

УТВЕРЖДАЮ



Первый проректор ФГБОУ ВО
«МГУ им. Н.П. Огарёва»
доктор технических наук, профессор
П.В. Сенин
«15» сентября 2023 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва» (ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва») на диссертационную работу Воронина Николая Владимировича «Совершенствование технологии и технических средств магнито-термического армирования полимерных деталей вакуумных насосов и уплотнительных элементов гидросистем сельскохозяйственных машин», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса в диссертационный совет 35.2.022.02 при Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет».

Актуальность темы диссертации

Агропромышленный комплекс является одним из крупнейших потребителей полимерных материалов. Их применение в этой отрасли промышленности обуславливает значительный технико-экономический эффект. Полимерные материалы, используемые для изготовления деталей сельскохозяйственных машин и оборудования, имеют существенные преимущества: высокое отношение прочности к плотности, что важно с точки зрения транспортировки; износостойкость; химическая инертность, позволяющая использовать полимеры для работы в контакте с различными

агрессивными веществами, такими как кислоты, щелочи и т.д.; высокие диэлектрические свойства возможность управления свойствами полимера в широких пределах благодаря их модификации, т.е. можно получить материал с широким комплексом свойств или же наоборот, узкоспециализированным.

Вместе с этим имеется ряд проблем, сдерживающих их широкое применение, к которым относятся: высокая склонность к деструкции из-за старения и воздействия некоторых внешних факторов; ползучесть - деформация под нагрузкой при постоянной температуре; сравнительно низкая теплостойкость; относительно высокий температурный коэффициент линейного расширения и др. Низкая поверхностная твёрдость и износостойкость зачастую переводят пластмассовые детали в разряд расходных, а замена некоторых изношенных деталей требует проведения длительной и дорогостоящей разборки и последующей сборки узлов, где эта деталь установлена.

В связи с вышеизложенным считаем, что тема диссертационной работы Воронина Николая Владимировича «Совершенствование технологии и технических средств магнито-термического армирования полимерных деталей вакуумных насосов и уплотнительных элементов гидросистем сельскохозяйственных машин» является актуальной, а достижение поставленной цели вносит значительный вклад в развитие современной инженерно-технической системы АПК России.

Научная новизна результатов работы

1. Математическая модель, описывающая процесс внедрения ферромагнитных частиц в поверхность полимерных деталей.
2. Зависимости влияния характеристик полимеров, армирующего материала и параметров технологического процесса армирования полимерных лопаток рабочих колес и уплотнительных элементов гидросистем сельскохозяйственных машин на структуру и свойства получаемого армированного слоя.

3. Результаты исследования прочностных характеристик армированных полимерных деталей.

Значимость полученных автором диссертационной работы результатов исследований для науки и практики

Теоретическая значимость заключается в обосновании повышения механических свойств поверхности полимерных лопаток рабочих колес и уплотнительных элементов гидросистем сельскохозяйственных машин после магнито-термического армирования.

Практическая значимость заключается в разработке:

- установки, реализующей процесс магнито-термического поверхностного армирования полимерных лопаток рабочих колес и уплотнительных элементов гидросистем сельскохозяйственных машин;
- технологии магнито-термического поверхностного армирования лопаток рабочих колес и уплотнительных элементов гидросистем сельскохозяйственных машин, изготовленных из полимерных материалов, частицами ферромагнетиков различной дисперсности.

Обоснованность и достоверность выводов

Вывод 1 констатирует, что определено современное состояние научных исследований в области технологий и оборудования для переработки и упрочнения/металлизации деталей машин и оборудования АПК из полимерного материала. Вывод сделан на основе обзора литературных источников, научной новизной и практической значимостью не обладает.

В выводе 2 сообщается, что разработаны физическая и математическая модели, позволяющие описать процесс внедрения ферромагнитной частицы в поверхностный слой полимерной детали. Усовершенствованы методики расчета и проведено моделирование контактных и изгибных напряжений на примере лопаток рабочего колеса жидкостнокольцевого вакуум-насоса.

Вывод носит констатирующий характер, однако обладает научной новизной, достоверность основана на применении законов физики, положений теории прочности и долговечности полимерных материалов.

В выводе 3 сообщается, что проведен расчет значений сил, оказывающих воздействие на ферромагнитную частицу и получены результаты экспериментальных исследований с учётом анализа изменения свойств поверхности в процессе изменения параметров технологического процесса армирования. Как показал расчет, магнитная сила внедрения более, чем в 1000 раз превышает суммарное значение сил, противодействующих внедрению. Вывод обладает научной новизной, сделан на основе теоретических исследований.

