

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента к.т.н. Соболя Дмитрия Александровича на диссертацию **ПИЧУГИНА Сергея Дмитриевича** на тему «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 темы диссертации**

Вопросы, затронутые в диссертации Пичугина С.Д., посвящены исследованию закономерностей образования защитных пленок на поверхностях трения в парах медный сплав – сталь в условиях смазки, обеспечивающей работу пары трения в режиме безызносности, что представляет собой важнейшую задачу для промышленности, в особенности для различных отраслей машиностроения.

Цель работы, поставленная диссертантом, состоит в изучении структуры и свойств сервовитной пленки, образующейся при работе пары антифрикционный сплав-сталь в смазочных материалах, и представляется вполне четкой и обоснованной, так как избирательный перенос не является до конца изученным и полностью раскрытым с физической точки зрения явлением. Значительно затруднена в этом плане оценка очень малого размера толщины образующихся в условиях избирательного переноса пленок.

Изучение столь малых по толщине пленок (десятые доли микрометра) оказывается довольно трудной в экспериментальном плане задачей, едва ли решаемой без применения современных физических методов исследования, которые были использованы автором в рассматриваемой работе и позволили раскрыть структуру, элементный и фазовый состав формирующихся пленок.

Решение поставленных диссертантом задач позволило достичь цели исследования и разработать новую эффективную присадку к смазочным материалам, обеспечивающую реализацию избирательного переноса и повышение износостойкости узлов трения.

В связи с вышеизложенным, диссертация Пичугина С.Д. вносит определенный вклад в изучение закономерностей и механизма формирования защитных пленок на трущихся поверхностях, что позволяет существенно расширить представления о механизме эффекта безызносности и является весьма востребованным и актуальным материалом.

### **2. Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций**

Научные положения, выводы и рекомендации, приведенные в рассматриваемой работе, обоснованы, поскольку автором проведен необходимый комплекс исследований, - от создания теоретических предпосылок, проведения большого количества лабораторных экспериментов до логического обсуждения полученных результатов.

### **3. Достоверность результатов работы**

Достоверность результатов работы не вызывает сомнений, поскольку все экспериментальные исследования автором проведены при использовании современных физических методов исследования, в соответствии с действующими государственными стандартами или многократно апробированными на практике методиками и на современном аналитическом оборудовании, своевременно прошедшем государственную поверку.

При разработке модельных представлений о механизме изменения химического состава медного сплава в процессе трения диссертант опирался на известные классические теории о механизме окисления металлов и сплавов.

### **4. Научная новизна**

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.

Проведенными рентгеноспектральными, рентгенофотоэлектронными, а также ИК-спектральными исследованиями подтверждено наличие диффузионного макроскопического потока цинка на пути трения пары медный сплав-сталь в глицерине, а также присутствие на поверхностях трения подвижных сопряжений высокомолекулярной пленки, содержащей медь и цинк.

Экспериментально показана 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.

### **5. Значимость результатов для науки и практики**

Значимость результатов для науки и практики заключается в экспериментально установленном автором повышении износостойкости подвижных сопряжений машин и оборудования за счет образования на поверхностях трения композиционных металлорганических защитных пленок.



Диссертантом показано, что при контактном взаимодействии со сталью в поверхностно-активных смазочных материалах двухфазных антифрикционных сплавов на поверхностях трения подвижных сопряжений формируются металлсодержащие защитные пленки.

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).

Разработана новая присадка для смазочных материалов, добавление которой в смазку позволяет реализовать режим избирательного переноса и существенно повысить износостойкость узлов трения.

#### **6. Оценка содержания диссертации**

Диссертация состоит из введения, 5 глав, основных выводов, списка использованных источников из 103 наименований, изложена на 173 страницах, содержит 14 таблиц и 165 рисунков, приложения.

В тексте диссертации соблюдена логическая последовательность изложения материала.

В первой главе представлен аналитический обзор технической литературы по теме исследования. Обоснованы цель и задачи работы.

Вторая глава посвящена описанию использованных методик исследования. Приведены описание техники экспериментов, методик и лабораторного оборудования, на которых проводились исследования.

Третья глава диссертации посвящена исследованию процессов трения и изнашивания металлических пар в смазочных материалах. В ней анализируется изменение в зависимости от выбранного пути трения таких триботехнических характеристик, как коэффициент трения пары медный сплав-сталь, износ пар антифрикционный сплав-сталь. Также приводятся значения зафиксированной на каждом этапе пути трения температуры объема смазочного материала. В этой же главе автор предлагает математическую модель, которая описывает физический процесс массопереноса основных компонентов медного сплава - меди и цинка, в зависимости от пути трения.

