

678
К64

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 673.073:620.19

КОНОПЛЯНИК Александр Иванович

РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ
ЭПОКСИФУРАНОВЫХ ОЛИГОМЕРОВ ДЛЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ
ДЕТАЛЕЙ ГОРНЫХ МАШИН

05.17.06 – Технология и переработка
полимеров и композитов

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Минск 2003

Работа выполнена в ЗАО «Солигорский Институт
проблем ресурсосбережения с Опытным производством»

- Научные руководители: доктор технических наук, профессор
В.Я.Прушак, технический директор
ЗАО «Солигорский Институт проблем
ресурсосбережения с Опытным
производством»
- Официальные оппоненты: доктор технических наук профессор
В.А.Струк, заведующий кафедрой
«Материаловедения и ресурсосберегающих
технологий» УО «Гродненский
государственный университет им. Янки
Купалы»
- кандидат химических наук Т.Ф.Кузнецова,
старший научный сотрудник
лаборатории адсорбентов и катализаторов
Института общей и неорганической химии
НАН Беларуси
- Оппонирующая организация: УО «Белорусский государственный
университет транспорта» (г. Гомель)

Защита состоится 24 апреля 2003 г. в 14⁰⁰ часов на заседании совета по
защите диссертаций Д 02.08.04 в УО «Белорусский государственный
технологический университет», 220050, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, зал
заседаний Ученого совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке УО «Белорусский
государственный технологический университет»

Автореферат разослан 24 марта 2003 г.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций
кандидат технических наук



О.Я. Толкач

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Ужесточение условий эксплуатации и постоянный рост требований, предъявляемых к деталям горных машин, обуславливает необходимость создания покрытий, обладающих не только хорошими физико-механическими и адгезионными характеристиками, но и высокими стойкостью к воздействию агрессивных сред и сопротивлением изнашиванию. Эта проблема особенно актуальна для машин, эксплуатирующихся в коррозионно-активных средах. Ее решение возможно путем разработки новых полимерных композиционных материалов (ПКМ) и методов управления их свойствами. Перспективными в этом плане являются материалы на основе модифицированных эпоксидных полимеров, наполненных высокопористыми адсорбционно-активными и алюмосиликатами.

Эффективным направлением управления свойствами таких композиций является адсорбционное модифицирование частиц наполнителя высокомолекулярными компонентами, позволяющее регулировать процесс структурирования олигомера, строение и свойства межфазного слоя. Однако физико-химические процессы, протекающие на границе раздела фаз (адсорбция, смачивание, структурирование), для ряда композиций на основе эпоксиэфирных смол изучены недостаточно. Существенный научный и практический интерес представляет исследование технологических аспектов создания и применения ПКМ на основе эпоксиэфирных связующих, наполненных дисперсными алюмосиликатами, модифицированными высокомолекулярными соединениями класса полиолефинов.

Связь работы с крупными научными программами, темами.

Исследования выполнены в соответствии с заданием государственной научно-технической программы «Новые материалы и защита поверхностей», задание 5.03 (1997-1999гг.), «Разработать материалы, конструкцию и освоить производство комплекта износостойких деталей для насосов, эксплуатирующихся в коррозионно активных и абразивосодержащих средах», номер государственной регистрации 19981649.

Цель и задачи исследования. Цель исследования – установление закономерностей модифицирования дисперсных алюмосиликатов высокомолекулярными соединениями класса полиолефинов и их влияния на технологию и свойства наполненных композиций на основе эпоксиэфирных матриц.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- установить закономерности адсорбции высокомолекулярных соединений класса полиолефинов на поверхности частиц алюмосиликатов различной природы;
- изучить влияние природы и концентрации модифицирующих растворов на структуру и свойства дисперсных алюмосиликатов и реологические характеристики наполненных эпоксиэфирных олигомеров;

- изучить влияние состава модификатора и содержания дисперсных алюмосиликатов на физико-механические, адгезионные и триботехнические характеристики эпоксифурановых композитов;
- разработать и оптимизировать составы материалов для функциональных покрытий деталей горных машин, эксплуатирующихся в коррозионно активных средах.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования являются композиты на основе эпоксифуранового олигомера, наполненные адсорбционно модифицированными дисперсными алюмосиликатами. Предметом исследования являются механизм и кинетика адсорбции из растворов высокомолекулярных соединений класса полиолефинов на поверхности дисперсных алюмосиликатов и закономерности ее влияния на свойства эпоксифурановых композитов.

Методология и методы проведенного исследования. Методология исследования основана на экспериментальном определении характеристик композитов и их компонентов, сравнительной оценке эффективности адсорбционного модифицирования наполнителей и выявлении параметров, посредством которых возможно управление структурой и свойствами композитов. Изучение процесса адсорбции проводили с помощью интерферометра, особенностей структуры – с применением методов ИК-спектроскопии, оптической микроскопии и фотокалориметрии, рентгеноструктурного и дифференциально-термического анализов. Механические и реологические характеристики композитов и компонентов определяли на реовискозиметре, машинах для механических и триботехнических испытаний.

Научная новизна и значимость полученных результатов. Экспериментально подтвержден молекулярно-агрегативный механизм адсорбции из растворов высокомолекулярных модификаторов класса полиолефинов на поверхности дисперсных алюмосиликатов. Показано, что размеры агрегатов, масса и строение адсорбированного слоя зависят от химического состава модификатора, времени формирования, величины удельной поверхности и структуры адсорбента. Установлен экстремальный характер зависимости массы адсорбируемого вещества от концентрации модифицирующего раствора с максимумом при $2,0 \div 3,5$ мас.%, а при адсорбции низкомолекулярного полиэтилена и атактического полипропилена на синтетическом цеолите – бимодальный. Адсорбционное модифицирование обуславливает изменение свойств дисперсных частиц алюмосиликатов, увеличение коэффициента плотности их упаковки и снижение динамического угла естественного откоса.

Изучены реологические свойства эпоксифуранового олигомера, наполненного алюмосиликатами различного состава. Установлено, что модифицирование частиц наполнителя полиолефинами уменьшает вязкость композиции, снижает ее зависимость от степени наполнения и высоких скоростей сдвига. Проявление обнаруженного эффекта обусловлено образованием на поверхности частиц адсорбированного слоя из макромолекул модификатора и селективно адсорбированных макромолекул связующего. Наличие слоя и уменьшение степени агломерации частиц на порядок снижает коэффициент диффузии.

в 2 раза – коэффициент сорбции и внутренние напряжения в композитах. Введение адсорбционно модифицированного синтетического цеолита в состав эпоксиуранового олигомера изменяет кинетику его структурирования в областях, прилегающих к границе раздела фаз.

Показано, что величина адсорбции высокомолекулярных соединений убывает в ряду: синтетический цеолит – природный цеолит – каолин, а смачивающая способность соединений растет в ряду: атактический полипропилен – низкомолекулярный полиэтилен – хлорсульфированный полиэтилен – сополимер этилена и винилацетата – полиэтиленоксид; определены оптимальные соотношения ингредиентов трехкомпонентной дисперсной фазы.