В выводе 4 представлены результаты механических и триботехнических испытаний, которые показали устойчивость армированной поверхности полимера к истиранию (скорость истирания снизилась с 0,82 до 0,16 мкм/ч) при сухом трении. По результатам экспериментальных данных определены оптимальные режимы работы экспериментальной установки для получения наиболее качественно армированной поверхности при минимальных затратах времени и энергии. Оптимальная сила тока – 4,5 А, напряжение – 10 В, расстояние от армируемой поверхности до сопла теплогенератора – не менее 100 мм, диапазон температур процесса армирования – от 453 до 523 К в зависимости от материала детали. Твердость поверхности по Бринеллю выросла с 63 до 355 МПа, коэффициент трения вырос (с 0,41 до 0,62), пределы прочности на растяжение, сжатие и изгиб выросли в среднем на 10-15%. Представленные результаты получены впервые. Эксперименты проведены с использованием современного научно-исследовательского оборудования центра коллективного пользования Тамбовского ГТУ.

Вывод 5 констатирует, что описаны конструкции установок магнито-термического армирования полимерных деталей машин и аппаратов АПК для металлизации их в процессе производства либо уже готовых. Вывод обладает

практической значимостью. Изобретательский уровень и промышленная применимость технических решений подтверждается патентами РФ на изобретение №27611191 «Способ поверхностного упрочнения детали из полимерного материала» и №2795315 «Способ поверхностного упрочнения деталей из полимерного термореактивного материала».

В выводе 6 представлена оценка экономической эффективности применения, разработанной технологии и изготовления изделий с ее применением (патент РФ на полезную модель №215192 «Жидкостно-кольцевая машина»). Годовой экономический эффект от внедрения технологии и соответствующей установки с учетом одноименклатурного производства составил в среднем 525 тыс. руб. при повышении комплекса механических характеристик армированных деталей в 1,2...1,7 раза. Вывод обладает практической значимостью, а достоверность подтверждается актами внедрения.

Оценка содержания работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 162 страницах машинописного текста, содержит 42 рисунка, 6 таблиц, 128 литературных источника. Приложения включают 15 наименований и представлены на 15 страницах.

Во введении представлена характеристика работы, включающая актуальность рассматриваемой темы, цель, задачи, объект и предмет исследования, изложены положения, выносимые на защиту, научная новизна и практическая значимость результатов.

В первой главе «Анализ состояния вопроса, цель и задачи исследований» представлен литературный обзор, позволивший выявить основные тенденции в области оборудования и технологий, применяемых для получения деталей машин и оборудования АПК с улучшенными эксплуатационными характеристиками. Установлено, что на сегодняшний

день широко представлены полимерные материалы, технологии и оборудование для изготовления деталей машин и оборудования АПК, машиностроения и т.д. Тем не менее практически отсутствуют оборудование и технологии поверхностного упрочнения полимерных деталей с относительно низкой металлоемкостью и сохранением стабильности поверхностных свойств (износостойкость, твердость и пр.) в течение длительного времени (как уже готовых деталей, так и находящихся на стадии производства), либо технологии и оборудование находятся на уровне лабораторных исследований. В результате анализа выявленной проблемы сформулированы задачи исследований.

Во второй главе «Технология магнито-термического поверхностного армирования и расчет контактных и изгибных напряжений деталей машин и оборудования АПК» разработаны физическая и математическая модели, позволяющие описать процесс внедрения ферромагнитной частицы в поверхностный слой полимерной детали. Определены и описаны основные силы, действующие на частицу в процессе внедрения. Выведены основные зависимости изменения ключевых параметров внедрения методом частного дифференцирования базового уравнения. Показаны условия проникновения частиц никеля и их удержания в поверхностном слое термопласта. Усовершенствованы методики расчета и проведено моделирование контактных и изгибных напряжений на примере лопаток рабочего колеса и лопаток корпуса жидкостнокольцевого вакуумного насоса. Рассмотрена модификация устойчивого к резонансным колебаниям лопаток насоса с элементами рабочего механизма из модифицированных полимерных материалов с эвольвентным профилем рабочих частей. Выдвинуты предпосылки к получению поверхностно – армированных лопаток насоса с эвольвентным профилем лопаток из полимера.

В третьей главе «Программа и методика экспериментальных исследований» описаны экспериментальная установка, общая и частные методики исследования материала порошка и размера частиц, механических

характеристик образцов из полимерных материалов армированных металлическими ферромагнитными порошками.

В четвертой главе «Результаты экспериментальных исследований и подбор материалов для изготовления элементов оборудования» представлены: расчет значений сил, оказывающих воздействие на ферромагнитную частицу и получены результаты экспериментальных исследований с учётом анализа изменения свойств поверхности в процессе изменения параметров технологического процесса армирования. Как показал расчет, магнитная сила внедрения более, чем в 1000 раз превышает суммарное значение сил, противодействующих внедрению; результаты триботехнических испытаний, которые показали устойчивость армированной поверхности полимера к истиранию (скорость истирания снизилась с 0,82 до 0,16 мкм/ч) при сухом трении. Дополнительно проведены испытания по возможности армирования поверхности изделий из терморезистивных полимеров; оптимальные режимы работы экспериментальной установки для получения наиболее качественно армированной поверхности при минимальных затратах времени и энергии.

