

С78
Б-77

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 678.01:678.741.41:539.234

БОЙКО Юрий Сергеевич

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ
КОМПОЗИЦИОННЫХ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ
ФТОРСОДЕРЖАЩИХ ПОЛИМЕРОВ И ОЛИГОМЕРОВ

05.17.06. — Технология и переработка пластических масс,
эластомеров и композитов

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Минск- 1998

+

Работа выполнена в Отделе Проблем Ресурсосбережения Национальной академии наук и Гродненском государственном университете им. Янки Купалы.

Научный руководитель

— доктор технических наук,
профессор Струк В.А.

Научный консультант

— доктор химических наук,
профессор Рогачев А.В.

Официальные оппоненты

— доктор технических наук,
профессор Пинчук Л.С.

— кандидат химических наук,
доцент Маркина А.Я.

Оппонирующая организация — научно-исследовательский институт
синтетического каучука им.
С.В. Лебедева Российской академии
наук (г. Санкт-Петербург)

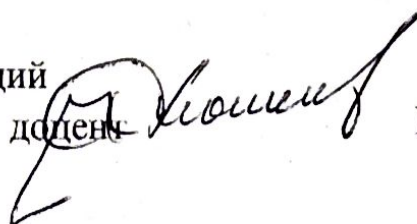
Защита состоится "3" ноября 1998 г. в 10 часов на заседании
Совета по защите диссертаций Д.02.08.04 в Белорусском государственном
технологическом университете, 220630, г. Минск, ул. Свердлова, 13а,
зал заседаний Ученого Совета, тел. 227-73-50.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского
государственного технологического университета.

Автореферат разослан "1" октября 1998 г.

Ученый секретарь

Совета по защите диссертаций
кандидат технических наук, доцент



В.Б. Снопков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. В современном машиностроении, а также в технологических процессах переработки пластических масс и эластомеров широко применяются тонкопленочные покрытия различного функционального назначения: противоизносные, антифрикционные, антиадгезионные, гидрофобизирующие и др. Толщина таких покрытий соответствует нанометровому диапазону и соизмерима с параметрами топографии гладких поверхностей. Особенно перспективны тонкие покрытия на основе фторсодержащих полимеров и олигомеров, обладающие комплексом уникальных эксплуатационных характеристик. Традиционные технологии нанесения многофункциональных пленок на рабочие поверхности деталей машин, механизмов и технологической оснастки на базе газоструйных, электростатических и других методов с применением дисперсных фторсодержащих полимеров неэффективны, вследствие высокой температуры плавления порошкообразных дисперсий и невозможности формировать тонкие пленки.

В последние годы все большее распространение получают методы формирования тонкопленочных покрытий, основанные на переводе полимерных молекул в активное состояние с последующим осаждением на твердой подложке. Для перевода макромолекул в активное состояние применяют методы плазмохимического инициирования и растворения олигомеров в летучих растворителях.

Тонкопленочные покрытия, сформированные из активной жидкой или газовой фазы, позволяют при сохранении геометрических параметров зазоров в сопряжениях деталей обеспечить существенное увеличение их технического ресурса. К сожалению, в настоящее время не существует единого подхода к разработке методологии формирования тонких пленок из активной фазы фторсодержащих полимеров и олигомеров на твердых подложках. Практически отсутствуют необходимые для оптимизации технологии данные о природе протекающих в поверхностных слоях физико-химических процессов, зависимости их кинетики от условий и режимов формирования тонких покрытий. Особый интерес представляют технологические аспекты формирования антиадгезионных, защитных и триботехнических покрытий на поверхности изделий в металлополимерных системах, изготовленных с использованием полимеров, эластомеров и углеродсодержащих материалов.

Связь работы с крупными научными программами, темами. Работа выполнена в соответствии с заданием 4.14 Республиканской научно-технической программы "Триботехника" (гос. рег. № 19962773), заданием 6.08 Республиканской научно-технической программы "Материал" (гос. рег. № 1997 3318).

Цель и задачи исследования. Целью настоящей работы является исследование технологических и сопровождающих их физико-химических процессов формирования тонкопленочных покрытий на основе фторсодержащих полимеров и олигомеров на рабочих поверхностях деталей, а также влияния этих процессов на эксплуатационные параметры металлополимерных подвижных сопряжений.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Изучить влияние технологических параметров и условий формирования на структуру и физико-химические характеристики тонкопленочных фторсодержащих покрытий.

2. Разработать феноменологическую модель структурного состояния тонких слоев полимеров и олигомеров, сформированных из активной среды на поверхностях твердых тел.

3. Оценить влияние технологических факторов формирования на функциональные свойства тонких покрытий из фторсодержащих олигомеров и полимеров.

4. Разработать технологические рекомендации по оптимизации технологических режимов нанесения тонкопленочных функциональных покрытий на детали металлополимерных узлов трения трибосистем и запорной арматуры, определить наиболее эффективные условия их эксплуатации.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования являются тонкие (толщиной до 5 мкм) фторсодержащие пленки, сформированные из активной газовой фазы методами плазмохимии и из растворов олигомеров в летучих растворителях на подложках различного состава.

Методология и методы проведенного исследования. При проведении исследований использовали: ИК-спектроскопию пропускания и МНПВО, ЭПР-спектроскопию, рентгеноструктурный анализ, дериватографию, электронную растровую, оптическую и атомно-силовую микроскопию, методы двухлучевой интерферометрии и СВЧ-излучения, специальные машины трения, а также натурные установки и стенды.

Научная новизна и значимость полученных результатов. Разработана феноменологическая модель формирования тонкопленочных покрытий на основе термопластичных полимеров и олигомеров из активной газовой фазы и разбавленных растворов. Получены аналитические выражения, описывающие кинетику формирования покрытий, структуру и свойства граничных слоев в зависимости от молекулярной подвижности активных фрагментов и активности твердой подложки.

Определены эффективные направления регулирования структуры и функциональных свойств тонких покрытий, основанные на управлении подвижностью и активностью молекулярных фрагментов технологи-

ческими приемами (температура, излучение, время формирования, концентрация раствора, строение олигомера и др.).

Установлен эффект ориентирующего действия силового поля твердой подложки, который обуславливает формирование из разбавленных растворов покрытий с различной степенью упорядочения и ориентации молекул по толщине и минимальной подвижностью на границе раздела с подложкой, на металлах (Cu, Al, Fe) и неметаллах (ПАБ, ПЭНД, СКТН).

Исследованы теплофизические характеристики изделий из термопластов и эластомеров, модифицированных тонкими пленками фторсодержащих олигомеров. Установлен эффект повышения стойкости к термоокислительному старению и термостойкости изделий из полимерных материалов после обработки фторсодержащими олигомерами.

Изучены триботехнические характеристики тонких олигомерных и полимерных пленок на металлических деталях узлов трения с поступательным и реверсивным характером движения. Установлено, что олигомерные пленки наиболее эффективны в трибосистемах, содержащих пластмассовые детали на основе высокомодульных и структурированных связующих. Для систем "формирующий инструмент-заготовка" тонкие пленки, независимо от молекулярной массы и строения, снижают адгезионное взаимодействие и увеличивают износостойкость.