Установлено, что зависимости адгезионной прочности покрытий на металлах (Ст.45, алюминий) механических характеристик эпоксиуранового композита от концентрации модифицирующего раствора и наполнителя имеют вид кривых с максимумом, положение и величина которого определяются химическим составом полиолефина и структурой наполнителя. Эффективность упрочняющего действия модифицированных частиц алюмосиликатов в большей мере реализуется при высоких скоростях нагружения. Изучены механизм и закономерности изнашивания эпоксиурановых композитов потоком жидкости, содержащей галитовые хвосты. Установлено, что модифицированные полиолефинами и цеолиты повышают в 2-8 раз износостойкость композитов и уменьшают неблагоприятное влияние на изнашивание скорости движения потока жидкости. Увеличение концентрации галитовых хвостов, угла атаки и уменьшение скорости движения жидкости сопровождается переходом от преимущественно кавитационного к гидроабразивному механизму изнашиванию композита.

Практическая и экономическая значимость полученных результатов. Разработана технология создания функциональных композитов на основе эпоксиурановых смол, наполненных адсорбционно модифицированными алюмосиликатами, с регулируемым и физико-механическим характеристиками и стойкостью к коррозионно-механическому изнашиванию. Установлены оптимальные технологические режимы модифицирования алюмосиликатов растворами полиолефинов. Оптимизированы технология и составы композитов для формирования защитных покрытий, обладающих высокой стойкостью к воздействию коррозионно активных сред и сопротивлением абразивному изнашиванию.

Разработанная технология и составы композитов нашли применение при нанесении защитных покрытий рабочих поверхностей деталей грунтовок насосов и трубопроводов, перекачивающих солевые растворы на РУП «ПО «Беларуськалий». Экономический эффект от внедрения нового покрытия составляет 60,26 тыс.у.е. в год.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- закономерности адсорбции растворов высокомолекулярных соединений класса полиолефинов на поверхности природных и синтетических дисперсных алюмосиликатов;

- экспериментальные данные о влиянии адсорбционного модифицирования на структуру и свойства дисперсных алюмосиликатов и композиционных материалов на основе эпоксиэфирных олигомеров;
- критерии выбора состава и концентрации растворов высокомолекулярных модификаторов при создании композитов на основе эпоксиэфирных смол;
- технология композиционных материалов на основе эпоксиэфирных смол, наполненных модифицированными алюмосиликатами.

Личный вклад соискателя. Автор принимал участие в постановке задач исследований, планировании и проведении экспериментов, анализе полученных результатов и подготовке публикаций, провел апробацию технических разработок и внедрение их в производство. Установил закономерности и механизм адсорбции высокомолекулярных соединений на поверхность частиц минерального наполнителя [2, 3] получил и проанализировал данные о влиянии модификаторов, типа и содержания наполнителей на свойства композитов [1, 4]; оптимизировал составы композитов для формирования защитных покрытий [5, 6] и установил закономерности их изнашивания [7].

Апробация результатов диссертации. Основные результаты исследований, включенные в диссертацию, доложены и обсуждены на республиканских научно-технических конференциях «Современные материалы, оборудование и технологии упрочнения и восстановления деталей машин» (Новополоцк, 1997 г.); «Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии» (Гродно, 1998 г.); «Современные материалы, оборудование и технологии упрочнения и восстановления деталей машин» (Новополоцк, 1999 г.); «Ресурсо- и энергосберегающие технологии в химической промышленности и производстве строительных материалов» (Гродно, 2000 г.); «Надежность машин и технических систем» (Минск, 2001 г.); «Новые технологии, рециклинг вторичных ресурсов» (Минск, 2001 г.).

Опубликованность результатов. Основные положения и результаты диссертации опубликованы в 6 статьях в научно-технических журналах, 6 докладах в сборниках материалов международных научно-технических конференций и 3 тезисах докладов международных научно-технических конференций. Подано 3 заявки на изобретения. Общий объем опубликованных материалов – 40 страниц.

Структура и объем диссертации. Работа состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы и приложения. Объем диссертации 157 стр., содержит 40 иллюстраций, 27 таблиц, приложение на 10 стр. и список использованных источников, включающий 194 наименования.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Первая глава посвящена обзору методов модифицирования поверхности дисперсных наполнителей. Показано, что адсорбционное модифицирование наполнителей позволяет управлять функциональными характеристиками компози-

тов. Анализируются современные представления о механизмах адсорбции полимеров из растворов и особенности ее протекания на высокопористых материалах. Рассмотрены структурные трех- и четырехэлементные модели композитов и сделан вывод об определяющем влиянии состава и структуры межфазных слоев на свойства композитов. Особое внимание уделено роли наполнителя и адсорбционного слоя модификатора в формировании структуры переходных слоев полимерной матрицы. На основе выполненного анализа литературных данных сформулированы цель и задачи исследований.

Во второй главе описаны объекты и методы исследований, обоснован выбор наполнителей, модификаторов и связующего при создании новых композитов.

В качестве связующего выбран эпоксиэфуранный реакционноспособный олигомер (ФАЭД) – продукт термического совмещения фурфуролацетонового мономера (ТУ 59-02-039-07-79) и эпоксидианового олигомера ЭД-20 (ГОСТ 10587-84). В качестве наполнителей использовали синтетический и природный цеолиты (ГОСТ 19608-84), а их модифицирование осуществляли растворами в ксилоле и толуоле низкомолекулярного полиэтилена (НМПЭ, ТУ 6-5-1837-82), атактического полипропилена (АПП, ТУ 6-05-131-2-79), сополимер этилена и винилацетата (СЭВА, ТУ 6-05-1898-80), хлорсульфированного полиэтилена (ХСПЭ, ТУ 6-02-715-85), полиэтиленоксида (ПЭО, ГОСТ 42-1242-79).

Изучение механизма адсорбции модификаторов на частицах алюмосиликатов осуществляли с помощью интерферометра ИР-2, а процесса структурообразования – с применением фотоэлектрокалориметра КФО. Вязкость композиций оценивали на ротационном реовискозиметре «Реотест-2». Краевой угол смачивания определяли по методу «лежащей капли», а поверхностное натяжение ФАЭД – по методу «де Ноема». Структурные исследования проводили с применением ИК-спектроскопии (Specord), рентгеноструктурного (Дрон-2,0), дифференциально-термического и термогравиметрического анализов (ОД-102). Механические и триботехнические характеристики композитов определяли по соответствующим стандартам и общепринятым методикам. Обработку экспериментальных данных осуществляли с помощью методов математической статистики, а оптимизацию составов композитов – с применением метода симплекс-решетчатого планирования эксперимента.

В третьей главе приведены закономерности адсорбции высокомолекулярных модификаторов класса полиолефинов на поверхность частиц алюмосиликатов различной технологии получения и состава.

