

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

экспертной комиссии диссертационного совета 24.1.135.01 (Д003.038.01) на базе Института физики прочности и материаловедения СО РАН о диссертационной работе Фадиной Виктора Вениаминовича «Структура и механизмы разрушения поверхностных слоёв металлических материалов в экстремальных условиях трения и скользящего токосъёма», представленной на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 1.3.8. (01.04.07) Физика конденсированного состояния.

Представленная Фадиным В.В. диссертация посвящена исследованию закономерностей изменения структуры поверхностных слоёв металлических материалов и физических механизмов их разрушения в условиях высокоэнергетического воздействия при трении, в том числе, с наложением электрического тока

Диссертационное исследование по своим целям, задачам, содержанию, методам исследования и научной новизне соответствует п.1 «Теоретическое и экспериментальное изучение свойств металлов и сплавов, неорганических и органических соединений, диэлектриков и в том числе материалов светодиодов как в твердом, так и в аморфном состоянии в зависимости от их химического, изотопного состава, температуры и давления» и п.7 «Технические и технологические приложения физики конденсированного состояния Паспорта специальности 1.3.8. (01.04.07) Физика конденсированного состояния.

Соответствие содержания диссертационной работы данной специальности подтверждается публикациями её материалов в научных журналах по физико-техническому профилю: «Письма в ЖТФ», «Журнал технической физики», «Прикладная механика и техническая физика», «Известия вузов. Физика», «Трение и износ», «Известия вузов. Черная металлургия», «Вопросы материаловедения», «Материаловедение», «Friction and Wear Research» (FWR), «Exploitation problems of machines».

Материалы диссертационного исследования изложены автором в 47 работах, в том числе в 26 статьях в научных журналах, входящих в перечень ВАК, в 13 статьях в зарубежных журналах, в сборниках трудов международных конференций, включенных в библиографические базы данных Web of Science и Scopus, в 8 патентах, что соответствует п.п. II, 11 и 13 Положения о присуждении учёных степеней.

Диссертация Фадиной В.В. представляет собой законченную, самостоятельно выполненную научно-квалификационную работу, обладающую внутренним единством, содержащую новые результаты и положения,

выдвигаемые для публичной защиты и свидетельствующую о личном вкладе автора в науку (п. II.10 Положения). В работе на основании выполненных исследований получены следующие результаты.

1. Установлена взаимосвязь между триботехническими характеристиками, теплопроводностью и особенностями структуры СВС-композитов, что послужило основой создания нового композитного материала с многоуровневой структурой, износостойкого при скольжении с высоким давлением.
2. Показано, что удельная мощность на пятнах контакта, приводящая к предельному состоянию поверхностного слоя при граничном трении с высоким контактным давлением и со скоростью менее 1 м/с, не превышает $0,1 \text{ МВт/см}^2$. Предельное состояние поверхностного слоя при сухом скольжении со скоростью 5 м/с при воздействии электрического тока достигается при удельной мощности на пятнах контакта в интервале $(0,4 \div 1) \text{ МВт/см}^2$.
3. Выявлена закономерность, согласно которой материал с твердорастворным упрочнением или упрочненный частицами интерметаллидов, проявляет низкую прочность в зоне контакта и разрушается, в зависимости от условий триботехнического нагружения, по разным механизмам: в частности, вследствие неограниченного пластического течения, образования трещин при адгезии и т.п.
4. Установлено, что при сухом скольжении при плотности тока в интервале $20 \div 70 \text{ А/см}^2$ и удельной мощности не более $0,3 \text{ МВт/см}^2$ в пятнах контакта происходит структурное превращение с релаксацией напряжений и образуется трибослой, толщина которого увеличивается при увеличении плотности тока. В материалах с упрочненной исходной структурой формируется трибослой с большой толщиной (до 50 мкм) и с высокой концентрацией дефектов (пор, трещин и т.п.).
5. Предложена полуэмпирическая оценка удельного электросопротивления трибослоя после скольжения с токосъёмом. Установлено, что оно может превышать удельное электросопротивление исходной структуры в 70 раз и более.
6. Обнаружено, что средняя температура в контакте материалов с упрочнённой структурой выше, чем температура в контакте чистых материалов. Эта температура не превышает 350°C в предельном состоянии трибослоя при сухом скольжении с токосъёмом, но в предельном состоянии поверхностного слоя при граничном трении под высоким давлением достигает 400°C и выше.