Практическая (экономическая, социальная) значимость полученных результатов. Разработана технология формирования тонкопленочных покрытий различного функционального назначения (антифрикционных, антиадгезионных, гидрофобных, защитных и др.) на рабочих поверхностях деталей технологического оборудования и уплотнительных систем, в т.ч. запорной арматуры повышенной надежности. Разработанные покрытия увеличивают на 40-80 К термическую стойкость резиновых уплотнений газовой аппаратуры, снижают их адгезионное взаимодействие с металлическим гнездом и увеличивают коррозионную стойкость уплотняемого узла при повышенных температурах. Объем выпуска модифицированных уплотнений газовой аппаратуры составляет 220 тыс. комплектов в год.

Разработана технология нанесения защитных покрытий на рабочие элементы сальниковых уплотнений запорной арматуры повышенной надежности. Установлено, что тонкие пленки из фторсодержащих олигомеров повышают в 1,2-2 раза прочностные свойства герметизирующих элементов на основе модифицированного графита и углеграфитового волокна, повышают износостойкость, уменьшают их адгезионное взаимодействие с сопряженными деталями, вследствие увеличения гидрофобности и стойкости к воздействию агрессивных сред.

Разработаны композиционные покрытия на рабочих поверхностях инструмента для холодного деформирования металлов. Нанесение пленки

политетрафторэтилена или фторсодержащего олигомера на подложки высокой твердости (TiN, Cr) позволяет повысить износостойкость инструмента в 2-10 раз по сравнению с традиционными покрытиями и разделительными смазками. Тонкопленочные покрытия из фторсодержащих олигомеров снижают адгезионное взаимодействие литых или прессовых изделий из полимерных материалов с формообразующей поверхностью прессформы. Однократная обработка оформляющей поверхности литейной или прессовой формы обеспечивает возможность 8-10 циклов формования деталей без смазки. Одновременно повышается стойкость отформованных изделий к термоокислительному старению.

Разработаны нормативные документы, регламентирующие применение тонкопленочных покрытий в узлах трения уплотнений запорной арматуры и газовой аппаратуры.

Разработанная технология формирования тонкопленочных многофункциональных покрытий на деталях запорной арматуры и газовой аппаратуры позволяет повысить технические характеристики герметизирующих систем. Изделия с модифицирующими покрытиями прошли испытания и приняты к внедрению на ТЭЦ, ПО "Азот", Гродненском заводе автомобильных агрегатов и др. предприятиях. Создан технологический участок по нанесению фторсодержащих покрытий на детали уплотнений, мощностью 1 млн комплектов в год. От внедрения разработок в производство получен экономический эффект свыше 200 млн. рублей. На производственном объединении "Элорма" создано производство по выпуску сальниковых уплотнений с гидрофобным покрытием. Выпущена партия уплотнений стоимостью свыше 50 тыс. долларов США.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту.

- феноменологическая модель формирования структуры тонкопленочных покрытий из фазы с высокой подвижностью кинетических элементов, учитывающая их природу и процессы межфазного взаимодействия;
- технологические приемы регулирования процессов формирования тонких фторсодержащих слоев, основанные на энергетическом воздействии на процессы упорядочения, оптимизации толщины слоя и температуры формирования;
- особенности тонкой структуры покрытий из фторсодержащих полимеров и олигомеров, формируемых при различных технологических параметрах на металлических и неметаллических подложках;
- оптимальные по критериям износостойкости технологические режимы формирования тонких покрытий многофункционального назначения из фторсодержащих полимеров и олигомеров, наиболее рациональные области и режимы их высокоэффективного применения.

Личный вклад соискателя. Соискателем самостоятельно разработана технология нанесения тонкопленочных покрытий из фторсодержащих

полимеров и олигомеров на неметаллические подложки. Проведена экспериментальная проверка адекватности феноменологической модели формирования фторсодержащих многофункциональных покрытий из активной газовой фазы и разбавленных растворов. Исследованы эксплуатационные характеристики (триботехнические, защитные, теплофизические и др.) тонких покрытий на поверхностях трения деталей, в т.ч. запорной арматуры повышенной надежности. На НПО "Элорма" и Гродненском заводе автомобильных агрегатов при непосредственном участии соискателя созданы производственные участки по нанесению тонкопленочных покрытий на уплотнительные комплекты, применяемые в автомобильных агрегатах и газовой аппаратуре.

Апробация результатов диссертации. Основные результаты исследований были доложены и обсуждены на следующих научно-технических конференциях и симпозиумах:

Республиканская научно-техническая конференция "Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии" (Гродно, 1994, 1996, 1998 гг.); Первый Белорусский семинар по сканирующей зондовой микроскопии (Гомель, 1996 г.); Республиканская научно-техническая конференция "Физика конденсированных сред" (Гродно, 1997, 1998 гг.); Республиканская научно-техническая конференция "Современные материалы, оборудование и технологии упрочнения и восстановления деталей машин" (Новополоцк, 1997 г.); Международная научно-техническая конференция "Прогрессивные технологии машиностроения и современности" (Севастополь, 1997, 1998 гг.); Second Joint American-Eastern European Conference "New materials and technologies in tribology" (Minsk-Grodno-Warsaw, 1997); 11th International Colloquium "Industrial and Automotive Lubrication" (Esslingen, 1998); 5th International Symposium INSYCONT 98 (Cracow, 1998).

Опубликованность результатов. Основные результаты диссертации опубликованы в 8 статьях, 13 тезисах докладов научных конференций. Подана заявка на патент РБ № 0761 от 12.08.98. Общее количество страниц опубликованных материалов составляет 50 страниц.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, двух приложений. Изложена на 147 стр. Содержит 62 иллюстрации; 23 таблицы; приложения на 20 стр.; список использованных источников, включающий 119 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

В первой главе диссертации изложен анализ экспериментальных и теоретических исследований по технологии формирования тонкопленочных покрытий на основе термопластичных полимеров и олигомеров. В рамках релаксационно-диффузионной теории межфазных процессов

рассмотрены вероятные механизмы протекания физико-химических процессов в граничных слоях при формировании тонких покрытий. Показаны основные направления развития и совершенствования технологии тонкопленочных покрытий. Рассмотрены особенности структуры и свойств тонких полимерных покрытий на подложках из органических и неорганических материалов. Показано, что с помощью технологических приемов удастся регулировать не только кинетику формирования тонких пленок, но и их надмолекулярную структуру. Установлено, что основным параметром, влияющим на кинетику формирования и свойства покрытий, является подвижность молекулярных фрагментов, образующих активную фазу. Рассмотрены структурно-кинетические принципы создания тонкопленочных покрытий из фторсодержащих полимеров и олигомеров на металлических и неметаллических подложках. На основании результатов анализа литературных источников формулированы цель и задачи исследования.

Во второй главе диссертационной работы приведены методики формирования и исследований тонкопленочных покрытий.