Для повышения теплостойкости и физико-механических характеристик композитов эпоксидный олигомер (ЭД) модифицировали фурфуролацетоновым мономером (ФАМ). Анализ энергий активации и температур начала реакций отверждения компонентов связующего показал, что наряду с формированием пространственной сетки из ФАМ формируется сетка из ЭД и их сополимера. При этом повышается, по сравнению с исходным ЭД, температура размягчения (со 403 К до 513 К) и твердость (до 230 МПа) связующего. Однако внутренние напряжения достигают 1,8 МПа при толщине слоя около 0,1 мм. Введение алюмо-

силикатов в состав композита существенно снижает внутренние напряжения ($\sigma_{\text{вн}}$), при чем этот эффект более ярко выражен для покрытий толщиной свыше 0,3 мм. Дальнейшее снижение показателя $\sigma_{\text{вн}}$ оказалось возможным при модифицировании алюмосиликатов растворами полиолефинов.

Экспериментально установлено, что величина адсорбции A , представляющая собой отношение массы модификатора к массе частиц, на которых адсорбировался модификатор, определяется концентрацией раствора (C_p), природой частиц и температурой. Зависимости $A(C_p)$ немонотонны, максимум A наблюдается при $C_p \in 2,0 \div 3,5$ мас. % для всех типов модификаторов и наполнителей. Исследования особенностей структурообразования модификаторов до и после адсорбции показали, что на поверхности частиц алюмосиликатов адсорбируются преимущественно не отдельные макромолекулы, а агрегаты модификатора. С увеличением времени структурообразования размеры агрегатов (r) растут. Эта зависимость графически изображается экстремальной кривой. Наиболее крупные (до $3 \cdot 10^8$ м) агрегаты образуются при адсорбции низкомолекулярного полиэтилена. Причем для всех исследуемых модификаторов характерна немонотонная зависимость $r=f(C_p)$ с максимумом при $C_p \in 0,8 \div 2,0$ мас. %. Отсутствие области насыщения на кривых $A=f(C_p)$ также свидетельствует о молекулярно-агрегативном механизме адсорбции.

Зависимости $A=f(C_p)$, полученные при адсорбции НМПЭ на синтетическом цеолите и каолине, имеют явно выраженный бимодальный характер: кроме максимума в области $C_p \in 2,0 \div 3,5$ мас. % зарегистрирован также меньший по величине максимум адсорбции при малых концентрациях ($0,25 \div 0,30$ мас. %) модификатора в растворе (рис.1). Бимодальность наблюдается также при адсорбции атактического полипропилена на поверхности синтетического цеолита. В остальных случаях максимум A в области малых C_p вырождается, а зависимость $A=f(C_p)$ имеет пологий участок, расположенный под малым углом к оси концентраций. Описанный характер зависимости $A=f(C_p)$ при малых концентрациях модификатора обусловлен, по-видимому, ростом межмолекулярного взаимодействия в адсорбате при увеличении C_p

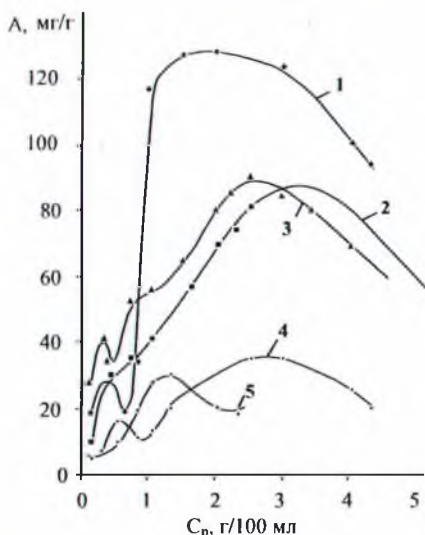


Рис. 1. Кривые адсорбции НМПЭ (1, 2, 3), АПП (4) и ХСПЭ (5) на поверхности синтетического цеолита (1, 5), природного цеолита (2) и каолина (3)

и изменением доли крупных агрегатов макромолекул, адсорбирующихся на поверхностях частиц.

Не менее важным фактором, определяющим величину адсорбции, является удельная поверхность ($S_{уд}$) наполнителя. Максимальное значение A характерно для цеолита ($S_{уд}=720 \text{ м}^2/\text{г}$) и минимальное – для каолина ($S_{уд}=20,9 \text{ м}^2/\text{г}$). Наибольшей адсорбционной способностью ($A \in 85 \div 125 \text{ м}^2/\text{г}$) обладает НМПЭ. Для АПП этот показатель равен $17,5 \div 37,0 \text{ м}^2/\text{г}$, а для ХСПЭ – $16 \div 26,5 \text{ м}^2/\text{г}$. С увеличением температуры обработки количество адсорбата на поверхности частиц наполнителя уменьшается.

Толщина адсорбционного слоя (d), также как и величина адсорбции, является функцией концентрации раствора и зависит от природы модификатора. Закономерности влияния указанных факторов на d и A подобны. Однако толщина адсорбционного слоя практически не зависит от типа частиц адсорбента и уменьшается с ростом их удельной поверхности. Экспериментально установлено, что значения показателя d находятся в интервале $2,68 \cdot 10^8 \div 4,32 \cdot 10^8 \text{ м}$. Это позволяет полагать, что на поверхности алюмосиликатов адсорбционно закрепляется монослой агрегатов макромолекул.

Спектральные исследования алюмосиликатов показали, что после их обработки модификатором уменьшается интенсивность полос поглощения 3700 и 3630 см^{-1} гидроксильных групп, характерных для полос 920 и 945 см^{-1} Al-OH-Si-OH. Можно полагать, что по этим функциональным группам происходит адсорбция модификаторов на поверхность алюмосиликатов. С помощью метода рентгеноструктурного анализа зарегистрировано явление аморфизации структуры алюмосиликатов после их адсорбционной модификации. Степень аморфизации зависит от природы модификатора.

Поскольку физико-механические характеристики наполненных композиций в значительной мере определяются прочностью адгезионной связи на границе раздела фаз, были изучены параметры смачивания выбранных модификаторов связующим – эпоксиэфирным олигомером (ФЭЭД). Установлено, что энергетические параметры смачивания (краевой угол и энергия смачивания, коэффициент растекания) ухудшаются в ряду: ПЭО-СЭВА-ХСПЭ-НМПЭ-АПП. Хорошей смачивающей способностью обладают только первые два модификатора.

Для оценки межфазного взаимодействия адсорбционного слоя модификатора с эпоксиэфирным олигомером определяли параметр δ растворимости ФЭЭД с различным соотношением компонентов (ФА, ЭД) и параметр термодинамического взаимодействия χ . Исследования показали, что увеличение содержания эпоксидного олигомера в связующем, т.е. повышение молекулярной массы ФЭЭД, сопровождается повышением показателя δ в $1,5 \div 1,6$ раза для неполярных модификаторов и в $1,8 \div 1,9$ раза – для модификаторов (СЭВА, ПЭО, ХСПЭ), содержащих полярные функциональные группы и группы атомов с несимметричным распределением электронной плотности. Однако абсолютная величина δ у НМПЭ значительно выше, чем у других модификаторов и составляет $6,17 \text{ (МДж/м}^3)^{1/2}$ при 70%-ном содержании ЭД – 20 в ФЭЭД. Параметр χ определяется природой полимерного модификатора и температурой. Он уменьшается в ра-

ду НМПЭ – ХСПЭ – АПП – СЭВА – ПЭО и при увеличении температуры, а скорость его уменьшения зависит от природы модификатора.

