



УТВЕРЖДАЮ

Ректор ФГБОУ ВО РГАТУ

доктор технических наук, профессор

Александр Владимирович Шемякин

«23» октября 2023 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации - федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (ФГБОУ ВО РГАТУ) Министерства сельского хозяйства Российской Федерации на диссертационную работу Логачёва Константина Михайловича «Разработка технологии восстановления распылителей форсунок автотракторных дизелей термическим разложением соединений гексакарбонила хрома», представленную в диссертационный совет 35.2.030.03, созданный на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. – «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса».

Актуальность темы исследования

Надёжность топливной аппаратуры (ТА) дизелей лимитируется износостойкостью прецизионных деталей. Основная причина низкой износостойкости и коррозионной стойкости рабочих поверхностей прецизионных деталей – загрязнённость дизельного топлива. Существующие способы восстановления и упрочнения прецизионных деталей ТА не отвечают технико-экономическому критерию от их использования. Высокую надёжность распылителей форсунок можно обеспечить с помощью совершенствования системы очистки топлива и значительного повышения физико-механических свойств рабочих поверхностей деталей.

Автором предлагается разработка новой низкотемпературной (до 200°С) технологии, которая не приводит к релаксации внутренних

напряжений в структуре зерна металла, для увеличения ресурса прецизионных деталей распылителей форсунок дизельных двигателей путём термического разложения соединений гексакарбонила хрома. В связи с этим тема диссертационного исследования является актуальной и практически значимой.

Значимость полученных автором диссертации результатов для развития науки в инженерной сфере АПК

Значимость результатов исследований для науки заключается в возможности осаждения карбидохромового покрытия CVD-методом на труднодоступные внутренние поверхности прецизионных деталей ТА при температуре до 200°C и определении критической толщины карбидохромового покрытия, обеспечивающей работоспособность восстановленного соединения «игла – корпус распылителя».

Значимость результатов исследований для практики: применение разработанной технологии позволяет получать на стальных деталях машин карбидохромовое износостойкое покрытие и исключать повторную закалку и деформацию деталей. При упрочнении обеих деталей прецизионного соединения, работающих в абразивной среде, обеспечивается повышение ресурса в 2,5 и более раз.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационного исследования

На основании выводов и результатов диссертационного исследования была разработана CVD-установка для осаждения износостойкого покрытия на труднодоступные внутренние поверхности корпуса распылителя форсунки и определён режим, формирующий карбидохромовое покрытие при минимальной подаче реакционной среды, обеспечивающий рост износостойкого слоя с максимальной микротвёрдостью.

Промышленным организациям, осуществляющим восстановление и производство распылителей форсунок автотракторных дизелей, рекомендуется выбирать толщину покрытия и режимы по его осаждению из теоретически обоснованных и подтверждённых соискателем значений, при

которых обеспечивается максимальная микротвёрдость износостойкого слоя и полное восстановление геометрических размеров.

Достижение результатов диссертационного исследования подтверждается актом о постановке на эксплуатационные испытания топливных форсунок автотракторных дизелей ФД-22 с упрочнёнными распылителями и актом внедрения научно-исследовательской работы, в производственных условиях СПК «Мурава» (Московская область, городской округ Шаховская).

Оценка содержания диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 252 наименований и 3 приложений на 6 с. Диссертация изложена на 216 с., содержит 22 таблицы и 63 рисунка.

Во введении обоснована актуальность исследования, определена цель, а именно разработка технологии восстановления распылителей форсунок автотракторных дизелей термическим разложением соединений гексакарбонила хрома при температуре ниже 200 °С и поставлены задачи исследования, описаны основные положения диссертационного исследования, выносимые на защиту.

