

«УТВЕРЖДАЮ»

Научный руководитель –
Заместитель Генерального директора
ФГУП «Центральный институт авиационного
моторостроения имени П.И. Баранова»
доктор технических наук



А.И. Ланшин

« 18 » марта 2016 г.

ОТЗЫВ

**ведущей организации ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова»
на диссертационную работу Пичугина Сергея Дмитриевича
«Взаимодействие пары медный сплав – сталь в смазочных материалах»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.02.04 – Трение и износ в машинах**

1. Актуальность диссертации

Диссертация Пичугина С.Д. посвящена актуальной теме – взаимодействию пары медный сплав-сталь в смазочных материалах. Интерес к изучению работы подобных пар с точки зрения трибологии проявляют многие исследователи, как сами трибологи, так и механики, поскольку медные сплавы до сих пор находят широкое применение в качестве элементов узлов, работающих в условиях тяжелого нагружения и интенсивного трения. Повышение износостойкости металлических пар, в составе которых находятся упомянутые медные сплавы, представляет собой хотя и довольно трудную, но важную и решаемую научную техническую задачу. Наиболее часто данная задача решается путем использования явления избирательного переноса.

Металлсодержащая защитная пленка, образующаяся на поверхностях контактирующих пар вследствие явления избирательного переноса, представляет собой физико-химический объект, обеспечивающий низкий коэффициент трения и высокую износостойкость подвижных сопряжений. На формирование данной пленки оказывают влияние самые различные факторы, между тем, в значительной степени это определяется природой смазочного материала.

Однако в настоящее время в научной литературе не сформулированы четкие требования к смазочному материалу, способному обеспечивать образование на поверхностях трения защитной медьсодержащей пленки. Само явление избирательного переноса также не имеет однозначного толкования в литературе, а

объяснение причин получения низких значений коэффициента трения в парах антифрикционный сплав-сталь отсутствует.

Стоит отметить, что изучению явления избирательного переноса посвящено большое количество научных работ, тем не менее, до сих пор не существует единого подхода к объяснению его механизмов. Это происходит по причине трудностей экспериментального исследования взаимодействующих пар непосредственно в процессе их работы.

Исходя из вышесказанного, научно-технический и практический интерес представляют исследовательские работы, посвященные изучению с помощью современных прецизионных методов анализа процессов, протекающих в динамике формирования металлсодержащей защитной пленки при взаимодействии пары медный сплав-сталь, а также смазочных материалов, использование которых реализовывало бы явление избирательного переноса.

Рассмотренная работа Пичугина С.Д. содержит целый комплекс современных физических исследований, который включает в себя как анализ механических и физико-химических процессов, протекающих в приповерхностном объеме изучаемых сопряжений, так и изучение непосредственно самой металлсодержащей пленки. В работе не только предлагаются практические рекомендации по составу смазочных материалов, способных обеспечивать явление избирательного переноса, но и разработаны состав и технология изготовления присадки к смазочным материалам, которая может использоваться в смазочных материалах как на жидкой, так и на консистентной основе. Таким образом, диссертационная работа Пичугина С.Д., посвященная изучению явления избирательного переноса и взаимодействия пары медный сплав-сталь в смазочных материалах, является актуальной и практически значимой.

2. Структура и содержание диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, списка цитируемой литературы, приложения к главе 4, приложения А, приложения Б. Материал диссертации изложен на 173 страницах текста, включает 165 рисунков, 14 таблиц и библиографический список из 103 наименований.

3. Научная новизна исследований и полученных результатов, выводов, рекомендаций, сформулированных в диссертации

В рассматриваемой работе автором установлено, что процесс образования металлсодержащей пленки в приповерхностном микрообъеме пары «антифрикционный сплав-сталь» в среде глицерина сопровождается микросхватыванием поверхностного слоя медного сплава, его механическим, абразивным и коррозионно-механическим изнашиванием.

Кроме того, впервые проведенными рентгеноспектральными, рентгенофотоэлектронными, а также ИК-спектральными исследованиями подтверждено наличие диффузионного макроскопического потока цинка на пути трения 700 м пары «медный сплав-сталь» в глицерине, а также присутствие на поверхностях трения подвижных сопряжений высокомолекулярной пленки, содержащей медь и цинк.

Экспериментально показаны возможность формирования металлсодержащих защитных пленок и реализация условий избирательного переноса при контактном взаимодействии со сталью медных сплавов в условиях образования стехиометрических составов с интерметаллическими связями.

Выявлена структура металлсодержащей пленки, которая представлена композиционным материалом толщиной порядка 0,6 мкм, состоящим из оксидных соединений, медной и высокомолекулярной пленок, которые взаимосвязано образуются на поверхностях трения трибосопряжения «медный сплав-сталь».

4. Практическая значимость полученных результатов

Результаты диссертационной работы позволяют экспериментально обосновать повышение износостойкости подвижных сопряжений машин и оборудования за счет образования на поверхностях трения композиционных металлорганических защитных пленок.

В работе показано, что при контактном взаимодействии со сталью в поверхностно-активных смазочных материалах двухфазных антифрикционных сплавов на поверхностях трения подвижных сопряжений формируются металлсодержащие защитные пленки, а также сформулированы практические рекомендации по составу смазочных материалов, реализующих явление избирательного переноса, которые используются для повышения износостойкости тяжело нагруженных трибосопряжений на Опытном заводе смазок и оборудования (г. Уфа) и в ООО «Рабика – энергосбережение» (г. Набережные Челны).

5. Соответствие паспорту научной специальности

Диссертация Пичугина С.Д. соответствует паспорту научной специальности 05.02.04 – «Трение и износ в машинах» в пунктах:

2. «Механика контактного взаимодействия при трении скольжения, трении качения и качения с проскальзыванием с учетом качества поверхностного слоя»;
4. «Смазочное действие: гидро - и газодинамическая смазка, гидро - и газостатическая смазка, эластогидродинамическая смазка, граничная смазка»;
7. «Триботехнические свойства материалов, покрытий и модифицированных поверхностных слоев».