Полимерные покрытия наносили из активной газовой фазы, полученной диспергированием политетрафторэтилена марки 4А и его модификаций. Тонкие олигомерные покрытия формировали из 1-2% растворов фторсодержащих олигомеров в хладоне-137, выпускаемых под торговой маркой "Фолеокс". Использованные олигомеры марок Ф-1, Ф-14, ФА и др. имели молекулярную массу от 2200 до 5000 и различались строением концевой группы. Для модельных экспериментов использовали полимерные материалы, многотоннажно выпускаемые промышленностью: полиолефины ПЭНД и ПЭВД, полиамид 6. В качестве материалов подложек использовали фольгу из стали 08 кп, алюминия А99, меди М-1. Тонкие покрытия также формировали на неметаллических подложках из углеграфитового волокна "Урал", гидрофобного графита, резины на основе бутадиеннитрильного каучука, термопластов (ПЭНД, ПА6), углепластиков марок УП6/20, УП6/30.

Структуру тонких пленок, сформированных различными методами, исследовали методом ИК-спектроскопии пропускания и МНПВО (UR-20, Spekord), рентгеноструктурного анализа (ДРОН-2), атомно-силовой (НАНОТОП-2), оптической (МИМ-10) и электронно-растровой микроскопии (Ieol-50A) по обычным методикам.

Теплофизические параметры покрытий определяли методом дифференциально-термического анализа при скорости нагрева 5 К/мин с помощью дериватографа Q-1500 при свободной циркуляции воздуха.

Толщину пленок, сформированных из активной газовой фазы или из раствора, оценивали весовым методом, а также методами оптической, электронной растровой и атомно-силовой микроскопии по традиционным и специальным методикам. Толщину граничных слоев, формируемых на

металлических подложках, оценивали методом импульсных вольт-амперных характеристик и СВЧ-зондированием с помощью оригинальных устройств. Толщину и дефектность пленок на твердых подложках определяли с помощью интерферограмм, полученных по теневому методу. Устойчивость фторсодержащих олигомеров к действию окислителей оценивали иодометрическим методом по окислению Fe(II).

Триботехнические характеристики тонких фторсодержащих пленок определяли на машине трения УМТ и специальных устройствах по схеме "вал-частичный вкладыш", "цилиндр-плоскость", "лента-цилиндр", "нить-цилиндр".

Гидрофобность покрытий оценивали по величине краевого угла смачивания по общепринятой методике. Коррозионную стойкость изделий с покрытиями из фторсодержащих полимеров и олигомеров оценивали потенциометрическим методом с помощью ускоренных испытаний и выдержки в соляном тумане при 333 К.

Физико-механические характеристики композиционных материалов на основе термопластов и углеродсодержащих материалов, обработанных фторсодержащими олигомерами, определяли по стандартным методикам используя разрывную машину типа ZD-4. Износостойкость и термическую стойкость изделий с модифицирующим слоем из фторсодержащих полимеров и олигомеров изучали на специальных стендах Гродненского завода автомобильных агрегатов и Новогрудского завода топливной аппаратуры, а также на серийных установках Гродненского ПО "Азот". Экспериментальные данные, обработанные методами математической статистики, представлены в виде таблиц и графиков.

Третья глава диссертационной работы посвящена исследованию влияния режимов формирования на структуру и свойства тонких пленок из фторсодержащих полимеров и олигомеров на подложках различной природы.

В рамках релаксационно-диффузионной теории межфазных процессов предложено описание процесса формирования тонкопленочных покрытий из активных фрагментов (АЦ). Рассмотрены две схемы формирования покрытия: а) покрытие расположено между поверхностями M_1 и M_2 ; б) покрытие находится на поверхности M_1 . Для первого случая получено выражение, позволяющее оценить влияние степени полярности молекулярных фрагментов (параметра P), толщины слоя (X) и природы поверхностей (B_1 и B_2), на структуру тонких слоев, оцениваемую по характеру распределения активных центров (N - их плотность):

$$\ln(N/N_0) - P(N - N_0) + 2/5(N^4 - N_0^4)P = B_1 \exp((-X) - 1) + B_2 [\exp(X - Z) - \exp(-Z)] \quad (1)$$

Для покрытий, сформированных на твердой поверхности (вторая схема), при $V_2=0$; выражение (1) приобретает вид:

$$\ln(N/N_0) - P(N - N_0) + 2/5 (N^4 - N_0^4) P = V_1 \exp((-X) - 1) \quad (2)$$

Анализ полученного выражения показывает, что у поверхности подложки формируется слой с высокой плотностью АЦ (рис.1). Количество АЦ на границе раздела фаз N_0 , определяющее величину адгезионного взаимодействия, зависит от соотношения параметров V_1 и P , а также толщины слоя. Увеличение потенциала поверхности (параметра V_1) и толщины слоя всегда сопровождается повышением N_0 . В целом повышение межмолекулярного взаимодействия в покрытии сопровождается, как правило, снижением энергии межфазного взаимодействия в системе покрытие-подложка. Данный вывод позволяет определить критерии оптимизации технологических режимов формирования тонкопленочных покрытий, т.к. свидетельствует о существовании оптимального соотношения между потенциалами межфазного и межмолекулярного взаимодействия.

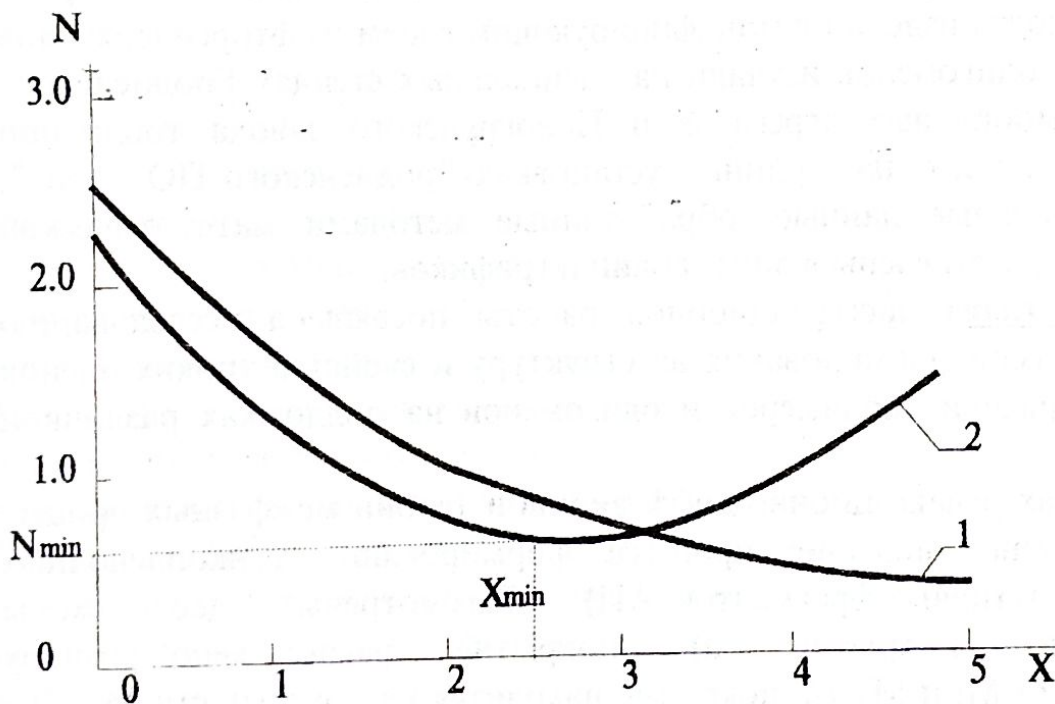


Рис.1. Распределение активных центров по толщине слоя в системах "металл-покрытие" (1) и "металл-пленка-металл" (2).