Модифицирование алюмосиликатов полиолефинами приводит к снижению их плотности, уменьшению объема пустот и вызывает рост коэффициента плотности упаковки частиц в композиционном материале. Снижается также динамический угол естественного откоса, характеризующий силы аутогезии.

Четвертая глава диссертации содержит описание закономерностей влияния модифицирования алюмосиликатов полиолефинами на реологические, теплофизические, адгезионные и механические характеристики композитов на основе эпоксифурановых олигомеров.

Оптимальная технология переработки при возможно большей степени наполнения композиций обуславливает необходимость изучения их реологических характеристик. Установлено, что с увеличением степени наполнения (C) относительная вязкость ($\eta_{\text{отн}}$) композиции на основе ФАЭД возрастает, при чем эта зависимость подчиняется экспоненциальному закону. Адсорбционное модифицирование алюмосиликатов способствует существенному снижению вязкости и ее зависимости от степени наполнения. Исключение составляет лишь композиция, наполненная каолином, модифицированным атактическим полипропиленом. Наибольший эффект достигается при обработке алюмосиликатов низкомолекулярным полиэтиленом: при $C=20$ об.% $\eta_{\text{отн}}$ уменьшается в $1,8 \div 5,0$ раз в зависимости от типа наполнителя. Снижение $\eta_{\text{отн}}$ обусловлено тем, что модифицирование частиц препятствует формированию из них пространственной структуры и образованию крупных агломератов, а также уменьшает сопротивление частиц сдвигу друг относительно друга и относительно олигомера при течении композиции.

Незаполненный эпоксифурановый олигомер характеризуется ньютоновским течением, а при наполнении его алюмосиликатами композиция ведет себя как псевдопластическое тело (показатель степени n в степенном уравнении течения $n=0,79$). Модифицирование частиц наполнителя полиолефинами приводит к более существенной зависимости скорости деформации от сдвигающего усилия ($n \in 0,807 \div 0,874$), за исключением случая обработки цеолита атактическим полипропиленом. Наиболее эффективно модифицирование синтетического цеолита СЭВА (n близок к 1). Под действием внешних сил вязкость композиции, наполненной адсорбционно модифицированными частицами алюмосиликатов, снижается. Это вероятно связано с наличием на поверхности частиц адсорбированного слоя, состоящего из макромолекул или агрегатов модификатора и сольватационного слоя селективно адсорбированных компонентов ФАЭД. Под действием внешних сил слой деформируется, и частица принимает форму, способствующую минимальному сопротивлению течению.

Модифицирование алюмосиликатов полиолефинами оказывает существенное влияние на физико-механические характеристики наполненных эпоксифурановых композитов. Зависимости разрушающего напряжения при изгибе ($\sigma_{\text{и}}$) наполненного ФАЭД от концентрации модифицирующего раствора немонотонны (рис. 2). Максимумы кривых $\sigma_{\text{и}}(C_p)$ соответствуют $C_p \in 0,8 \div 1,5$ мас.% для природного и синтетического цеолитов. Для каолина характерны менее четко

выраженные максимумы на зависимостях $\sigma_{и} = f(C)$. Наибольший эффект повышения показателя $\sigma_{и}$ достигается при обработке частиц синтетического цеолита АПП (82%); для природного цеолита этот показатель соответствует 58%, а для каолина – 55%. Увеличение C_p выше оптимальной сопровождается падением прочностных характеристик композита.

Аналогичные зависимости $\sigma_{и} = f(C_p)$, однако с несколько меньшим эффектом упрочнения, получены при модифицировании алюмосиликатов НМПЭ. Остальные модификаторы оказались менее эффективными. Немонотонный характер зависимостей $\sigma_{и} = f(C_p)$ обусловлен конкурирующим действием ряда факторов: с одной стороны – увеличением вероятности образования сплошной пленки модификатора на поверхности частиц и ее способности снимать внутренние напряжения на границе раздела фаз с ростом C_p , а с другой стороны – уменьшением смачивающей способности раствора, ростом возможности коагуляции частиц наполнителя и образованием толстых малопрочных пленок модификатора, по объему которых возможно разрушение композита.

Введение в состав ФАЭД исходных алюмосиликатов приводит к уменьшению разрушающего напряжения при изгибе. При наполнении цеолитов обработанных АПП, НМПЭ, СЭВА, наблюдается логистический тип зависимости $\sigma_{и}$ от концентрации (С) наполнителя: в области малых концентраций увеличение С до 20 мас.% сопровождается снижением $\sigma_{и}$, а при дальнейшем увеличении С до 60 мас.% кривая $\sigma_{и}$ проходит через максимум. Остальные модификаторы либо существенно не влияют на показатель $\sigma_{и}$, либо уменьшают ее значение. Увеличение степени наполнения ФАЭД модифицированным каолином во всех случаях вызывает возрастание $\sigma_{и}$, максимум которого наблюдается при $C > 30$ мас.%. Наполнение ФАЭД адсорбционно модифицированными алюмосиликатами увеличивает также разрушающее напряжение при сжатии (на 15÷30%), ударную вязкость (на 12÷40%) и относительную деформацию материала при разрушении.

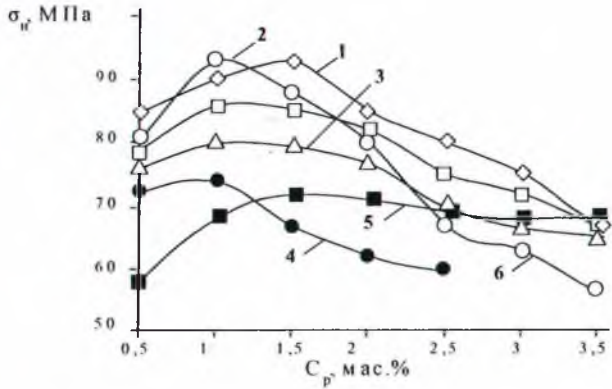


Рис. 2. Зависимости разрушающего напряжения при изгибе наполненного ФАЭД от концентрации модифицирующего раствора: 1, 5, 6-АПП; 2-НМПЭ; 3-ПЭО; 4-ХСПЭ; 1, 4 – природный цеолит (49 мас.%); 5-каолин (49 мас.%); 6-синтетический цеолит (49 мас.%)

При малой (до 20 мас.%) концентрации наполнителя прочность композита снижается, поскольку частицы алумосиликатов выполняют роль дефектов, удельный объем межфазного слоя в общем объеме композита мал и частицы не представляют собой топологически самостоятельную фазу. При $C > 20$ мас.% они образуют каркас в полимерной матрице, который воспринимает значительную часть внешней нагрузки. Низкомодульный межфазный слой из макромолекул модификатора и ФАЭД способствует диссипации энергии деформирования и релаксации напряжений, возникающих на границе раздела фаз в процессе отверждения композита и при воздействии внешнего силового поля. Увеличение концентрации дисперсной фазы после достижения $C = 40$ мас.% снижает механические характеристики композита, поскольку увеличивается вероятность образования агломератов, частицы в которых практически не соединены связующим.