6. Достоверность результатов диссертации

Достоверность материалов диссертационной работы обеспечивается комплексными исследованиями поверхностных слоев подвижных сопряжений, согласованностью экспериментальных результатов исследования состава и структуры, полученных с использованием набора современных методов: рентгеноспектрального анализа, рентгенфотоэлектронной спектроскопии, Оже-спектрального анализа, атомно-эмиссионной спектроскопии, лазерного анализа, а также сравнением полученных результатов с данными других авторов.

7. Рекомендации по использованию результатов работы

Материалы диссертационной работы могут быть использованы при изготовлении смазочных материалов, применяемых для снижения коэффициента трения и величины износа при работе пар антифрикционный сплав-сталь, а также трибосопряжений, в составе которых антифрикционный сплав отсутствует.

Научные результаты работы могут быть рекомендованы для передачи в ведущие вузы: МИСиС, РХТУ имени М.В. Менделеева, МИТХТ имени М.В. Ломоносова, РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, – а также в ведущие научно-исследовательские институты: 25-й ГосНИИ химмотологии МО РФ, ВНИИ НП, ГосНИИГА, ИМАШ РАН, ИПМех РАН. Представленные в работе результаты экспериментальных исследований процессов трения и изнашивания металлических пар в зависимости от пути трения, а также результаты высокоточных современных исследований поверхностных слоев подвижных сопряжений и самой защитной металлсодержащей пленки позволили расширить представления о механизме эффекта безызносности и роли механических и физико-химических процессов в его реализации и могут быть рекомендованы для использования в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров, изучающих дисциплину «Избирательный перенос в узлах трения».

8. Основные замечания по работе:

- 1) Сформулированные автором рекомендации по составу смазочных материалов, обеспечивающих образование на поверхностях трения медьсодержащей пленки, носят слишком общий характер, т.к. не конкретизируется, к каким именно рабочим узлам и при каких реальных условиях нагружения возможно применение данных рекомендаций.
- 2) В диссертационной работе не формулируется логическая связь между изучаемой парой трения и разработанной присадкой к маслам.
- 3) В работе отсутствует обоснование выбора глицерина в качестве смазочного материала для изучаемых пар трения.

- 4) На страницах диссертации 136-138 при описании исследования дисперсного состава частиц продуктов изнашивания пары «медный сплав-сталь» не указывается точность измерения размеров частиц износа.
- 5) На страницах диссертации 158-160 при описании разработки состава антифрикционной присадки к смазочным материалам не указываются диапазоны концентраций компонентов разработанной присадки.
- 6) В диссертационной работе не было исследовано влияние температурного фактора на образование медьсодержащей пленки, и, соответственно, не оценена жизнеспособность пленки при определенных температурах на контакте.

Заключение

В целом работа Пичугина С.Д. представляет интерес для решения задачи повышения износостойкости подвижных сопряжений. Критический анализ рецензируемой диссертации как квалификационной работы показывает, что в ней успешно решены поставленные задачи, а вышеупомянутые замечания не снижают положительной оценки работы.

В диссертационной работе проведен комплекс современных исследований, который включает в себя как анализ механических и физико-химических процессов, протекающих в приповерхностном объеме изучаемых сопряжений, так и изучение непосредственно самой металлсодержащей пленки; в работе не только предлагаются практические рекомендации по составу смазочных материалов, способных обеспечивать явление избирательного переноса, но и разработаны состав и технология изготовления присадки к смазочным материалам, которая может использоваться в смазочных материалах как на жидкой, так и на консистентной основе.

Материалы диссертации прошли апробацию на 7 научно-технических конференциях, а ее результаты достаточно полно отражены в 15 опубликованных работах, в том числе в 8 работах, изданных в рецензируемых ВАК научных изданиях. Автореферат достаточно полно отражает основное содержание диссертации.

Диссертация Пичугина Сергея Дмитриевича «Взаимодействие пары медный сплав – сталь в смазочных материалах» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена задача по снижению трения и изнашивания пары медный сплав – сталь, выполнены экспериментальные исследования процессов трения и изнашивания пар медный сплав-сталь, проведены изменения характеристик микрогеометрии поверхностных слоев подвижных сопряжений, а также современные прецизионные физические исследования элементного состава, строения и толщин защитных пленок на поверхностях трения трибосопряжения, элементного состава и содержания продуктов изнашивания в

смазочных материалах, что имеет значение для дальнейшего развития трибологии, как науки и инженерного искусства.

Диссертация Пичугина С.Д. по своей актуальности, научной новизне, объему и практической значимости полученных результатов соответствует требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней (утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, и соответствует паспорту специальности 05.02.04 – Трение и износ в машинах, а ее автор, Пичугин С.Д., заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.04 – Трение и износ в машинах.

Диссертация, а также отзыв на диссертацию были заслушаны и обсуждены на заседании научно-технического совета отдела «Двигатели и химмотология» ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова» (протокол № 178 от 17.03.2016).

Председатель научно-технического совета,
начальник отдела «Двигатели и химмотология»
ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова»,
доктор технических наук, профессор

Яновский Леонид Самойлович

Ученый секретарь
ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова»,
кандидат физико-математических наук



Наталья Петровна Исакова

ФГУП «Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова» (ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова»), отдел «Двигатели и химмотология».
Адрес: 111116, г. Москва, ул. Авиамоторная, 2
Тел.: (495) 362-00-23; (499) 763-57-47
E-mail: yanovskiy@ciam.ru
spravka@ciam.ru