Увеличение толщины тонких покрытий сопровождается повышением адгезионного взаимодействия и поверхностной энергии пленки. При формировании тонкопленочного слоя между двумя твердыми подложками одновременно сказывается действие поверхностных энергий двух контактирующих поверхностей, для которых, в общем случае, $V_1 \neq V_2$. Тогда проведя математические преобразования, можно показать, что на

некотором расстоянии $X_m = 1/2(Z + \ln(B_1/B_2))$ образуется слой с минимальной плотностью АЦ:

$$N_m = 5/3 P \{ (B_1 B_2)^{1/2} \exp(-Z/2) - (B_1 + B_2) / Z (1 - \exp(-Z)) \} \quad (3)$$

При этом увеличение адгезионного взаимодействия (рост числа B_1 или B_2) сопровождается снижением N_{\min} (рис.1). Слой с минимальным значением когезионной прочности будет иметь минимальное сопротивление при сдвигу. Именно слой с N_{\min} будет определять усилие разрушения адгезионных соединений. Из выражения 3 следует, что повышение прочности адгезионного соединения за счет роста межмолекулярного взаимодействия на границах пленки с поверхностями M_1 и M_2 не всегда является благоприятным технологическим приемом. Важным следствием предложенной модели является возможность проявления в системах "М₁ - пленка - М₂" индукционного эффекта, заключающегося во влиянии поверхностной энергии одного из субстратов на адгезионное взаимодействие пленки с поверхностью другого. Характер и величина этого влияния в общем случае зависят от таких технологических факторов, как температура, толщина слоя, соотношение поверхностных энергий поверхностей M_1 и M_2 . Анализ полученных выражений позволил сделать важные для практики выводы и определить основные направления оптимизации технологических параметров формирования тонкопленочных покрытий на поверхностях твердых тел различной природы. Разработанная модель согласуется с экспериментальными данными.

Установлено, что для тонких пленок, сформированных из разбавленных растворов "Фолеокс" толщиной от 0,3 до 1,2 мкм, характерно увеличение толщины с увеличением полярности молекулы олигомера при однократной обработке. Визуализация пленок методом двухлучевой интерферометрии позволила установить неоднородность структуры и наличие дефектных участков с размерами до 100-200 мкм. Гладкие неактивные подложки не способствуют формированию сплошных однородных пленок. Тонкие пленки на неметаллических полимерных подложках качественно изменяют топографию поверхности, уменьшая ее шероховатость. Это подтверждает вывод о существенном влиянии поверхностной энергии на толщину и сплошность формируемых пленок. Методом ЭПР-спектроскопии установлено, что в системах "М₁-покрытие" подвижность фрагментов молекул зависит от толщины пленки и имеет минимальное значение вблизи границы с твердой поверхностью (рис.2). Аналогичный вывод получен при исследовании толщины приэлектродного слоя методом СВЧ-зондирования. Эксперименты свидетельствуют о существенном влиянии поверхностного состояния

подложки на толщину формируемого покрытия. Методом ИК-спектроскопии установлено, что при формировании пленок из растворов наблюдается упорядочение молекул олигомера под действием силового поля поверхности. Граничные слои ориентируются перпендикулярно поверхности подложки.

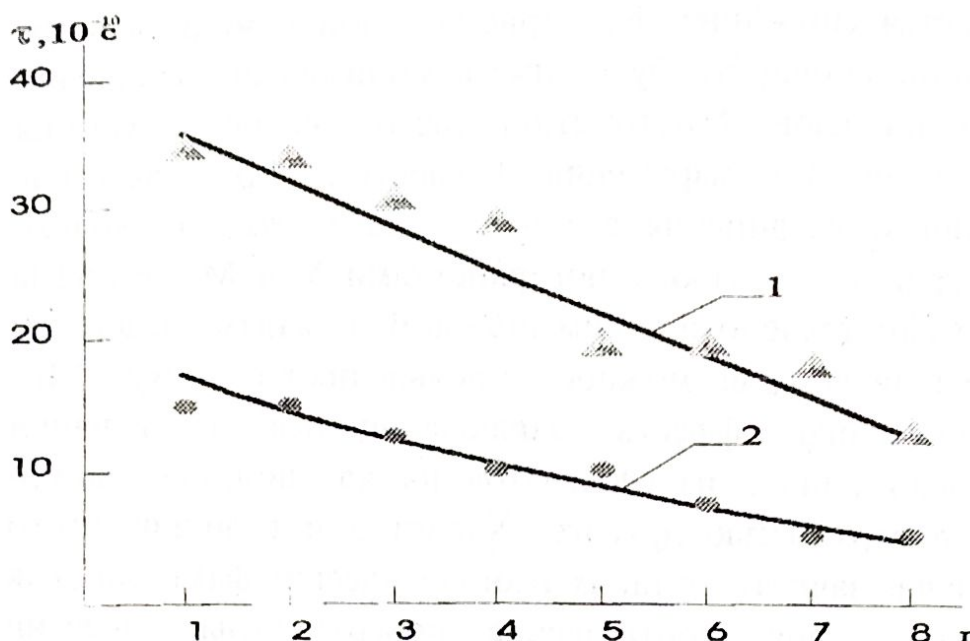


Рис.2:- Зависимость молекулярной подвижности (показатель τ) олигомерной пленки "Фолеокс" от количества обработок на подложках из меди М-1 (1) и полиамида ПК-4 (2).

С увеличением толщины покрытия ориентационные эффекты ослабевают, что подтверждает анализ выражения (1). Воздействие технологических факторов формирования (температура, время энергетического воздействия, концентрация раствора) приводит к изменению ориентационных процессов в тонких олигомерных пленках на металлических подложках. Наблюдается зависимость значения показателя дихроизма $D_{||}/D_{\perp}$ от химической природы подложки и величины технологических параметров, обусловленная вторичными процессами окисления, кристаллизации, сшивки, циклизации. Вероятность протекания таких процессов подтверждена данными ИК-спектроскопии и исследованием кинетики образования оксидных соединений с помощью дозиметра Фрике.