7. Показано, что на поверхности трения при скольжении с высокой плотностью контактного тока наблюдаются следы вязкого пластического течения и признаки образования жидкой фазы. Установлено, что формирование квазивязкого состояния в зоне трения путём введения расплава олова и свинца в контактное пространство приводит к увеличению износостойкости, но не защищает поверхностный слой от пластической деформации.

Диссертация Фадиной В.В. соответствует всем требованиям п. II.9 Положения о присуждении ученых степеней, т.е. является научно-квалификационной работой, в которой на основании проведенных исследований разработаны положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение по комплексному исследованию структурных изменений поверхностных слоёв материалов и механизмов их разрушения под воздействием высоких давлений или электрического тока высокой плотности в условиях трения. Полученные теоретические и практические результаты исследований дают возможность объяснить особенности механизмов разрушения поверхностных слоёв разных материалов и позволяют предсказать их сравнительный износ.

Изложенные в диссертационной работе результаты вносят значительный вклад в развитие физики разрушения контактных слоёв материалов, деформирующихся в условиях малоциклового усталости при трении. Совокупность полученных теоретических и экспериментальных данных:

- расширяет представления о деформации и изменения структуры контактных слоёв материалов при трении с наложением электрического тока и механизмах их разрушения;

- позволяет установить взаимосвязь между триботехническими характеристиками исходной структуры материала, способствующей эффективной релаксации напряжений в поверхностном слое при его сдвиге в условиях трения и снижении скорости его износа;

- установить соотношение между элементным и фазовым составами поверхностного слоя материала и его функциональными характеристиками при трении с токосъёмом;

- дать рекомендации по выбору структуры новых токосъёмных материалов, обеспечивающих высокую износостойкость при сухом скольжении при плотности тока более 100 А/см^2 , актуальные при разработке щеток малогабаритного электродвигателя с высокой мощностью;

- определить технические условия получения опытного композитного материала с иерархической структурой для подшипников тормозной системы железнодорожных вагонов (патент РФ №2101380).

В диссертационной работе разработан способ получения низкопористых матричных композиционных материалов на основе карбида титана с металлической связкой методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Предложенные в диссертационном исследовании подходы, выявленные закономерности пластической деформации и плавление поверхности трения под воздействием электрического тока, позволили обосновать возможность использования таких композитов в качестве новых токосъемных материалов, износостойких при сухом скольжении с высокой плотностью тока.

Результаты диссертационной работы Фадиной В.В. использовались в учебном процессе ФГАОУ ВО НИ Томский политехнический университет при подготовке магистрантов в рамках дисциплины «Физика конденсированного состояния».

Анализ текста диссертации показал, что заимствование материалов других исследователей автор производит только во введении и при обсуждении полученных в диссертации результатов. Все заимствования и ссылки, примененные в диссертации, оформлены полными литературными данными, согласно требованиям, п. II.14 Положения о присуждении учёных степеней

С учётом вышеизложенного экспертная комиссия рекомендует принять к защите по специальности 1.3.8. (01.04.07) Физика конденсированного состояния (технические науки) работу Фадиной В.В. «Структура и механизмы разрушения поверхностных слоёв металлических материалов в экстремальных условиях трения и скользящего токосъёма» в диссертационном совете 24.1.135.01 (Д003.038.01) на базе ИФПМ СО РАН.

Председатель:
доктор технических наук

Буякова С.П.

Члены комиссии:
доктор технических наук,

Прибытков Г.А.

доктор физико-математических наук

Шаркеев Ю.П.