

УТВЕРЖДАЮ

Ген. директор ФГБУН ФИЦ «Якутский
научный центр Сибирского отделения
Российской академии наук», чл.-корр. РАН

Лебедев Михаил Петрович

«14» ноября 2024 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Бычковского Владимира Сергеевича

«Повышение износостойкости полиамидных деталей за счет технологического
наполнения их поверхностного слоя маслосодержащей жидкостью»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности

2.5.6. Технология машиностроения

Актуальность темы диссертационного исследования

В настоящее время существует широкий ассортимент полиамидных изделий, применяемых в машиностроении и работающих в условиях повышенных нагрузок: при отсутствии смазки, сухом трении, а также в условиях повышенной пыли и загрязнения. Для улучшения характеристик полиамидных деталей, используемых в машиностроительных изделиях, включая увеличение их нагрузочной способности и стойкости к абразивному износу, необходимо решить проблемы технологического производства, что представляет собой актуальную задачу. Исходя из вышесказанного, эти детали должны быть особенно прочными и устойчивыми к абразивному износу при высоких нагрузках.

Чтобы улучшить качество полиамидных деталей, которые подвергаются большим нагрузкам, можно использовать два подхода. Первый – это модификация структуры полимера в процессе производства. Второй – технологические процессы, которые позволяют повысить качество уже готовой детали.

У первого подхода есть свои недостатки. Они связаны с тем, что весь объем полиамидной детали (марки ПА6) может стать более пластичным и текучим. Также отмечено, что при сборке изделий из таких материалов могут возникнуть сложности с выполнением неразъемных соединений (сваркой, склеиванием и так далее).

Содержание диссертационной работы

Диссертация содержит введение, четыре главы, заключение, список литературы и 7 приложений. Основной раздел работы изложен на 129 страницах машинописного текста (без учета приложений и списка литературы). Общий объем составил 170 страниц, в том числе 21 таблиц и 60 рисунков, список литературы включает 134 наименования.

Во введении рассматривается вопрос повышения качества полиамидных деталей. Описывается степень изученности и актуальность этой темы. Также в работе представлены задачи, которые необходимо решить для достижения поставленной цели. Показана научная новизна исследования, его теоретическая и практическая значимость. Сформулированы основные положения, которые выносятся на защиту. Описаны методы исследования, которые применялись в работе. Достоверность полученных научных результатов подтверждается их апробацией.

В первой главе проведен анализ условий работы деталей тележек грузовых вагонов, моторных вагонов электропоезда и лесопогрузочного оборудования. Для изготовления этого оборудования используются детали из полиамидных материалов марки ПА6 – вкладыши скользунов в моторвагонах, износостойкие вкладыши подпятников, втулки подшипников скольжения.

Для повышения эксплуатационных характеристик данных деталей предлагается технологический процесс наполнения поверхностного слоя детали моторным маслом в качестве финишной операции механической обработки. Это позволило повысить качество поверхностного слоя детали.

По итогам анализа в первой главе поставлены задачи для достижения цели диссертационного исследования.

Во второй главе для завершающего этапа механической обработки полиамидной детали была разработана технология ее маслonaполнения. Эта технология включает в себя следующие операции:

- приготовление технологической жидкости с пониженной вязкостью из моторного масла М8-В и гексана;
- кондиционирование готовой полиамидной детали и ее сушка для восстановления эксплуатационных характеристик;
- процесс маслonaполнения предварительно нагретой полиамидной детали;
- контроль показателя износостойкости на образцах-свидетелях.

Для определения режимов резания технологического процесса разработана математическая модель процесса маслonaполнения, которая описывает процесс маслonaполнения гидрофильных полиамидных материалов. В процессе разработки математической модели был разработан температурно-динамический метод контроля температуры и скорости маслonaполнения, который основан на математических расчетах и использовании программных комплексов SOLIDWORKS Simulation и MSC Sinda.

Разработанная математическая модель позволила сформировать методику определения неизвестных ее параметров. А сравнение результатов математического моделирования и эксперимента доказало работоспособность температурно-динамического способа контроля глубины пропитки.

В третьей главе выполнено технологическое обеспечение процесса маслonaполнения полиамидной детали, и экспериментально подтверждено повышение износостойкости деталей из полиамида (ПА6).

Реализация разработанного автоматизированного оборудования и оснастка на основе модернизации установки УЗП 2500, необходимого для выполнения операций кондиционирования и маслonaполнения полиамидных деталей, позволила выполнить серию экспериментов, которые подтвердили повышение износостойкости деталей. В частности, была определена скорость пропитки при различных содержаниях гексана и температуре детали, а также скорость абразивного износа поверхностного слоя маслonaполненной детали, в котором выявлено ее максимальное снижение на 54,48% при подобранных режимах маслonaполнения. В том числе выявлено снижение модуля упругости второго рода на 23,2%.

На основе полученных результатов был разработан технологический алгоритм обеспечения повышения износостойкости деталей при маслonaполнении. Этот алгоритм позволяет использовать различные масла, входящие в состав технологической жидкости, в том числе определять условия и режимы технологического процесса.

В четвертой главе выполнена оптимизация технологического процесса маслonaполнения полиамидной детали, направленная на достижение максимальной ее износостойкости. Это было достигнуто путем решения оптимизационной задачи с использованием двух трехмерных диаграмм.

Диаграммы отображали зависимость скорости абразивного износа и скорости пропитки от температуры полиамидной детали и содержания гексана в смеси. Исследования проводились в пределах граничных условий.