Прочностные характеристики композитов на основе эпоксифурановых смол зависят от скорости нагружения. Так, экспериментально установлено, что увеличение скорости нагружения до 40 МПа/с сопровождается возрастанием разрушающего напряжения при сжатии σ_c , причем зависимость $\sigma_c = f(\lg w)$ линейна, а в области 40÷100 МПа/с она становится нелинейной – наблюдается более быстрый рост показателя σ_c . Этот эффект обусловлен тем, что низкомодульный межфазный слой имеет большой конформационный набор и широкий спектр времен релаксации, смещенный в область малых значений. Об этом свидетельствует также тот факт, что зависимости $\sigma_c = f(\lg w)$, характерные для композитов с модифицированным наполнителем, располагаются под большим углом к оси w , чем для композитов с исходным наполнителем.

Наполнение эпоксифурановой матрицы алумосиликатами (до 19,7 мас.%) значительно повышает адгезионную прочность σ_a соединений с металлами. Так, при введении синтетического цеолита σ_a соединения эпоксифурановый композит – алюминий АО-1 повышается с 5,9 МПа до 21,7 МПа, для стали 45 этот показатель возрастает с 4,2 МПа до 22,2 МПа. Наиболее вероятной причиной такого роста σ_a является образование более однородной с меньшим числом дефектов структуры граничного слоя, контактирующего с металлом. Формирование структуры этого слоя осуществляется под влиянием поверхности дисперсной фазы, способствующей перераспределению низкомолекулярных фракций связующего между поверхностями металла и наполнителя. Вторая причина заключается в снижении внутренних напряжений на границе раздела. Дальнейшее увеличение содержания алумосиликатов в композиции после достижения оптимального значения сопровождается стабилизацией, а затем и падением значения σ_a .

Увеличение показателя σ_a возможно путем модифицирования наполнителя высокомолекулярными компонентами, выбора строения и оптимальной концентрации модификатора в растворе. Зависимости $\sigma_a = f(C_p)$ имеют вид кривых с максимумом, положение которого определяется составом модификатора и наполнителя. С увеличением концентрации модификатора до оптимального значения ($C_p = 0,8 \div 2,8$ мас.%) прочность адгезионного соединения сталь-ФАЭД при

нормальном отрыве достигает $32 \div 43$ МПа. Наиболее эффективным модификатором оказался атактический полипропилен. Аналогичные закономерности установлены при определении адгезионной прочности клеевых соединений методом сдвига. О влиянии природы модификаторов ($C_p=0,2$ мас.%) и наполнителей ($C_n=19,7$ мас.%) на адгезионную прочность соединения ФАЭД-сталь свидетельствуют данные, приведенные в таблице.

Таблица

Влияние адсорбционной модификации наполнителей на адгезионную прочность соединения ФАЭД-сталь 45

Тип наполнителя	Адгезионная прочность при сдвиге, МПа					
	Исходный наполнитель	Модификатор				
		НМПЭ	ХСПЭ	АПП	СЭВА	ПЭО
Синтетический цеолит	9,2	15,0	14,4	18,3	11,9	14,3
Природный цеолит	7,1	12,1	10,2	16,1	10,0	12,5
Каолин	5,0	9,3	9,4	13,2	8,3	10,1

Адсорбционное модифицирование алюмосиликатов на порядок и более снижает эффективный коэффициент диффузии и проницаемость композитов и почти в 2 раза – коэффициент сорбции. Наиболее эффективна обработка синтетического цеолита, имеющего высокопористое строение, хлорсульфированным полиэтиленом. Этот эффект вероятно обусловлен образованием на поверхности сорбционно-активных частиц наполнителя гидрофильного слоя. Модифицирование снижает также степень коагуляции частиц алюмосиликатов в полимерной матрице, уменьшая концентрацию структурных дефектов в композите и межфазном слое. Вследствие этого повышается стойкость эпоксиэфирных композитов к воздействию агрессивных сред (растворов серной кислоты и едкого натра, бензина, касторового масла). Максимальный положительный эффект достигается при обработке алюмосиликатов низкомолекулярным полиэтиленом и атактическим полипропиленом.

Дифференциально-термические и термогравиметрические исследования показали, что наполнение ФАЭД исходными алюмосиликатами повышает интегральную скорость потери массы и уменьшает эффективную энергию активации процесса термоокислительной деструкции в интервале температур 333-593 К. Снижение теплофизических характеристик композитов связано с тем, что несмоченные связующим алюмосиликаты образуют агломераты, внутри которых закапсулирован воздух, способствующий протеканию термоокислительной деструкции связующего. Обработка алюмосиликатов модификаторами способствует более однородному распределению частиц, снижению внутренних напряжений и препятствует образованию структурных дефектов. В итоге диффузия кислорода в объем такого материала за-

трудна и его термостойкость повышается. В высокотемпературной 593-773 К области наблюдается обратная картина.

Модифицирование алюмосиликатов не изменяет механизм взаимодействия компонентов связующего в процессе отверждения, однако существенно, особенно в начальный период отверждения, изменяет скорость структурирования. Об этом свидетельствует более высокая скорость изменения интенсивности полосы поглощения 1658 см^{-1} (валентные колебания карбонильных групп) в процессе структурирования композиции с модифицированным наполнителем, чем композиции с исходным.

Эксперименты свидетельствуют о том, что оптимальным сочетанием физико-механических характеристик обладает композит, содержащий алюмосиликаты, модифицированные атактическим полипропиленом. Согласно предварительным испытаниям композиты, содержащие адсорбционно модифицированные бинарные или трехкомпонентные смеси алюмосиликатов, обладают более высокими механическими характеристиками, чем композиты с монофазным наполнителем. Оптимальное содержание каолина (x_3), природного (x_2) и синтетического (x_1) цеолитов в трехкомпонентном наполнителе определяли методом симплекс-решетчатого планирования экспериментов. В качестве связующего использовали композицию, содержащую фурфуролацетоновый мономер (40 мас.%), эпоксидный олигомер (40 мас.%) и полиэтиленполиамин (20 мас.%). Соотношение связующее-наполнитель соответствовало 1:1. Установлено, что обобщенная функция желательности (включает разрушающее напряжение при изгибе, водопоглощение и коэффициент однородности) для композиций с исходным (Y_1) и модифицированным (Y_2) трехкомпонентным наполнителем имеет вид:

$$Y_1 = 0,401x_1 + 0,497x_2 + 0,409x_3 + 0,348x_1 x_2 + 0,819x_1 x_3 + 0,492x_2 x_3; \quad (1)$$

$$Y_2 = 0,643x_1 + 0,616x_2 + 0,508x_3 + 0,462x_1 x_2 + 0,550x_1 x_3 + 0,608x_2 x_3; \quad (2)$$

Анализ полученных уравнений показывает, что для композитов, содержащих смесь исходных наполнителей, равные значения Y_1 имеют бимодальное распределение. При использовании смеси адсорбционно модифицированных частиц наполнителя изолинии располагаются более симметрично, нет резко выраженных локальных максимумов, что свидетельствует о монотонном изменении исследуемых характеристик при изменении содержания компонентов наполнителя.