В первой главе проведён анализ по производству деталей топливной аппаратуры, их эксплуатации и отказам. Рассмотрено влияние износа на показатели работы автотракторных дизелей. Описаны существующие способы восстановления и упрочнения распылителей форсунок. Определено, что наиболее перспективным способом восстановления распылителей форсунок, исключая деформацию деталей, является низкотемпературная технология получения карбидохромовых покрытий с помощью парофазной химической металлизации (CVD – метод) в вакууме. Заданы требования к разрабатываемой технологии.

Во второй главе определены термодинамические условия осаждения карбидохромового покрытия и минимальная температура CVD-метода.

Проведено обоснование необходимого уровня твёрдости, несущей способности и необходимой толщины карбидохромового покрытия, обеспечивающего восстановление ремфнда распылителей в полном объёме.

В ходе теоретического обоснования установлено, что минимальная температура термораспада гексакарбонила хрома составляет 123 °С. Предложена новая формула по определению критической толщины покрытия в зависимости от его микротвёрдости и размера абразивной частицы. Также предложены формулы для расчёта толщины износостойкого покрытия на направляющих иглы и корпуса распылителя и в распыляющих отверстиях.

В третьей главе изложены программа, общая и частные методики проведения экспериментальных исследований, описание экспериментальных установок и средств измерения.

Описана новая запатентованная CVD-установка для осаждения износостойких покрытий путём термического разложения металлоорганических соединений на труднодоступных стальных поверхностях корпуса распылителя форсунки.

В четвертой главе представлены результаты экспериментальных исследований. Проведён сравнительный металлографический анализ сталей, используемых при изготовлении деталей распылителей форсунок, до и после осаждения покрытия. Установлено, что структура сталей Р6М5 и 12Х2Н4А после нанесения покрытия не изменилась.

Установлено влияние давления вакуума на скорость осаждения карбидохромового покрытия в зависимости от температурного режима подложки при постоянной скорости подачи гексакарбонила хрома. Установлено влияние скорости подачи реакционной среды от роста покрытия. Установлена зависимость роста микротвёрдости покрытия при увеличении давления вакуума и уменьшении температуры подложки в реакторе. Исследован микрорельеф и структура карбидохромового покрытия. Определён режим, обеспечивающий максимальную микротвёрдость 18,96 ГПа и скорость роста в направляющей 2,2 мкм/мин и в распыляющих отверстиях 6,8 мкм/мин в условиях минимальной подачи реактива 1,0 л/час: давление вакуума 0,025 Па; температура подложки 161°С; температура паров гексакарбонила хрома 60 °С. Продолжительность металлизации 23 минуты.

Установлено, что оптимальная толщина покрытия на новых серийно выпускаемых деталях должна быть не менее 5 мкм. Адгезия покрытия,

полученного на установленном режиме, при толщине 100 мкм составила 34 МПа.

В ходе проведения исследований на машине трения установлено, что относительная износостойкость упрочнённых образцов к неупрочнённым составила 4,1...5 раза, а исследования на коррозионную стойкость показали, что карбидохромовое покрытие на сталях приводит к повышению коррозионной стойкости деталей в кислой среде в 3,5...4 раза, в щелочной в 7,8...8,75 раз.

В пятой главе представлено подробное описание технологических процессов восстановления деталей распылителя форсунки ФД-22. Приводится экономическая оценка стоимости восстановления и упрочнения распылителей форсунок в условиях завода и сервисных организаций. Рассчитаны материальные и денежные затраты в течение 5 лет.

Установлено, что эксплуатация восстановленных и упрочнённых распылителей с двумя деталями выгоднее по отношению к серийным при минимальной выработке ресурса на 15,52 рублей/мото-ч, а при максимальной на 0,34 рублей/мото-ч. Экономический эффект от внедрения новой технологии восстановления распылителей форсунок автотракторных дизелей на программу 855,5 тыс. штук за 5 лет составит более 85 млн. рублей. Срок окупаемости 2,1 года.

В заключении представлены обобщённые выводы, содержание и структура которых полностью соответствует поставленным задачам исследования.

