

ОТЗЫВ

Официального оппонента, доктора технических наук Албагачиева Али Юсуповича на диссертационную работу Шевцова Михаила Юрьевича «Технологическое повышение износостойкости деталей дифференциала имплантацией материалов на основе карбида вольфрама», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям 2.5.6 – Технология машиностроения, 2.5.3 – Трение и износ в машинах.

Актуальность темы. В диссертационной работе осуществляется детальное исследование проблематики повышения износостойкости деталей дифференциала, обладающих цилиндрическими поверхностями трения. Особое внимание уделяется анализу и оптимизации эксплуатационных характеристик так называемой пары трения «сателлит – ось сателлита», что имеет значительное значение для повышения надежности и долговечности механических систем, использующих подобные элементы. Исследование включает в себя как теоретические, так и экспериментальные аспекты, направленные на выявление факторов, влияющих на износ этих деталей, а также разработку рекомендаций по улучшению их эксплуатационных свойств.

В настоящее время улучшение эксплуатационных характеристик и качество поверхностных слоев цилиндрических трения деталей существенно ограничивается отсутствием научно обоснованных методик расчета на изнашивание, а также недостаточной разработанностью параметров выбора и нормирования качества сопрягаемых деталей.

Конкретно, пара трения «сателлит – ось сателлита», используемая в дифференциале переднего моста специального колесного шасси, демонстрирует низкую износостойкость. В случае отказа или исчерпания ресурса данной пары трения возникает необходимость замены всего дифференциала на новый. В этом контексте важным фактором, определяющим надежность работы данной пары трения, является ось сателлитов, которая выступает в качестве лимитирующего элемента. Следовательно, дальнейшее исследование и разработка методов повышения износостойкости данной пары трения являются актуальными задачами для обеспечения долговечности и надежности функционирования механических систем, использующих такие конструкции.

Научная новизна выполненной диссертации состоит в разработке оригинальных методов и технологий, которые могут значительно повысить

износостойкость и долговечность деталей, находящихся в условиях трения. Одним из ключевых результатов является создание технологии комбинированной электромеханической обработки (ИКЭМО), которая заключается в насыщении поверхностного слоя карбидами вольфрама и углеродом. Этот процесс осуществляется с использованием консистентного состава, включающего графитный смазочный материал в сочетании с карбидами вольфрама, под воздействием электромеханических параметров. Одновременно выполняется электромеханическое упрочнение, что позволяет формировать композиционно обогащенный имплантированными карбидами вольфрама поверхностный слой. К тому же, данный слой дополнен подслоем, который состоит из стабилизированного вольфрамом переохлажденного аустенита, армированного сеткой из карбида вольфрама, что создает условия для значительно улучшенной прочности и износостойкости.

Кроме того, разработаны модели процессов контактного взаимодействия и изнашивания, которые позволяют проводить детальный анализ характеристик контактного взаимодействия трущихся цилиндрических поверхностей. Эти модели учитывают такие параметры, как фактическая площадь контакта, степень сближения контактирующих поверхностей, фактическое давление, а также интенсивность изнашивания, принимая во внимание параметры шероховатости, коэффициенты упрочнения, физико-механические свойства и условия трения. Благодаря использованию компьютерного статистического расчета этих характеристик можно проводить сравнительную оценку эффективности различных технологических параметров ИКЭМО, что своевременно способствует оптимизации разработки технологий в сфере машиностроения. Эти результаты не только подтверждают научную новизну работы, но также открывают новые горизонты для применения инновационных технологий в области упрочняющей обработки материалов.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

- модификация поверхности трения стали за счет образования на ней поверхностного слоя, имплантированного и композиционно упрочненного карбидами вольфрама, наряду с формированием подслоя, состоящего из ячеистого переохлажденного аустенита, стабилизированного вольфрамом и армированного сеткой из карбида вольфрама, состоящей из агрегатированных наноразмерных частиц карбида вольфрама, методом ИКЭМО позволяет существенно повысить износостойкость поверхностей трения, что подтверждается триботехническими испытаниями;

- на основе выработанных научных положений разработаны модель, алгоритмы и программное обеспечение для определения характеристик контактного взаимодействия трущихся цилиндрических поверхностей: фактической площади контакта; сближения контактирующих поверхностей;

фактического давления; с учетом параметров шероховатости, коэффициента упрочнения и физико-механических свойств поверхностного слоя;

- на основе предложенной модели изнашивания, учитывающей параметры качества поверхностного слоя, в частности параметры шероховатости, коэффициент упрочнения и физико-механические свойства, а также условия трения, представляется возможным обеспечивать требуемую интенсивность изнашивания цилиндрических поверхностей трения путем управляемого технологического воздействия;

- разработана технология комбинированной электромеханической обработки и определены рациональные режимы технологического процесса получения износостойкого модифицированного поверхностного слоя, имплантированием материалов на основе карбида вольфрама с последующим электромеханическим упрочнением, начиная с обработки заготовки и заканчивая финишной обработкой детали;

- применение технологии ИКЭМО возможно на машиностроительных предприятиях, в качестве высокоэффективного способа обеспечения и повышения эксплуатационных показателей деталей машин на стадии их изготовления. Использование результатов исследований позволяет повысить износостойкость деталей в 1,5 – 2 раза и более, и является эффективным способом повышения эксплуатационных показателей деталей машин.

