

имплантация повышает износостойкость стали 45 при обработке ее различными сортами ионов. Ионная имплантация стали 45 титаном и монотектического сплава Cu–Pb дает наибольший эффект по повышению износостойкости, чем имплантация других элементов.

В пятой главе представлены результаты промышленного опробования разработанной технологии при восстановлении опытной партии коленчатых валов системы кондиционирования воздуха в пассажирском вагоне. Полученные результаты показали, износ стали 45 при трении по валу из стали 45 при нагрузках 25–40 МПа примерно в 8-9 раз выше, чем при трении образцов стали 45 с покрытием из стали 50ХФА с пористостью 6,9%. При нагрузках 80–100 МПа средний приведенный износ в 2–3 раза меньше.

Диссертация завершается основными выводами, перечнем основных публикаций по диссертации, перечнем использованной литературы и приложением.

Научная новизна полученных результатов

В работе получен ряд новых научных результатов, из которых наиболее важными являются:

1. Установлено, что прочность сцепления напыленного слоя с подложкой определяется химическим составом электродной проволоки и наличием окисления поверхности подложки и напыляемых частиц в процессе металлизации. Для устранения окисления предложено аэрозольное флюсование с введением в транспортирующий газовый поток и дуговой промежуток флюса в виде водного раствора Na_2CO_3 с концентрацией 30–60 г/л и расходом 5–10 мл/мин.

2. Показано, что увеличение скорости транспортирующего газового потока со 155 до 355–520 м/с способствует уменьшению размера напыляемых частиц с 90–105 до 30–60 мкм и увеличение прочности сцепления покрытия с подложкой до 50,5–53,1 МПа при открытой пористости 2,5–3,7%.

3. Показано, что снижение износа при трении в 5,5–6 раз наблюдается при имплантации ионами титана и сплава Cu–Pb с флюенсом в диапазоне $5 \cdot 10^{16}$ – $3,2 \cdot 10^{17}$ см⁻². Увеличение флюенса свыше $5 \cdot 10^{17}$ см⁻² сопровождается снижением износостойкости имплантированного покрытия за счет образованием кластеров обогащенных внедряемыми элементами, интерметаллидных соединений а также существенной фрагментацией структуры поверхностного слоя на наноуровне.

Теоретическая значимость диссертационной работы

Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в расширении научных представлений о процессе ионной имплантации на физико-механические свойства газотермических покрытий, что может служить основой для разработки технологических процессов получения газотермических покрытий с высокой износостойкостью при восстановлении деталей типа коленчатых валов в производственных условиях.

Практическая значимость

Практическая значимость диссертационной работы заключается в разработке технологического процесса восстановления электродуговой металлизацией коленчатого вала компрессора системы кондиционирования воздуха в пассажирском вагоне и повышения износостойкости покрытия за счет ионной имплантации, что является важной разработкой, выполненной в рамках Государственного контракта на выполнение работ для государственных нужд Российской Федерации 14.В37.21.1846 «Разработка научных основ технологии полиионной имплантации ремонтных коленчатых валов из конструкционной стали, восстановленных электродуговой металлизацией».

Результаты работы были внедрены в учебно-образовательный процесс подготовки бакалавров и магистров по направлениям 22.03.01 и 22.04.01 "Материаловедение и технологии материалов".

Достоверность и обоснованность результатов исследования

Достоверность и обоснованность результатов, изложенных в диссертационной работе, обеспечивается корректностью постановки цели и формулирования целевых задач. Экспериментальные исследования проведены с использованием современных экспериментальных и расчетных методов исследований, а также методов математического планирования эксперимента. Исследования характеризуются применением аттестованного исследовательского оборудования и стандартных методик исследования. Экспериментальные данные получены в количестве, необходимом для их корректной статистической обработки, обладают воспроизводимостью и согласованностью между собой.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 12 печатных работах, включая 5 статей, входящие в перечень журналов из списка ВАК. Также получен патент РФ на полезную модель №139509 «Коленчатый вал».

Соответствие содержания диссертационной работы указанной специальности

Диссертационная работа по своим целям, задачам, содержанию, методам исследования и научной новизне соответствует п. 1 и 10 Паспорта специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки).

Соответствие содержания автореферата содержанию диссертационной работы

Автореферат диссертационной работы полностью соответствует и отражает основное содержание диссертационной работы.

Замечания по диссертационной работе

1. В работе следовало бы отметить по каким нормативным документам проводились испытания.

2. В диссертационной работе следовало бы отметить какие кинетические зависимости применяются, какие основные факторы влияют на

износ трущихся поверхностей коленчатого вала, а также какие пары трения применяются к валу в условиях эксплуатации.

3. В исследованиях прочности сцепления покрытия с подложкой применяется штифтовой метод испытаний, который в работе описан не достаточно подробно.

4. Так как в диссертационной работе разработан технологический процесс восстановления коленчатых валов компрессора фреона, то в презентации следует отразить акт внедрения данной технологии.

5. В материалах диссертации не приведено объяснения наличия экстремума на кривых зависимости относительного износа от дозы имплантации.

6. В тексте диссертации встречаются опечатки.

Общая оценка диссертационной работы

Структура и содержание диссертации Олефиренко Н.А. соответствует цели и задачам исследования. Работа хорошо оформлена, обладает внутренним единством, в ней качественно иллюстрированы экспериментальные данные микроскопии и испытаний на износ при трении. Основные научные результаты опубликованы в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК Минобрнауки России.

Заключение


Диссертационная работа Олефиренко Н.А. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержащую новые результаты и положения о влиянии ионной имплантации на твердость, износостойкость и структурные характеристики газотермических покрытий, полученных электродуговой металлизацией. Представленные в диссертационной работе результаты вносят значительный вклад в представления о влиянии имплантации на износостойкость стальных деталей в условиях трения.

Диссертационная работа Олефиренко Н.А. «Повышение износостойкости рабочих поверхностей коленчатых валов из стали 45 после

восстановления электродуговой металлизацией» соответствует требованиям пункта II.9 Положения о присуждении ученых степеней и является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны.

Олефиренко Никита Андреевич, автор диссертационной работы, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки).

Диссертационная работа Олефиренко Никиты Андреевича и отзыв рассмотрены, обсуждены и единогласно одобрены на заседании кафедры технологии материалов и транспорта Юго-Западного государственного университета, протокол №7 от 17.11. 2021 г.

Заведующий кафедрой технологии
материалов и транспорта, кандидат технических наук (05.02.07),
доцент  Алтухов Александр Юрьевич

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Юго-Западный государственный университет»
305040, г. Курск, улица 50 лет Октября, д. 94.
Тел.: 8 (4712) 50-48-00
Адрес электронной почты: rector@swsu.ru.



Подпись
Достоверно
Специалист по кадрам