При оптимальном соотношении модифицированных каолина (20 мас. %), природного (40 мас. %) и синтетического (40 мас. %) цеолитов разрушающее напряжение композита при изгибе достигает 104 МПа, а его водопоглощение не превышает 0,14 %.

Для определения возможности применения эпоксиэфирных композитов в качестве защитных покрытий деталей горного оборудования были выполнены исследования механизма и закономерностей их изнашивания потоком

жидкости, содержащей галитовые хвосты. Установлено, что при малых углах атаки и концентрации (C_0) галитовых хвостов доминирующим видом изнашивания является кавитационное. По мере увеличения C_0 наблюдается переход к преимущественно абразивному изнашиванию покрытия. При этом скорость изнашивания (i) композита с исходным наполнителем монотонно растет. Модифицирование наполнителя повышает сопротивление композита изнашиванию в 2-4 раза благодаря образованию эластичного слоя, способного снижать напряжения и поглощать энергию удара при схлопывании микрополостей потока и контакте с частицами абразива, содержащимися в рабочей жидкости. При использовании в качестве модификаторов ХСПЭ и АПП получена немонотонная зависимость $i(C_0)$. Это обусловлено конкуренцией двух факторов: уменьшением скорости образования микрополостей в потоке с ростом C_0 , с одной стороны, и увеличением числа абразивных частиц и энергии микроудара при схлопывании пузырьков – с другой. Максимальной износостойкостью обладают композиты, наполнитель которых модифицирован атактическим полипропиленом.

При больших углах атаки превалирующим механизмом становится гидроабразивное изнашивание, а скорость изнашивания всех композитов монотонно увеличивается с ростом C_0 . Наиболее эффективным модификатором (i снижается в 5-8 раз) является хлорсульфированный полиэтилен, образующий эластичную пленку с деформацией при растяжении, достигающей 1200%. С ростом скорости (v) движения потока жидкости показатель i растет по экспоненциальному закону. Адсорбционное модифицирование алюмосиликатов снижает скорость изнашивания композитов, при чем, кривые $i(v)$ становятся более пологими.

В пятой главе диссертационной работы рассмотрена технология композитов на основе эпоксифурановых олигомеров, наполненных модифицированными алюмосиликатами. Исследовано влияние содержания отвердителя (ПЭПА) на адгезионную прочность покрытий на металлах. Показано, что оптимальной прочностью обладают покрытия с содержанием ПЭПА 20 мас.%. Определены содержание наполнителя (20 мас.%) и толщина покрытий (1,5 мм), в которых внутренние напряжения заметно не увеличиваются. Осуществлен расчет коэффициента упрочнения композиции оптимального состава и показана эффективность применения АПП и НМПЭ для модифицирования алюмосиликатов. Приведены данные об эксплуатационных характеристиках покрытий из эпоксифурановых композитов, определены области их эффективного применения. Показано, что разработанный материал обладает высокими стойкостью к воздействию агрессивных сред и сопротивлением изнашиванию потоком жидкости, содержащей галитовые хвосты. Применение эпоксифурановых защитных покрытий позволило в 1,5÷1,7 раза повысить долговечность рабочих колес и улит грунтовых насосов типа 5ГрК, 8 ГрК, 10 ГрК. Экономический эффект от внедрения нового покрытия составил 60,26 тыс. у.е. в год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Исследованы процессы адсорбции полимерных модификаторов класса полиолефинов из растворов на поверхности дисперсных природных и синтетических алюмосиликатов. Экспериментально подтвержден молекулярно-агрегативный механизм формирования адсорбированных слоев. Показано, что параметры агрегатов определяются концентрацией модифицирующего раствора, временем структурообразования и составом модификатора. Установлен немонотонный характер зависимости изменения массы и толщины слоя адсорбированного модификатора от концентрации раствора с максимумом в интервале 2,0÷3,5 мас.%. При адсорбции низкомолекулярного полиэтилена и атактического полипропилена на синтетическом алюмосиликате – цеолите эти зависимости являются бимодальными [1, 2, 13].

2. Установлено, что при адсорбционном модифицировании на поверхности дисперсных частиц алюмосиликатов формируется функциональный слой из агрегатов макромолекул. При этом поверхностный слой алюмосиликатов изменяет свои характеристики, что приводит к росту коэффициента плотности упаковки частиц в композите и снижению динамического угла естественного откоса. Определены энергетические параметры смачивания поверхности модифицированного наполнителя эпоксиэфирным олигомером. Выявлена корреляция параметров термодинамического взаимодействия и совместимости модифицированных наполнителей с молекулярной массой связующего [3, 14].

3. Изучены реологические характеристики эпоксиэфирного олигомера, наполненного модифицированными алюмосиликатами. Показано, что обработка частиц наполнителя растворами полиолефинов различной массы и состава снижает вязкость наполненной системы и уменьшает ее зависимость от степени наполнения. Это обусловлено уменьшением вероятности коагуляции алюмосиликатов и с образованием из макромолекул модификатора или их агрегатов и селективно адсорбированных макромолекул компонентов олигомерного связующего поверхностного слоя, снижающего межчастичную силу трения, сопротивление течению наполненной системы. Вследствие этого на порядок снижается коэффициент диффузии и в два раза - коэффициент сорбции композитов и повышается их стойкость к воздействию химически активных сред. Экспериментально установлено, что введение в состав эпоксиэфирного олигомера модифицированных полиолефинами алюмосиликатов не влияет на механизм его отверждения, однако изменяет скорость реакции структурирования в граничных слоях [4, 11].

4. Адсорбционное модифицирование алюмосиликатных наполнителей способствует упрочнению эпоксиэфирных композитов в широком диапазоне скоростей нагружения. Наибольший эффект упрочнения достигается при обработке синтетического цеолита атактическим полипропиленом. Зависимости показателей прочности ($\sigma_{сж}$, $\sigma_{п}$) композитов и адгезионной прочности их соединений с металлами и Ст45, алюминий) от концентрации модифи-

катора в растворе имеют вид экстремальных кривых, положение максимума на которых определяется природой наполнителя и составом модификатора. Введение адсорбционно модифицированных дисперсных алюмосиликатов вызывает существенное повышение ударной вязкости, разрушающего напряжения при сжатии и изгибе. Методом математического планирования эксперимента определены области оптимальных концентраций дисперсной фазы по показателям прочностных и адгезионных характеристик. Получены математические модели, отражающие зависимость обобщенной функции желательности от содержания ингредиентов трехкомпонентного наполнителя [3, 9, 11].

5. Изучены механизм и закономерности изнашивания эпоксифурановых композитов потоком жидкости, содержащей технологические отходы обогащения калийной руды. Установлено, что адсорбционное модифицирование наполнителя полиолефинами снижает скорость изнашивания композитов в 2-8 раз благодаря образованию на поверхности наполнителя адсорбционной пленки, способной уменьшить остаточные напряжения и рассеивать энергию удара при схлопывании газовых пузырьков в потоке и воздействии абразивных частиц. При малых углах атаки потока и концентрации в нем галитовых хвостов доминирующим механизмом изнашивания является кавитационный, а по мере их увеличения растет вклад гидроабразивного изнашивания [5, 8, 12, 15].