Структура тонкопленочных покрытий на неметаллических подложках также зависит от технологических режимов формирования. Увеличение температуры в диапазоне 293-573 К или дозы воздействия мягкого рентгеновского излучения приводят к формированию на поверхности резины и углеродистых композиций квазикристаллических

структур. Это существенно изменяет величину удельной поверхности модифицированного образца и функциональные свойства покрытий.

Таким образом, экспериментальная оценка предложенной феноменологической модели формирования тонкопленочных покрытий подтвердила ее адекватность и возможность реализации в технологиях.

Четвертая глава посвящена исследованию функциональных характеристик тонкопленочных покрытий на основе фторсодержащих полимеров и олигомеров в металлополимерных системах.

В металлополимерных узлах трения на подшипнике, который изготовлен из низкокомодульных термопластов, олигомерные покрытия малоэффективны, т.к. незначительно снижают коэффициент трения, но существенно увеличивают износ. Это, по-видимому, вызвано образованием низкокогезионного слоя в полимерном образце вследствие влияния поверхностных энергий контактирующих поверхностей. Экспериментальные результаты подтверждают адекватность предложенной в главе 3 модели.

При нанесении тонких пленок олигомеров "Фолеокс" на поверхность трения контртел из более высококомодульных материалов (эпоксидной смолы ЭД-20, полиэфирной смолы ПН-12) значительно снижаются коэффициент трения и износ контртел парях с металлом. Положительный эффект проявляется как при трении со смазкой так и в парях, эксплуатируемых в режиме сухого трения. При этом полярные олигомеры типа Ф-1 более эффективны, чем неполярные (ФА, Ф-14), что обусловлено большей адгезионной прочностью формируемых пленок на трущихся поверхностях.

Триботехнические характеристики олигомерных покрытий существенно зависят от толщины. Покрытия различной толщины формировали многократной обработкой поверхностей трения 1-2% раствором олигомера или изменяя концентрацию раствора в диапазоне 1-10 мас%. Установлено, что коэффициент трения в зависимости от толщины пленки, концентрации раствора изменяется экстремально как в парях "металл-металл" так и в парях "металл-полимер". Минимум зависимости $f_{тр} = f(C)$ находится в области 3-4 мас% или при 2-3-х кратной обработке деталей трения в 1% растворе олигомера и не изменяется при введении в зону трения смазочной жидкости.

Тонкопленочные покрытия обеспечивают устойчивую работу пары в течение значительного времени как при эксплуатации без смазки, так и со смазкой. В последнем случае коэффициент трения при этом достигает некоторого стабильного значения и не изменяется длительное время. Характерно, что продукты износа таких пар представляют собой металлополимерные агрегаты, включающие фрагменты олигомерных пленок и

высокодисперсные частицы металла контртела. Тонкие покрытия эффективны как при поступательном так и при реверсивном характере движения в парах "металл-металл" и "металл-полимер". Наибольший эффект улучшения триботехнических характеристик проявляется в тяжело нагруженных низкоскоростных узлах трения ($p=0,1-4,5$ МПа, $V=0,01-0,02$ м/с) с реверсивным характером движения. Энергетическое воздействие на тонкие олигомерные пленки путем нагревания и облучения неоднозначно влияет на их триботехнические характеристики. Для пар трения с использованием низко модульных материалов коэффициент трения возрастает после энергетического воздействия на сформированное покрытие, а для пар трения с материалами большой прочности - снижается. Очевидно, в этом случае в объеме пленки формируется вторичная надмолекулярная структура, которая приводит к образованию граничного слоя с малым сопротивлением сдвигу. Тонкопленочные покрытия на основе олигомеров "Фолеокс" и политетрафторэтилена обеспечивают повышение других служебных характеристик металло-полимерных трибосистем. Установлено, что обработка уплотнителей на основе резин различного состава увеличивает их гидрофобность и снижает набухание в герметизируемых жидкостях. Методом ДТА установлено, что термическая стойкость модифицированных резин возрастает на 40-80 К, что обусловлено не только собственной высокой термостойкостью олигомеров, но и их диффузией в поверхностный слой изделия. Аналогичный эффект достигнут при плазмохимическом модифицировании резиновых изделий тонкими пленками политетрафторэтилена.

Исследованы эксплуатационные характеристики углеграфитовых материалов, модифицированных тонкопленочными покрытиями из фторсодержащих олигомеров "Фолеокс". Установлено, что нанесение покрытий толщиной 0,8-1,2 мкм на углеграфитовые волокна типа "Урал" и углеграфитовые материалы типа "Графлекс" увеличивает их устойчивость в высокоагрессивных средах (конц. кислоты H_2SO_4 , HCl , HNO_3), повышает термостойкость на 50-70 К и значение энергии активации термоокислительной деструкции на 20-30%. Одновременно увеличивается износостойкость изделий из углеграфитовых материалов и снижается их адгезионное взаимодействие с металлическим контртелом. Многофункциональные тонкопленочные покрытия на основе олигомеров могут быть использованы для обработки изделий из композиционных углеграфитовых материалов и углеродных наполнителей антифрикционных композитов с целью повышения их эксплуатационных характеристик.

Изучена возможность применения тонкопленочных покрытий в специфических трибосистемах "формирующий инструмент—металлические

заготовки" в процессе холодного деформирования металлов. Установлено, что нанесение полимерной (ПТФЭ) или олигомерной пленки (Ф-1, Ф-14) на твердую подложку (TiN, "твердый хром") формирующего инструмента не только увеличивает стойкость инструмента в 2-10 раз, но и повышает качество обработанной поверхности. Эффект обусловлен образованием разделительного слоя с высокой прочностью на сжатие и низким сопротивлением сдвигу. Проведенные исследования позволили разработать технологию нанесения тонкопленочных фторсодержащих покрытий заданного функционального назначения на детали металлополимерных систем машин, инструмента и технологического оборудования.

Пятая глава диссертации содержит результаты опытно-промышленной проверки покрытий в трибосистемах различного функционального назначения. Обработка штоков в компрессорах марок Р-904-А и Р-102-С на Гродненском ПО "Азот" позволило увеличить их технический ресурс работы в парах с уплотнителем из композиционного материала "Флубон" в 2,5-5 раз, что обеспечило экономический эффект в размере 134 млн. рублей (в ценах на 01.01.1997 г.). На поверхностях трения формируется устойчивая пленка из продуктов трибохимических реакций материала покрытия с "Флубоном" способствующая повышению износостойкости узла. Антифрикционные композиционные покрытия на основе нитрида титана или хрома, модифицированного ультрадисперсными кластерами синтетического углерода (наноалмазами), с противозадирным слоем из ПТФЭ или олигомера марок Ф-1, Ф-14 позволили увеличить долговечность инструмента до 10 раз и получить экономический эффект более 2 млн. рублей на один комплект. Изучены служебные характеристики уплотнительных комплектов терморегуляторов, выпускаемых Новогрудским заводом топливной аппаратуры. Уплотнения с покрытием из ПТФЭ и олигомеров "Фолеокс" обеспечили безотказную работу терморегуляторов в течение всего срока испытаний и рекомендованы к промышленному внедрению. Годовой объем выпуска уплотнений на АО НЗТА составляет 200 тыс. комплектов. Расчетный экономический эффект от внедрения составит свыше 220 млн. рублей. Сальниковые уплотнительные комплекты запорной арматуры повышенной надежности прошли опытно-промышленную проверку на теплоэлектроцентралях г. Минска, Гродно, Гомеля. Новые уплотнители обеспечивают безотказную эксплуатацию арматуры без обслуживания в течение не менее 30 тыс. ч. работы при температурах рабочей среды до 773 К и давлениях до 50 МПа. Уплотнения из углеграфитовых материалов с защитным покрытием прошли испытания в узлах технологического оборудования Гродненского ПО "Азот" и рекомендованы к внедрению. Выпущена промышленная партия уплотнений общей стоимостью свыше 50 тыс. долларов США.