В результате был выявлен оптимальный режим: температура полиамидной детали – 75 °С и оптимальное содержание гексана в технологической жидкости с

пониженной вязкостью – 40%. Достигнуто повышение износостойкости полиамидной детали на 54%.

Также в главе описано практическое применение результатов диссертационной работы, заключающееся во внедрении технологического процесса в лесообрабатывающую компанию «АВИЛЕС». Что позволило выполнить модернизацию готовых полиамидных втулок. Кроме того, результаты диссертационной работы нашли применение в учебном процессе Иркутского государственного университета путей сообщения.

Заключение содержит краткие результаты проведенных исследований.

Научную новизну диссертационной работы представляют следующие результаты:

1. Предложен новый способ повышения износостойкости полиамидных деталей за счет маслonaполнения их поверхностного слоя.

2. При разработке математической модели маслonaполнения полиамидных деталей впервые использован новый подход к модификации модели плоскопараллельной фильтрации, характеризующийся заменой градиента давления градиентом температуры предварительно нагретой полиамидной детали на основе гидравлического подобия.

3. Разработан новый температурно-динамический способ определения скорости пропитки на основе послойного контроля динамики изменения температуры в процессе маслonaполнения деталей из полиамидного материала марки ПА6, обеспечивающий определение режимов маслonaполнения.

4. Получены ранее неизвестные зависимости скорости пропитки, скорости абразивного износа и модуля упругости второго рода от вязкости технологической жидкости и температуры детали из полиамида марки ПА6.

Полученные в диссертационной работе результаты можно квалифицировать как решение проблемы технологического обеспечения повышения износостойкости полиамидных деталей.

Степень достоверности и апробация работы

Достоверность научных результатов доказана тем, что теоретические и экспериментальные исследования согласуются друг с другом. Для решения поставленных задач были корректно применены принципы технологии машиностроения, а также основы физической химии, физики фильтрации пористых материалов, термодинамики и электродинамики. Кроме того, использовались методы математической статистики, аппроксимации и численного анализа.

Основные работы представлены в 33 публикациях. В том числе 3 опубликовано в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 8 в международном издании, индексируемом в базе Scopus. Получено 6 свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ и 2 патента на изобретение. Результаты исследований докладывались и обсуждались на региональных и международных конференциях.

Практическая значимость полученных автором результатов

Был разработан технологический процесс, который позволяет увеличить износостойкость деталей, изготовленных из полиамида марки ПА6. Для проведения экспериментов и реализации процесса пропитки было разработано специальное оборудование и оснастка.

Также был разработан метод, который позволяет определить глубину пропитки по изменению температуры деталей из полиамида в процессе обработки.

Были созданы методики для расчета: коэффициента проницаемости полиамида на заданной глубине пропитки на основе данных о температурном градиенте охлаждения; состава технологической жидкости, в которой используются различные смазочные масла; режимов и условий технологического процесса пропитки деталей из разных видов полиамида. Выполнена оптимизация технологического процесса маслonaполнения, направленная на минимизацию скорости износа полиамидной детали, на основе которой найдены эффективные

режимы маслonaполнения, обеспечивающие значительное повышение износостойкости при заданной величине износа.

Вместе с тем, несмотря на вышеперечисленные достоинства выполненной работы, по автореферату имеются следующие замечания:

1) В работе не указаны классы опасности полиамидных деталей и гексана, добавляемого в моторное масло. Неясно, какие средства защиты необходимо использовать.

2) В исследовании не рассмотрены другие растворители помимо гексана, такие как эфиры, спирты, бензины и т.п.

3) Некое сомнение вызывает условия работы полиамидной детали после ее маслonaполнения. Будет ли образоваться вязкая абразивная структура из масла, пыли и грязи при работе открытого узла трения.

4) В автореферате отсутствует описание применения метода оптической микроскопии в исследовании.

Заключение

Замечания, указанные в отзыве, не влияют на общую положительную оценку теоретических и практических результатов диссертации. Все результаты и выводы, полученные автором, представлены в тексте диссертации и автореферате, который отражает ключевые аспекты исследования.

Диссертационное исследование является законченной научно-исследовательской работой, соответствует указанной научной специальности 2.5.6. Технология машиностроения. Диссертация соответствует п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г., № 842, а ее автор, Бычковский Владимир Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.5.6. Технология машиностроения.

Отзыв подготовлен кандидатом технических наук, ведущим научным сотрудником ФГБУН ФИЦ Якутского научного центра Сибирского отделения

Российской академии наук, Шадриновым Николаем Викторовичем.

Отзыв обсужден и одобрен на общем заседании научных сотрудников ФГБУН ФИЦ «Якутского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук» протокол № 8 от «5» ноября 2024 г. Результаты голосования: «за» – 20, «против» – 0, «воздержались» – 0.

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» (ЯНЦ СО РАН)

Адрес: 677980, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Петровского, 2

Тел/факс: +7(4112) 39-05-00

Электронная почта: prezidium@prez.ysn.ru

Web-сайт: <https://prez.ysn.ru/>

И.о. заместителя директора по научной работе, доктор технических наук, главный научный сотрудник

Рожин Игорь Иванович

«14» ноября 2024 г.

Ученый секретарь, кандидат технических наук

Будугаева Валентина Афанасьевна

«14» ноября 2024 г.

И.о. заместителя директора по научной работе, ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук

Шадринов Николай Викторович

«14» ноября 2024 г.

Подписи заверяю



«14» ноября 2024 г.