6. Разработана технология композиционных функциональных материалов на основе эпоксифуранового олигомера, наполненного смесью адсорбционно модифицированных алюмосиликатов различного состава и природы (каолина, синтетического и природного цеолитов) и технология нанесения защитных покрытий на детали грунтовых насосов. Экономический эффект от внедрения нового покрытия составил 60,26 тыс.у.е. в год за счет увеличения служебного ресурса грунтовых насосов, применяемых на РУП «ПО «Беларуськалий» [6, 7, 8, 10, 17, 18, 19].

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ:

1. Расчет высокотемпературного изнашивания фрикционных материалов / Прушак В.Я., Свиридов Н.В., Конопляник А.И., Меликсетян Н.Г. // Трение и износ. – 1996. – № 3. – Т. 17. – С. 412-416.

2. Конопляник А.И. Исследование внутренних напряжений в армированных композиционных материалах // Весці НАНБ. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 1997. – №3. – С.22-25.

3. Конопляник А.И. Влияние модификации поверхности дисперсных наполнителей на адгезионную прочность системы "фурано-эпоксидная композиция-металл" // Горная механика.-1999.-№2.-С.48-51.

4. Конопляник А.И. Исследование сорбционных свойств фурано-эпоксидных композитов // Горная механика. – 1999. – №2. – С.52-54.

5. Исследование защитных покрытий трубопроводов обогатительных фабрик / Прушак В.Я., Щерба В.Я., Конопляник А.И., Свиридов Н.В. // Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии: Тез. докл. респ. конф. – Гродно, 1998. – С.291-292.

6. Сычевский В.А., Конопляник А.И., Щерба В.Я. Абразивкоррозионно-стойкая композиция для получения напыленных покрытий // Современные материалы, оборудование и технологии упрочнения и восстановления деталей машин: Тез. докл. респ. конф. – Новополоцк, 1997. – С.31.

7. Алмазосодержащие композиции для тонкослойных покрытий / Конопляник А.И., Кондратеня А.А., Барановский А.Л., Свиридов Н.В., Протасеня А.В. // Современные материалы, оборудование и технологии упрочнения и восстановления деталей машин: Тез. докл. респ. конф. – Новополоцк, 1997. – С.32-33.

8. Довнар Д.Н., Драчук В.В., Конопляник А.И. Полимерная антикоррозионная защита металлоконструкций горно-шахтного оборудования // Современные материалы, оборудование и технологии упрочнения и восстановления деталей машин: Сб. докл. междунар. научн.-техн. конф. – Новополоцк, 1999. – С.125-127.

9. Щерба В.Я., Довнар Д.Н., Конопляник А.И. Влияние термопластов на прочностные свойства эпоксидных покрытий // Ресурсо- и энергосберегающие технологии в химической промышленности и производстве строительных материалов: Материалы междунар. научн.-техн. конф. – Минск, 2000. – С.90–92.

10. Прушак В.Я., Конопляник А.И., Довнар Д.Н. Исследование возможности применения эпоксифурановых композитов в качестве защитных покрытий деталей горного оборудования // Упрочнение, восстановление и ремонт на рубеже веков. Теоретические и технологические основы упрочнения и восстановления изделий машиностроения: Сб. науч. трудов междунар. науч.-техн. конф. – Новополоцк, 2001. – С. 269-273.

11. Прушак В.Я., Конопляник А.И. Влияние адсорбционной модификации минеральных наполнителей на износостойкость эпоксифурановых композитов // Трение и износ. – 2001. – Т.22. – №4. – С. 468-471.

12. Довнар Д.Н., Конопляник А.И., Нахратов В.А. Повышение долговечности оборудования, работающего в условиях коррозионно-эрозийного износа на предприятиях калийной промышленности // Надежность машин и технических систем: Материалы междунар. научн.-техн. конф. – Минск, 2001. – Т.1. – С. 44-45.

13. Довнар Д.Н., Конопляник А.И., Корнеев В.М. Применение полимерных материалов для повышения надежности крепления вертикальных стволов шахт // Надежность машин и технических систем: Материалы междунар. научн.-техн. конф. – Минск, 2001. – Т.1. – С. 54-55.

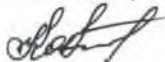
14. Довнар Д.Н., Конопляник А.И. Использование отходов производства калийных удобрений в качестве наполнителя терморепаративных связующих // Новые технологии, рециклинг вторичных ресурсов: Материалы междунар. научн.-техн. конф. – Минск: БГТУ, 2001. – С. 198-200.

15. Довнар Д.Н., Конопляник А.И. Влияние наполнителей на физико-механические характеристики антикоррозионных покрытий // Весці НАН Б, сер.: фіз.-тэхн. навук. – 2002. - № 2. – С.20-22.

16. Заявка № а 20000592. Антифрикционная полимерная пресс-композиция / Прушак В.Я., Щерба В.Я., Довнар Д.Н., Конопляник А.И., Роговский А.М., Нахратов В.А.; Инст-т проблем ресурсосбережения с Опытным производством. – Заявл. 21.06.2000; Опубл. 30.12.2001, Бюл. № 4 (31) // Вынаходствы. Карысныя мадэлі. Прамысловыя ўзоры. – 2001. - № 4 (31). – С. 35.

17. Заявка № а 20010156. Полимерная композиция / Довнар Д.Н., Конопляник А.И., Прушак Н.В.; ЗАО «Солигорский Ин-т проблем ресурсосбер. с Опытн. произ-ом». - Заявл. 22.02.2001; Опубл. 30.09.2002, Бюл. 3 (34) // Вынаходствы. Карысныя мадэлі. Прамысловыя ўзоры. – 2002. - № 3 (34). – С. 34.

18. Заявка № а 20010157. Кислотостойкая композиция / Довнар Д.Н., Конопляник А.И., Прушак Н.В.; ЗАО «Солигорский Ин-т проблем ресурсосбер. с Опытн. произ-ом». - Заявл. 22.02.2001; Опубл. 30.09.2002, Бюл. 3 (34) // Вынаходствы. Карысныя мадэлі. Прамысловыя ўзоры. – 2002. - № 3 (34). – С. 35.



Канаплянік Аляксандр Іванавіч

РАСПРАЦОЎКА КАМПАЗИЦЫЙНЫХ МАТЭРЫЯЛАЎ НА АСНОВЕ ЭПАКСІФУРАНАВЫХ АЛІГАМЕРАЎ ДЛЯ АХОЎНЫХ ПАКРЫЦЦЯЎ ДЭТАЛЯЎ ГОРНЫХ МАШЫН

Ключавыя словы: адгезія, адсорбцыя, алюмасілікаты, мадыфікацыя, напружанне, трываласць, рэалагічныя характарыстыкі, эпаксіфуранавы алігамер.

Аб'ект даследавання: кампазіцыйныя матэрыялы на аснове эпаксіфуранавага алігамэру, напоўненыя мадыфікаванымі алюмасілікатамі.