Тема и содержание диссертации соответствует заявленным научным специальностям 2.5.6 – Технология машиностроения, 2.5.3 – Трение и износ в машинах

Первая глава диссертации посвящена анализу современного подхода к проблеме обеспечения износостойкости цилиндрических поверхностей трения деталей машин. Рассмотрено применение деталей с цилиндрическими поверхностями в узлах трения машин, виды трения и изнашивание цилиндрических поверхностей. Проанализированы современные технологические методы повышения износостойкости цилиндрических поверхностей трения.

Во второй главе приведены методики проведения теоретических исследований, основанных на моделировании процесса контактного взаимодействия и изнашивания цилиндрических поверхностей с учетом параметров шероховатости и физико-механических свойств, а также приведены методики экспериментальных исследований, целью которых явились проверка результатов; сравнение триботехнологических возможностей современных методов упрочнения с методом комбинированной электромеханической обработки.

Третья глава посвящена оценке параметров контактного взаимодействия деталей с цилиндрическими поверхностями трения.

Четвертая глава отражает вопросы, связанные с обеспечением

износостойкости поверхностей трения комбинированной электромеханической обработкой (ИКЭМО). Приведено описание разработанной технологической оснастки и установки, а также результаты исследований по выбору рациональных режимов комбинированной электромеханической обработкой для создания модифицированного поверхностного слоя, обладающего высокими параметрами качества и износостойкости

В пятой главе представлены результаты экспериментальных испытаний образцов нормализованным методом, обработанных по разработанной технологии ИКЭМО по сравнению с другими современными технологическими методами, в том числе нанесения износостойких антифрикционных покрытий.

В шестой главе приведены результаты сравнительных испытаний пары трения изготовленной по заводской технологии и с применением ИКЭМО, а также приведен расчет экономического эффекта методом функционально-стоимостного анализа.

Основные положения диссертационного исследования в полной мере опубликованы в 27 научных изданиях, в том числе 8 работ в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК РФ, и 4 работы в изданиях, индексируемых в международных библиографических базах Web of Science, Scopus. Соискателем получен 1 патент.

Замечания к диссертационной работе:

1. В модели расчета интенсивности изнашивания отсутствуют влияние температуры и тепло-физико-механические свойства трущихся материалов т.е. для карбида вольфрама WC и стали 45 при одинаковых режимах получится равная интенсивность изнашивания. Известно, что температура оказывает важное влияние на изнашивание. Ее использование в подобной модели привел в монографии проф. Дроздова Ю.Н. и др. «Прикладная трибология» М.: Эко-Пресс, 2010.—604 с.

2. За время работы пары трения интенсивность изнашивания меняется трижды в периоды: приработки, установившегося и катастрофического изнашивания. Непонятно как эти изменения учитываются в расчетной модели интенсивности изнашивания предложенной в данной работе.

3. В механической обработке после ИК ЭМО соискатель в качестве финишной операции предлагает шлифование. Однако известно, что после шлифования из-за низкой теплопроводности круга только 0,1 теплового потока уходит в него, а большая часть (0,8) остается в шлифуемой заготовке (часть его уходит конвекцией) создавая в ней растягивающие остаточные температурные напряжения которые снижают износостойкость модифицированного слоя полученного после комбинированной электромеханической обработки. В своей докторской работе проф. Горленко А.О. правильно решил эту проблему используя после ЭМО алмазное выглаживание вместо операции шлифования.

4. После комбинированной обработки несомненно повышается

износостойкость цапфы –сателлита , но при трении снижается при этом износостойкость его контртела - сателлита. В работе следовало провести оценку изменения в изнашивании сателлита.

Указанные замечания в целом носят характер уточнений и пожеланий не влияют на общую положительную оценку данной работы, выполненную на очень высоком научном уровне.

Заключение.

Учитывая вышеизложенное, считаю, что данная диссертация является завершенной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 №842 «О порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Шевцов Михаил Юрьевич, готов к самостоятельной научной работе и заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 2.5.6 – Технология машиностроения, 2.5.3 – Трение и износ в машинах

Заведующий отделом «Трение, износ, смазка. Трибология»

ИМАШ РАН д.т.н., проф.

Албагачиев А.Ю.

Личные данные составителя отзыва:

ФИО	Албагачиев Али Юсупович
Ученая степень	Доктор технических наук (05.02.08)
Ученое звание	Профессор
Наименование организации, работником которой является указанное лицо	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН)
Должность	Заведующий лабораторией, заведующий отделом
Почтовый адрес	101000, Москва, Малый Харитоньевский переулок, д.4
Телефон	+7 (499) 135 40 97
Адрес электронной почты	Albagachiev@yandex.ru

Подпись Албагачиева А.Ю. заверяю:



специалист по кадрам

г.г. Селезнева Е.Н.

25.04.2025 г.