Разработаны нормативные документы по применению многофункциональных покрытий и изделий с покрытиями в технологических процессах обработки металлов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В рамках релаксационно-диффузионной теории межфазных процессов дано описание закономерностей формирования тонкопленочных полимерных покрытий из активной фазы полимеров и олигомеров на твердых подложках различной природы. Получены аналитические выражения для распределения активных фрагментов в покрытиях в зависимости от технологических факторов формирования покрытия, его толщины, природы твердых поверхностей и материала слоя.

Проведен анализ влияния структуры, полярности полимерных молекул, поверхностной энергии твердой подложки на свойства тонких пленок в системах "металл-покрытие" и "металл-пленка-металл". Показано, что увеличение полярности макромолекул приводит к снижению числа адгезионных связей на границе раздела фаз. Структура и свойства тонких полимерных слоев зависят от поверхностной энергии подложки (параметров V_1 и V_2) и покрытия. Увеличение параметров V_1 или V_2 для систем "металл-покрытие" снижает поверхностную энергию покрытия. В системах "металл-пленка-металл" проявляется индукционный эффект, заключающийся во влиянии поверхностной энергии одного из субстратов на адгезию пленки к другому субстрату, и благодаря этому образуется зона с минимальной когезионной прочностью, оказывающая влияние на триботехнические и адгезионные характеристики системы. Адекватность полученных аналитических выражений подтверждена экспериментально [3, 13].

2. Исследовано влияние технологических факторов (температуры, дозы рентгеновского излучения, концентрации активной фазы) на структуру и свойства тонких покрытий из фторсодержащих олигомеров на металлах и неметаллах. Установлено, что при формировании олигомерных пленок "Фолеокс" на металлах и неметаллах образуются граничные слои с минимальной подвижностью макромолекул. С увеличением толщины пленки и дозы энергетического воздействия ориентационное влияние твердой подложки уменьшается и превалирующее влияние на структуру и свойства пленок оказывают надмолекулярные образования. [4, 10, 15].

3. Проведены комплексные исследования структуры и свойств тонкопленочных покрытий на неметаллических материалах. Установлено, что независимо от молекулярной структуры олигомеры "Фолеокс" образуют устойчивые пленки, изменяющие адсорбционную активность поверхностных слоев углеграфитовых композиционных материалов, волокон,

резино-технических изделий в процессах взаимодействия с эксплуатационными средами. Полярные олигомеры (Ф-1, Ф-8) более эффективны, чем неполярные (Ф-14). Модифицированные изделия обладают высокой гидрофобностью, устойчивостью к воздействию термоокислительных и агрессивных сред, в сочетании с износостойкостью [2, 9, 11, 12, 20].

4. Исследовано влияние технологических аспектов формирования тонкопленочных покрытий из олигомеров "Фолеокс" на триботехнические характеристики металлополимерных трибосистем. Установлено, что при использовании контртел из низкомолекулярных полимерных материалов олигомерные пленки увеличивают адгезионное взаимодействие деталей трения и износ металлополимерных узлов трения. В узлах с контртелами на основе структурированных олигомеров (ЭД-20, ПН-1) покрытия "Фолеокс" снижают коэффициент трения и интенсивность изнашивания как при трении без смазки так и со смазкой [5, 1, 14, 18].

5. Рассмотрена возможность применения тонкопленочных фторсодержащих покрытий в качестве противозадирных в формующем инструменте холодного деформирования металлов. Показано, что полимерные и олигомерные пленки толщиной 0,2-1,2 мкм на подложках из нитрида титана или модифицированного хрома уменьшают адгезионное взаимодействие на границе раздела "формующий инструмент-заготовка", что увеличивает износостойкость инструмента и качество обрабатываемой поверхности. [17, 19].

6. Разработаны рекомендации по оптимальным режимам формирования и определена область применения тонкопленочных покрытий из фторсодержащих полимеров и олигомеров в узлах трения технологического оборудования, формообразующего инструмента, конструкциях терморегулирующих систем промышленных теплоцентралей. Разработаны новые типы формующего инструмента с противозадирным покрытием, уплотнительных комплектов с повышенной стойкостью к воздействию рабочих сред и деталей трения с повышенной износостойкостью [11, 6, 16, 17, 7, 21].

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

1. Струк В.А., Богданович П.Н., Овчинников Е.В., Губанов В.А., Бойко Ю.С. Влияние строения фторсодержащих олигомеров на фрикционные свойства низкоскоростных узлов трения // Трение и износ.- 1996, т.17, № 3.-С. 386-390.

2. Малевич А.М., Овчинников Е.В., Бойко Ю.С., Струк В.А. Триботехнические характеристики ПТФЭ модифицированного

кластерами синтетического углерода // Трение и износ.-1998, т.19, №3, С. 366-369.

3. Потеха В.А., Рогачев А.В., Сидорский С.С., Напреев И.С., Бойко Ю.С. Оптимизация условий эксплуатации покрытий эпилама // Физика и технология тонкопленочных материалов: Сб.ст. / БелГУТ; Под общ. ред А.В. Рогачева.- Гомель, 1994.- вып.2.- С.-21-28.

4. Ю.С.Бойко, М.В. Буй, Е.В. Овчинников, А.В. Рогачев, В.А. Струк. Влияние радиационной обработки полимеров на их триботехнические свойства // Физика и технология тонкопленочных материалов: Сб.ст. / БелГУТ; Под общ. ред А.В. Рогачева. -Гомель, 1996.- вып.3.- С .61-66.

5. П.Н. Богданович, Е.В Овчинников, В.А. Струк, Ю.С. Бойко. Влияние фторсодержащих олигомеров на фрикционные свойства низкоскоростных металлополимерных пар // Физика и технология тонкопленочных материалов: Сб.ст. / БелГУТ; Под общ. ред А.В. Рогачева. -Гомель, 1996.- вып.3.- С. 131-137.

6. Struk V.A., Ovchinnikov E.V., Bojko U.S. Strukture and Tribotecnical Propeties of the Thin Films of Fluorine Containning Oligomers // IOP 97 / Akademija Politechnitna.-Bialystok, 1997.-P. 549-551.