Прадмет даследавання: адсорбцыя высокамолекулярных злучэнняў класу поліалефінаў на паверхні дысперсных алюмасілікатаў, заканамернасці яе ўплыву на ўласцівасці эпаксіфуранавых кампазітаў.

Мэта працы: устаноўць заканамернасці мадыфікавання дысперсных алюмасілікатаў высокамолекулярнымі злучэннямі класу поліалефінаў і іх ўплыў на тэхналогію і ўласцівасці напоўненых эпаксіфуранавых кампазітаў.

Метады даследавання: ІЧ - спектраскапія, рэнтгенаструктурны, дыферэнцыяльна-тэрмічны і тэрмагравіметрычны аналізы, стандартныя метады вызначэння дэфармацыйна-трываласных, рэалагічных і трыбатэхнічных характарыстык матэрыялаў.

Вывучаны механізм адсорбцыі высокамолекулярных злучэнняў класу поліалефінаў на паверхні дысперсных алюмасілікатаў. Устаноўлены заканамернасці ўплыву саставу мадыфікатараў, іх канцэнтрацыі ў раствору, удзельнай паверхні і тыпу мінеральнага напаўняльніка на масу і таўшчыню слою адсарбіраванага рэчыва. Вывучаны рэалагічныя і дэфармацыйна-трываласныя ўласцівасці эпаксіфуранавых кампазіцый, напоўненых зыходнымі і мадыфікаванымі алюмасілікатамі. Паказана, што наяўнасць на паверхні часцін напаўняльніка слою з макрамолекулаў мадыфікатара і звязкі аказвае ўмцавальнае дзеянне, паніжае ўнутраныя напружанні, каэфіцыенты дыфузіі, пранікальнасці і сорбцыі кампазітаў, павышае іх хімістойкасць і адгезійную трываласць злучэнняў з металам. Выяўлены заканамернасці ўплыву ўтрымання алюмасілікатаў на фізіка-механічныя характарыстыкі кампазітаў. Вывучан механізм і выяўлены заканамернасці зношвання кампазітаў патокам вадкасці, змяшчаючай тэхналагічныя адыходы абагачэння калійнай руды. Распрацавана тэхналогія атрымання і ўкаранены рэцэптурныя саставы кампазітаў для аховы дэталей горнага абсталявання, эксплуатаючага ў хімічна актыўным асяроддзі.

Конопляник Александр Иванович

РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИФУРАНОВЫХ ОЛИГОМЕРОВ ДЛЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЕТАЛЕЙ ГОРНЫХ МАШИН

Ключевые слова: адгезия, адсорбция, алюмосиликаты, модифицирование, напряжение, реологические характеристики, эпоксифурановый олигомер.

Объект исследования: композиционные материалы на основе эпоксифуранового олигомера, наполненные модифицированными алюмосиликатами.

Предмет исследования: адсорбция высокомолекулярных соединений класса полиолефинов на поверхности дисперсных алюмосиликатов, закономерности ее влияния на свойства эпоксифурановых композитов.

Цель работы: установить закономерности модифицирования дисперсных алюмосиликатов высокомолекулярными соединениями класса полиолефинов и их влияние на технологию и свойства наполненных эпоксифурановых композитов.

Методы исследования: ИК-спектроскопия, рентгеноструктурный, дифференциально-термический и термогравиметрический анализы, стандартные методы определения деформационно-прочностных, реологических и триботехнических характеристик материалов.

Изучен механизм адсорбции высокомолекулярных соединений класса полиолефинов на поверхности дисперсных алюмосиликатов. Установлены закономерности влияния состава модификаторов, их концентрации в растворе, удельной поверхности и типа минерального наполнителя на массу и толщину слоя адсорбированного вещества. Изучены реологические и деформационно-прочностные свойства эпоксифурановых композиций, наполненных исходными и модифицированными алюмосиликатами. Показано, что наличие на поверхности частиц наполнителя слоя из макромолекул модификатора и связующего оказывает упрочняющее действие, снижает внутренние напряжения, коэффициенты диффузии, проницаемости и сорбции композитов, повышает их химстойкость и адгезионную прочность соединений с металлами. Выявлены закономерности влияния содержания алюмосиликатов на физико-механические характеристики композитов. Изучен механизм и выявлены закономерности изнашивания композитов потоком жидкости, содержащей технологические отходы обогащения калийной руды. Разработана технология получения и внедрены рецептурные составы композитов для защиты деталей горного оборудования, эксплуатирующихся в химически активной среде.

SUMMARY

KONOPLYANIK ALEXANDER IVANOVICH

DEVELOPMENT OF COMPOSITIONAL MATERIALS ON THE BASE
OF EPOXY AND FURAN OLIGOMERS FOR PROTECTIVE COVERING OF
MINING MACHINE PARTS

Key words: adhesion, adsorption, aluminosilicate, modification, stress, rheological characteristics, epoxy and furan oligomer.

Object of investigations: a composite material based on epoxy furan oligomer. Subject of investigations: adsorption of high-molecular compounds by aluminosilicate surface; effect of adsorption modification of fillers and their content on properties of epoxy furan composites.

Aim of the work: to determine regularities of high-molecular compounds adsorption on aluminosilicate surface and its effect on the technique and properties of epoxy and furan composites filled by aluminosilicates.

Investigation methods: IR spectroscopy, X-ray spectral, differential-thermal and thermogravimetric methods as well as standard procedures for determining deformation and strength, rheological and tribological characteristics of materials.

The adsorption mechanism of high-molecular compounds on the surface of aluminosilicates has been studied. Regularities of the influence of modifier origin, its concentration in solution, specific surface and mineral filler kind on the mass and thickness of adsorbed substance layer have been determined. Rheological, deformation and strength properties of epoxy furan composites filled with the initial and modified by aluminosilicates have been studied. The presence of a shell of modifier macromolecules and the binder on the filler particles was found to exert a hardening effect. It also reduces inner stress, diffusion ratio, composite penetrability and sorption coefficients, improves resistance to chemical substances and adhesive strength with metals. Mechanisms of aluminosilicate content effect on physico-mechanical characteristics of the composites have been defined. The governing laws of the composite wearing by a liquid flow containing technological wastes of potassium ore enriching have been disclosed. Formulations of composites for protecting mine equipment operating in hostile media have been elaborated and adopted in practice.

Конопляник Александр Иванович

**РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ
ЭПОКСИФУРАНОВЫХ ОЛИГОМЕРОВ ДЛЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ
ДЕТАЛЕЙ ГОРНЫХ МАШИН**

Подписано в печать 21.03.2003 г.

Формат 60x84¹/₁₆. Бумага «Снегурочка», А4, 80 г/м². Гарнитура Таймс
Отпечатано на ризографе CR-1610. Усл. печ. л. 3,91. Тираж 100 экз. Заказ 88.
ЛП №403 от 15.06.2000.

ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным
производством»

ул. Козлова, 69, г. Солигорск, 223710, Республика Беларусь.

Тел: 5-47-82, 6-27-94

ipr@slgipr.belpak.minsk.by