В пятой главе «Оценка эффективности внедрения технологии магнито-термического поверхностного армирования и оборудования для ее реализации» приведены различные варианты установок для реализации технологии магнито-термического поверхностного армирования – как уже готовых деталей, так и находящихся в процессе изготовления. Установлено, что использование разработанных технологий магнито-термического армирования поверхностей полимерных материалов позволяет повысить ресурс работы лопаток рабочих колес и уплотнений вала ЖВН из полимеров в несколько раз при адекватном повышении себестоимость изделия. Доказана экономическая эффективность (коэффициент эффективности 14%) применения разработанных технологий и изготовления изделий с их применением. Средний ожидаемый экономический эффект от внедрения

разработанной технологии – 523 тыс. руб. в год, ориентировочный срок окупаемости – 3 года при стартовых вложениях 1,5 млн. руб.

Заключение диссертационной работы содержит шесть выводов, соответствующих поставленным задачам.

В приложениях представлены награды, отражающие достижения в научной деятельности соискателя, объекты интеллектуальной собственности, акты внедрения.

По структуре, содержанию и стилю изложения, глубине научных исследований диссертационная работа Воронина Н.В. соответствует уровню диссертации на соискание ученой степени кандидат наук.

Все структурные элементы диссертационной работы оформлены согласно ГОСТ 7.0.11-2011.

Содержание автореферата в части основных положений, этапов работы и результатов полностью соответствует диссертации.

Апробация и полнота опубликования основных результатов работы в печати

Основные положения диссертационной работы Воронина Н.В. докладывались и обсуждались на национальных и международных научно-практических конференциях и семинарах. По результатам проведенных исследований опубликовано 22 печатные работы, в том числе 3 публикации, включенные в систему цитирования Scopus/Web of Science, 6 публикаций в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК Министерства науки и высшего образования, и 2 патента РФ на изобретение и 1 на полезную модель. Общий объем публикаций составляет 15,94 п.л., автору принадлежит 9,45 п.л.

Замечания по диссертационной работе

Несмотря на общую положительную оценку диссертационной работы, имеет место ряд замечаний и комментариев:

1. В работе соискатель использует не нормированные ГОСТ показатели надежности, такие как «средний рабочий ресурс» (стр. 129), «ключевые критерии надежности» (стр. 129) и др.
2. Следует пояснить, почему разработанная математическая модель не позволяет описать внедрение частиц материалов, не обладающих ферромагнитными свойствами.
3. Из результатов оценки характеристик покрытий не ясно какая должна быть толщина армированного слоя для обеспечения высоких механических свойств детали.
4. В работе отсутствует методика и результаты триботехнических испытаний образцов пар трения, один из которых изготовлен из полимерного материала, армированного ферромагнитным порошком. Отсутствие указанных данных ставит под сомнение достоверность вывода 4.
5. В работе отсутствует методика и результаты эксплуатационных испытаний для оценки среднего ресурса полипропиленовых лопаток рабочего колеса жидкостнокольцевого вакуумного насоса. Отсутствие указанных данных ставит под сомнение достоверность вывода 5.
6. Из диссертации не ясно, для какого количества деталей был рассчитан годовой экономический эффект.

Заключение

Диссертационная работа Воронина Н.В. является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, содержащей новые научно-обоснованные технические решения по совершенствованию технологии и технических средств магнито-термического армирования полимерных деталей вакуумных насосов и уплотнительных элементов гидросистем сельскохозяйственных машин.

Несмотря на отмеченные недостатки, диссертационная работа соответствует требованиям п. 9, 10, 11, 13 и 14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого постановлением

Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года (в редакции постановления Правительства Российской Федерации №101 от 26 января 2023 года), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Воронин Николай Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1 Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.

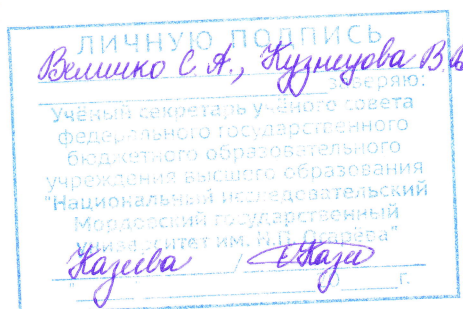
Диссертационная работа рассмотрена на расширенном заседании кафедры технического сервиса машин Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарёва», протокол № 14 от «15» сентября 2023 года, присутствовало 12 человек. Результаты голосования: за – 11 человек, против – нет, воздержавшихся – 1.

Профессор кафедры
технического сервиса машин,
доктор технических наук, доцент
(05.20.03 – Технологии и средства
технического обслуживания
в сельском хозяйстве)

Величко Сергей Анатольевич

Заведующий кафедрой механизации переработки
сельскохозяйственной продукции,
кандидат технических наук, доцент
(05.20.03 – Технологии и средства
технического обслуживания
в сельском хозяйстве)

Кузнецов Вячеслав Викторович



« 15 » сентября 2023 г.

Сведения о ведущей организации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва» (ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва).

Почтовый адрес: 430005, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68.

Телефон: +7 (8342) 24-37-32; +7 (8342) 24-48-88; +7 (8342) 47-29-13

E-mail: dep-general@adm.mrsu.ru; dep-mail@adm.mrsu.ru

Официальный сайт: <https://mrsu.ru/>