Замечания по диссертационной работе

1. В первой главе в разделе способы восстановления распылителей форсунок следовало бы рассмотреть возможность металлизации стальных деталей разными металлоорганическими соединениями.

2. В диссертационной работе следовало бы дополнительно провести восстановление распылителей форсунок, применяемых в системе Common Rail.

3. В диссертационной работе отсутствуют результаты исследований на токсичность отработанных газов двигателей, эксплуатируемых на упрочнённых распылителях форсунок.

4. В диссертационной работе отсутствуют результаты исследований по нагарообразованию на поверхности покрытия восстановленных распылителей.

5. За счет чего достигается экономический эффект при внедрении новой технологии восстановления распылителей форсунок автотракторных дизелей.

Завершенность и качество оформления диссертационной работы

Цель, задачи и основные положения диссертационной работы согласуются со структурой и содержанием выводов исследования, имеют научную новизну. Все поставленные соискателем задачи решены.

Достоверность результатов подтверждается результатами лабораторных и эксплуатационных испытаний, применением общепризнанных научных положений и методик исследований, а также высоким уровнем совпадения теоретических положений и экспериментальных данных.

Научные результаты опубликованы в 11 работах, 2 из которых опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 1 монография и 1 патент на полезную модель.

Результаты исследований неоднократно докладывались на конференциях, в том числе международных, а также реализованы путём участия в конкурсе фонда содействия инновациям ООО «ВЕК-21» МОСКОВСКИЙ МОЛОДЕЖНЫЙ СТАРТ – 2022 «Умник» по направлению «Н4 - Новые приборы и интеллектуальные производственные технологии» на тему: «Разработка инновационной автоматизированной установки для нанесения износостойких покрытий на стальные детали машин» и постановкой на эксплуатационные испытания топливных форсунок автотракторных дизелей ФД-22 с упрочнёнными распылителями с последующим внедрением научно-исследовательской работы в

производственных условиях СПК «Мурава» (Московская область, городской округ Шаховская).

Диссертационная работа и автореферат изложены технически грамотным языком.

Автореферат соответствует основным положениям диссертации, а материалы изложены в логической последовательности. Диссертационная работа имеет новые научные результаты.

Заключение

Диссертация Логачёва Константина Михайловича «Разработка технологии восстановления распылителей форсунок автотракторных дизелей термическим разложением соединений гексакарбонила хрома» содержит новые научно-обоснованные технические решения по разработке низкотемпературной технологии получения карбидохромового покрытия на стальных деталях распылителя форсунки для обеспечения высокой надёжности топливной аппаратуры, снижения простоев сельскохозяйственных агрегатов и требований к качеству топлива, что способствует снижению себестоимости в эксплуатации машинно-тракторного парка и обеспечению продовольственной безопасности РФ. Внедрение разработанной технологии вносит значительный вклад в развитие страны и соответствует паспорту специальности 4.3.1 – «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса».

Диссертационная работа Логачёва Константина Михайловича является завершённой научно-квалификационной работой, которая по актуальности, новизне и практической значимости, а также объёму выполненных исследований соответствует критериям, изложенным в пунктах 9, 10, 11, 13 и 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор, Логачёв Константин Михайлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1 – «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса».

Диссертационная работа, автореферат диссертационной работы, отзыв ведущей организации на диссертационную работу рассмотрены, обсуждены и одобрены на расширенном заседании кафедры технологии металлов и ремонта машин федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (ФГБОУ ВО РГАТУ) «23» октября 2023 года, протокол № 3.

Заведующий кафедрой технологии металлов и ремонта машин, доктор технических наук (05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства), профессор

Рембалович Георгий
Константинович

Подпись Г.К. Рембаловича заверяю:
Начальник управления кадров
ФГБОУ ВО РГАТУ



Сиротина Галина
Викторовна

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (ФГБОУ ВО РГАТУ).

Адрес: 390044, ЦФО, Рязанская область, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1

Телефон: 8-4912-358831.

e-mail: university@rgatu.ru