В четвертой главе приведены результаты исследований процессов взаимодействия триады трения. Показано изменение характеристик микрогеометрии поверхностных слоев пары медный сплав-сталь, изношенной в глицерине и минеральном масле И-40 А, в зависимости от пути трения. В данной главе также приводятся результаты рентгеноспектральных исследований зоны трения пары медный сплав-сталь, подтвердившие предложенную в третьей главе математическую модель массопереноса меди и цинка в паре трения медный сплав-

сталь. В этой главе описывается и эволюционный процесс поэтапного появления сервовитной пленки на поверхности стального образца. Указывается, что пленка содержит медь и цинк. Представлены результаты послойных рентгенофотоэлектронных исследований, которые показывают, что медьсодержащая пленка обладает сложной структурой. Приведенные в работе ИК-спектры свидетельствуют о наличии в составе сервовитной пленки высокомолекулярных соединений.

В пятой главе предлагаются и анализируются физико-химические и механические процессы, приводящие к возникновению медьсодержащей пленки. Предлагаются практические рекомендации по разработке и составу присадок, возбуждающих избирательный перенос в парах трения и приводящих к образованию пленок.

#### **По диссертации имеется ряд замечаний:**

1. В диссертационной работе не вполне четко обоснован выбор в качестве сравниваемых смазочных материалов глицерина и индустриального масла И-40 А
2. В описании состава антифрикционной присадки к смазочным материалам не указано, почему в качестве одного из компонентов выбирается пропиленгликоль, а не какой-либо другой спирт
3. В работе не конкретизируется, какую именно роль играет обесцинкование антифрикционного сплава
4. Не указывается тип высокомолекулярных соединений, обнаруженных при помощи ИК-спектральных исследований
5. Имеется небольшое количество шероховатостей в оформлении, опечатки (стр.7, 70) и стилистических неточностей.

Указанные замечания ни в коей мере не умаляют общего хорошего впечатления от представленной работы.

#### **7. Публикации, отражающие основное содержание диссертации**

Основное содержание работы было опубликовано в научной печати (журналы «Трение и смазка в машинах и механизмах», «Ремонт, восстановление, модернизация») и представлено на российских и международных конференциях (Международная научно-техническая конференция «Машины, технологии и материалы для современного машиностроения» (М.: ИМАШ им. А. А. Благонравова, 2013), III международная научная конференция «Фундаментальные исследования и инновационные технологии в машиностроении» (г. Москва, ИМАШ им. А.А. Благонравова, 2014). Таким образом, научная общественность имела возможность ознакомиться с его работами.

**8. Автореферат** написан ясно, четко и полностью отражает основное содержание диссертации.

#### **9. Заключение**



Диссертация Пичугина Сергея Дмитриевича «Взаимодействие пары медный сплав – сталь в смазочных материалах» является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение задач, имеющих значение для развития теоретических основ эффекта безызносности, новые научно обоснованные технологические решения и разработки для повышения износостойкости. Работа выполнена на высоком научном уровне, имеет существенное значение для развития страны, так как в ней в том числе решена актуальная задача разработки смазочной композиции, существенно снижающей значения коэффициента трения и износа при работе пар антифрикционный сплав-сталь, а также расширены триботехнические представления о механизме избирательного переноса и характере процессов, участвующих в его реализации. Диссертация Пичугина С.Д. отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Автор работы - Пичугин Сергей Дмитриевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.04 «Трение и износ в машинах».

**Официальный оппонент,**  
Руководитель индустриально-технического подразделения ООО «ТОТАЛ ВОСТОК»,  
кандидат технических наук



**Соболь Дмитрий  
Александрович**

*25.04.2016*

127051, г. Москва, ул. Садовая-Самотечная, д. 24/27

Тел.: +7495 937 3784

E-mail:

[Alex18611@rambler.ru](mailto:Alex18611@rambler.ru)

[Dmitry.Sobol@total.com](mailto:Dmitry.Sobol@total.com)

Подпись Соболя Д.А. заверяю

Нач-к ОК

**МЕНЕДЖЕР**

**ПО ПЕРСОНАЛУ**

**САВКЕНА Н.М.**