7. V.A. Struk., E.V. Ovchinnikov, O.V. Cholodilov and U.S. Boiko Lubricating Properties of Thin Film Coatings on the Basis of Fluorine Oligomers // Industrial and Automotive Lubrication: 11th International Colloquium, Esslingen, 13-15 January 1998./ Technische Akademie Esslingen.- Esslingen, 1998. - Band/Vol. 2, P. 1059-1064.

8. Struk V.A., Rogachev A.V., Ovchinnikow Ye.V., Boyko Yu.S. Tribotechnical aspect of thin-film coating formation and usage on the basis of fluorine-cjntaining polymers and oligomers// Problemy eksploatacji: 5th International Symposium INSYCONT 98, Cracow, 16-18 September 1998/Institute for Terotechnology.- Cracow, 1998.- Band/Vol. 3, P. 291-299.

9. Бойко Ю.С. Методы поверхностного модифицирования резинотехнических изделий с целью улучшения их триботехнических свойств // Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии: Тез. докл. респ. конф., Гродно, 28-30 июня. 1994 г. / Акад. наук Респ. Беларусь. Отдел проблем ресурсосбер. АНБ.-Гродно, 1994.- С.-113.

10. Сенько А.Ф., Тройчанская П. Е., Бойко Ю.С., Губанов В.А., Герман А.Е., Овчинников Е.В. Морфология пленок фторсодержащих олигомеров при предварительном энергетическом воздействии // Первый Белорусский семинар по сканирующей зондовой микроскопии: Тез. докладов респ. конф., Гомель 25-26 апр. 1996 г./ Ин-т механики металлополимер. систем им. В.А. Белого.-Гомель, 1996-С. 12.

11. Рогачев А.В., Струк В.А., Казаченко В.П., Бойко Ю.С. Термостойкие и химически стойкие материалы для уплотнений запорной арматуры повышенной надежности // Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии: Тез. докл. респ. конф., Гродно, 8-9 октября 1996 г. /

Акад. наук Респ. Беларусь. Отдел проблем ресурсосбер. АНБ.-Гродно, 1996.-С. 128.

12. Бойко Ю.С., Овчинников Е.В. Противоизносные покрытия для уплотнительных деталей запорной арматуры и узлов трения автомобилей // Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии: Тез. докл. респ. конф., Гродно, 8-9 октября 1996 г. / Акад. наук Респ. Беларусь. Отдел проблем ресурсосбер. АНБ.-Гродно, 1996.- С. 132.

13. Рогачев А.В., Казаченко В.П., Струк В.А., Бойко Ю.С. Плазмохимические полимерные покрытия триботехнического назначения // НМТТ-97: Тез. докл. м-н. конф./ Инфотрибо, ИММС АНБ.- Minsk-Grodno-Warsaw.-1997- С. 58.

14. Бойко Ю.С. Триботехнические свойства тонких пленок фторсодержащих олигомеров в металлополимерных узлах трения // Физика конденсированных сред: Тез докл. с респ. конф, Гродно, 21-25 апр.1997 г./Мин-во обр. Респ. Беларусь. ГрГУ.-Гродно, 1997.-С. 13.

15. Бойко Ю.С. Особенности структуры тонких пленок фторсодержащих олигомеров, полученных из растворов и активной газовой фазы // Физика конденсированных сред: Тез докл. с респ. конф., Гродно, 21-25 апр.1997 г./Мин-во обр. Респ. Беларусь. ГрГУ.-Гродно, 1997.-С. 14.

16. Струк В.А., Овчинников Е.В., Бойко Ю.С. Триботехнические материалы для прецизионных узлов трения // Современные материалы, оборудование и технологии упрочнения и восстановления деталей машин: Тез. докл. респ., конф., Новополоцк, 23-25 апр. 1997 г. / Новополоцкий политех. ун-т.-Новополоцк, 1997.-С. 8.

17. Струк В.А., Лешик С.Д., Мамончик А.И., Бойко Ю.С. Композиционные многослойные покрытия на основе модифицированного хрома для инструментов технологической оснастки // Прогрессивные технологии машиностроения и современность: Тез. докл. м-н. конф., Севастополь, 8-12 сентября 1997 г. / Мин-во Украины по делам науки и техники. Донецкий политех. ун-т.- Севастополь, 1997- С. 231.

18. Струк В.А., Овчинников Е.В., Бойко Ю.С., Кошко Д.Г., Матюшенко В.Я. Триботехнические покрытия для тяжелонагруженных реверсивных узлов трения технологического оборудования // Прогрессивные технологии машиностроения и современность: Тез. докл. м-н. конф., Севастополь, 8-12 сентября 1997 г./ Мин-во Украины по делам науки и техники. Донецкий политех. ун-т.-Севастополь, 1997.-С. 232.

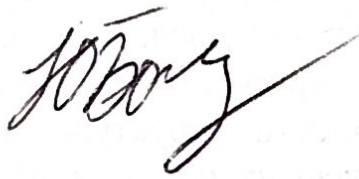
19. Бойко Ю.С. Особенности структуры и свойств композиционных покрытий на основе нитрида титана // Физика конденсированных сред: Тез докл. с респ. конф, Гродно, 12-14 апр. 1998 г./ Мин-во обр. Респ. Беларусь. ГрГУ.-Гродно, 1998.-С. 19.

20. Бойко Ю.С. Углеродные композиционные материалы для сальниковых уплотнений запорной арматуры повышенной надежности // Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии: Тез. докл. респ.

конф., Гродно, 25-26 июня 1998 г. / Акад. наук Респ. Беларусь. Отдел проблем ресурсосбер. АНБ.-Гродно, 1998-С. 188.

21. Овчинников Е.В., Бойко Ю.С. Олигомерные тонкопленочные покрытия для деталей трения уплотнительных систем: Тез. докл. м-н. конф., Севастополь, 8-11 сентября 1998 г./ Мин-во Украины по делам науки и техники. Донецкий политех. ун-т.- Севастополь, 1998- С. 267-268.

22. Заявка на патент Республики Беларусь № 0761 от 12.08.98. Способ нанесения антифрикционных и противоизносных фторсодержащих полимерных покрытий. Струк В.А., Овчинников Е.В., Бойко Ю.С. и др.



РЭЗІЮМЕ

БОЙКА Юрый Сяргейвіч

**ТЭХНАЛАГІЧНЫЯ АСАБЛІВАСЦІ ФАРМІРАВАННЯ КАМПАЗІЦЫЙНЫХ
ТОНКАПЛЕВАЧНЫХ ПАКРЫЦЦЯЎ НА ПАДСТАВЕ ФТОРУТРЫМЛІВАЮЧЫХ
ПАЛІМЕРАЎ І АЛІГАМЕРАЎ**

ФТОРУТРЫМЛІВАЮЧЫЯ АЛІГАМЕРЫ, ПОЛІТЭТРАФТОРЭТЫЛЕН, ТЭХНАЛОГІЯ
ФАРМІРАВАННЯ, ПЛАЗМАХІМІЧНАЕ МАДЫФІКАВАННЕ, РАСТВОРЫ
АЛІГАМЕРАЎ, ЭНЕРГЕТЫЧНАЕ ЁЗДЗЕЯННЕ, ТОНКІЯ ПАКРЫЦЦІ, СТРУКТУРА,
УЛАСЦІВАСЦІ, ТРЭННЕ, МЕТАЛАПАЛІМЕРНЫЯ СІСТЭМЫ

Аб'ект даследавання-тонкія фторутрымліваючыя плёўкі на падставе політэтрафторэтылену і фторутрымліваючых алігамераў.

Мэта работы — даследаванне фізіка-хімічных і тэхналагічных асаблівасцяў фарміравання тонкіх пакрыццяў на падставе фторутрымліваючых палімераў і алігамераў на паверхнях трэння і іх уплыву на эксплуатацыйныя параметры металапалімерных трыбасістэм.

У межах рэлаксацыйна-дыфузійнай тэорыі міжфазавых працэсаў распрацавана феноменалагічная мадэль фарміравання тонкаплевачных пакрыццяў на цвёрдых падложках рознай прыроды. Атрыманы аналітычныя выразы размеркавання актыўных фрагментаў у пакрыццях у залежнасці ад структуры металапалімерных сістэм і тэхналагічных фактараў фарміравання.

Даследаваны уплыў тэхналагічных фактараў (тэмпературы, асяроддзя, дозы энергетычнага ўздзеяння, канцэнтрацыі раствораў) на структуру і ўласцівасці плевак фторутрымліваючых палімераў і алігамераў на металах і неметалах.

Устаноўлены тэхналагічныя рэжымы фарміравання плевак з заданай адгезійнай і кагезійнай трываласцю.

Праведзены комплексныя даследаванні службовых, у тым ліку, трыбатэхнічных уласцівасцей плевак алігамераў у металапалімерных сістэмах.

Устаноўлены асаблівасці забеспячэння гідрафобнага, антыакісляльнага, супрацьзноснага дзеяння тонкіх плевак на неметалічных матэрыялах у залежнасці ад іх будовы і тэхналогіі фарміравання.

Праведзена вопытна-прамысловая праверка эфектыўнасці прымянення тонкаплевачных пакрыццяў з фторутрымліваючых палімераў і алігамераў у канструкцыях трыбатэхнічных і тэрмарэгулюючых сістэм. Атрыманы значны эканамічны эфект ад прымянення распрацовак.

БОЙКО Юрий Сергеевич

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ
КОМПОЗИЦИОННЫХ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ
ФТОРСОДЕРЖАЩИХ ПОЛИМЕРОВ И ОЛИГОМЕРОВ.**

ФТОРСОДЕРЖАЩИЕ ОЛИГОМЕРЫ, ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕН, ТЕХНОЛОГИЯ
ФОРМИРОВАНИЯ, ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ, РАСТВОРЫ
ОЛИГОМЕРОВ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ, ТОНКИЕ ПОКРЫТИЯ,
СТРУКТУРА, СВОЙСТВА, ТРЕНИЕ, МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

Объект исследования—тонкие пленки на основе политетрафторэтилена и фторсодержащих олигомеров.

Цель работы—исследование физико-химических аспектов и технологических особенностей формирования тонких покрытий на основе фторсодержащих полимеров и олигомеров на поверхностях трения и их влияния на эксплуатационные параметры металлополимерных трибосистем.

В рамках релаксационно-диффузионной теории межфазных процессов разработана феноменологическая модель формирования тонкопленочных покрытий из активной фазы на твердых подложках различной природы. Получены аналитические выражения распределения активных фрагментов в покрытиях в зависимости от структуры металлополимерных систем и технологических факторов формирования. Анализ разработанной модели позволил установить зависимость свойств пленок от структуры, полярности молекул и поверхностной энергии подложки.

Установлено влияние технологических факторов (температуры, среды, дозы энергетического воздействия, концентрации растворов) на структуру и свойства пленок фторсодержащих полимеров и олигомеров на металлах и неметаллах.

Установлены технологические режимы формирования пленок с заданной адгезионной и когезионной прочностью.

Проведены комплексные исследования служебных, в том числе, триботехнических свойств пленок олигомеров в металлополимерных системах.

Установлены особенности обеспечения гидрофобного, антиокислительного, противоизносного действия тонких пленок на неметаллических материалах в зависимости от их строения и технологии формирования.

Проведена опытно-промышленная проверка эффективности применения тонкопленочных покрытий из фторсодержащих полимеров и олигомеров в конструкциях триботехнических и терморегулирующих систем. Получен значительный экономический эффект от применения разработок.

SUMMARY

Boiko Juri Sergeevich

**TECHNOLOGICAL PECULIARITIES OF FORMATION OF
COMPOSITE THIN FILM COATINGS ON THE BASIS OF FLUORINE-
CONTAINING POLYMERS AND OLIGOMERS**

FLUORINE-CONTAINING OLIGOMERS, POLYTETRAFLUORINETHYLENE, TECHNOLOGY OF FORMATION, PLASMOCHEMICAL MODIFICATIONS, OLIGOMER SOLUTIONS, ENERGY IMPACT, THIN COATINGS, STRUCTURE, PROPERTIES, FRICTION, METAL-POLYMER SYSTEMS

The subject of study is thin films on the basis of polytetrafluorinethylene, and fluorine-containing oligomers.

The aim of the present paper is the investigation of physical and chemical aspects and technological peculiarities of the formation of thin coatings on the basic of fluorine-containing polymers and oligomers on the friction surfaces and their influence on the operational parameters of metal-polymers tribosystems.

In the terms of relaxation diffysion theory of interphase processes the phenomenological model was developed for the formation of thin film coatings from the active phase on the solid surfaces of varions nature. Analytical expressions of active fragments distribution in coatings depending from the structure of metal-polymer systems and technological factors of formations were acquired.

The influence of technological factors (temperature, medium, energy influens doses, solutions concentration) on the structure and properties of fluorine-containing polymer and oligomer films on the metals and non-metals was established.

The technological regimes of formation of films with the given adhesive and cohesive durability were defined.

The complex investigations of operational, including tribotechnical, properties of oligomer films in metal-polymers systems were ander taken.

The peculiarities of providing of hydrophobic, anti-oxidant and anti-wear effect of thin films on non-metallic substances depending on their structure and formation technology were established.

The experimental industrial testing of the effeciency of application of thin film coatings from fluorine-containing polymers and oligomers in tribotechnical and termoregulated systems structures was carried out. The economical effect from the application of the working out of the problem was considerable.

Подписано в печать 25.09.98. Бумага офсетная. Формат 60x84 /16.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,22. Уч.-изд. л. 1,05.
Тираж 100 экз. Заказ 103.

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы.
ЛВ №96 от 02.12.97 г.
Ул.Ожешко, 22, 230023, Гродно.

Отпечатано на технике издательского отдела Гродненского
государственного университета имени Янки Купалы.
ЛП №111 от 29.12.97 г.
Ул.Ожешко, 22, 230023, Гродно.