

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 621.744.37:667.637.2:678.046.3

ВОРОНЦОВ
Александр Сергеевич

**ТЕХНОЛОГИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
НА ПОЛИМЕР-ОЛИГОМЕРНЫХ СВЯЗУЮЩИХ
ДЛЯ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности

05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов

Минск 2013

Работа выполнена в учреждении образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы» и совместной научно-исследовательской лаборатории «Уникард» учебно-методического центра «Промагромаш» ОАО «Белкард»

Научный руководитель **Струк Василий Александрович**, доктор технических наук, профессор, декан факультета инновационных технологий машиностроения учреждения образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»

Официальные оппоненты: **Крутько Эльвира Тихоновна**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии нефтехимического синтеза и переработки полимерных материалов учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»;

Ярмоленко Максим Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры радиофизики и электроники, старший научный сотрудник НИЛ «Физикохимия и технологии нано- и микроразмерных систем» учреждения образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины»

Оппонирующая организация учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта»

Защита состоится 26.04.2013 г. в 15.30 ч на заседании совета по защите диссертаций Д 02.08.04 при учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет» по адресу: 220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, зал заседаний ученого совета, ауд. 240, корп. 4.

Тел.: 8-(017)-226-14-32, факс 8-(017)-327-62-17.

e-mail: root@bstu.unibel.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

Автореферат разослан 22 марта 2013 г.

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций
кандидат технических наук, доцент



Толкач О. Я

ВВЕДЕНИЕ

В стратегии инновационного функционирования государственного промышленного комплекса ключевое положение занимает концепция жизненного цикла выпускаемой продукции, которая предполагает применение полимерных композитов с повышенными показателями служебных характеристик на всех стадиях. В многогранной гамме отечественной продукции машиностроения существенна роль автомобильных агрегатов различного назначения, которые обеспечивают функционирование автотракторной, сельскохозяйственной техники, технологического оборудования, производимого в Беларуси и ведущих странах СНГ. Технический ресурс функциональных автоагрегатов (карданных валов, тормозных камер, амортизаторов и др.) в значительной мере определяется эффективностью использованных конструкторских, материаловедческих и технологических решений, позволяющих снизить неблагоприятное воздействие эксплуатационных факторов. Важное место при выборе оптимальных решений принадлежит композиционным покрытиям на основе полимерных, олигомерных и смесевых матриц, которые многократно освоены отечественной промышленностью. Однако номенклатура многофункциональных покрытий отечественного производства в настоящее время не полностью удовлетворяет требованиям инновационной продукции, как по параметрам эксплуатационных характеристик, так и энергоёмкости процессов изготовления и применения, и поэтому требует совершенствования и развития на базе последних достижений материаловедения и технологии композиционных материалов на высокомолекулярных матрицах. Решению этой многоаспектной задачи, применительно к автомобильным агрегатам, выпускаемым в Беларуси в соответствии со стратегией импортозамещения и снижения энерго- и материалоемкости, посвящена настоящая работа.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами (проектами) и темами Диссертационная работа выполнена в соответствии с заданиями государственных научно-технических программ и грантов МО РБ: МПФИ “Химия неорганических и полимерных композиционных материалов” ГППИ “Химические реагенты” (2001–2005, № ГР 20012220); МПФИ “Низкоразмерные системы-2” (2001–2005, № ГР20012221); ГПОФИ “Наноструктурные материалы и технологии”, Задание № 5.03 (2003–2005, № ГР 20032216); ГППИ “Высокоэнергетические технологии” (2004–2005, № ГР 20043400); Грант МО РБ (“Исследование особенностей структуры и зарядового состояния глинистых минералов, модифицированных низкоразмерными углеводородами”, 2006, № ГР 200715); ГПОФИ “Высокоэнергетические, ядерные и радиационные технологии” (2007, № ГР (№А13–06); Грант МО РБ (“Разработать составы и технологию формирования триботехнических полимерных покрытий для транспортных агрегатов на основе алифатических полиамидов, модифицированных низкоразмерными поли-

Беларускага дзяржаўнага
тэхналагічнага ўніверсітэта

1
1692ар

мер-олигомерными частицами”, 2008, № ГР 20081936); Проект МО РБ “Разработать технологию получения наномодификаторов на основе природных силикатов, активированных в условиях высокоэнергетического воздействия”, (2009–2010; № ГР 20091287); БФФИ Ф10М–194 (“Структурно-фазовое состояние и механические свойства гальванических сплавов Zn-Ni, сформированных при воздействии рентгеновского излучения”, 2010–2012, № ГР 20103195 от 20.12.2010).

Цель и задачи исследования

Цель исследования – разработать технологию композиционных материалов на основе модифицированных смесевых полимерных матриц для многофункциональных покрытий, снижающих коррозионно-механическое изнашивание деталей автомобильных агрегатов повышенного ресурса.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- установить механизмы влияния энергетических параметров на формирование многокомпонентных покрытий из суспензий и расплавов на металлических подложках;
- разработать импортозамещающие составы и низкоэнергоемкую технологию защитных покрытий на основе смесевых матриц с повышенными параметрами адгезионных, триботехнических и антикоррозионных характеристик;
- провести опытно-промышленную апробацию разработанных составов покрытий и технологий в конструкциях автомобильных агрегатов.

Объектом исследования являлись композиционные материалы на основе полимер-олигомерных и полимерных матриц, модифицированные высокодисперсными и наноразмерными частицами минерального и синтетического происхождения.

Предмет исследования – механизмы формирования структуры и свойств покрытий из суспензий и расплавов нанокomпозиционных материалов на металлических подложках при воздействии тепловых и электрических полей.

Положения, выносимые на защиту

1. Физические модели формирования электрического рельефа на поверхности металлических подложек и минеральных дисперсных частиц, основанные на физических представлениях о наличии анизотропии поверхности Ферми у металлов и прохождении зарядов через потенциальный барьер, возникающий при диспергировании кристаллов, что приводит к появлению поверхностной электростатической мозаики;

2. Механизмы влияния электрофизических параметров дисперсных частиц модификаторов в процессе электростатического распыления суспензий на олигомерных и смесевых связующих на структуру и физико-механические свойства покрытий, формируемых на металлических подложках, обоснованные теорией образования зарядовых кластеров и кластеризации воздушно-капельного потока;

3. Составы покрытий антикоррозионного и триботехнического назначения из композитов на смесевых матрицах, модифицированных наноразмерными компонентами, с повышенными параметрами эксплуатационных характеристик;

4. Разработанный технологический процесс формирования наноконпозиционных покрытий для промышленного производства автомобильных агрегатов повышенного эксплуатационного ресурса.

Личный вклад соискателя

Автор принимал участие в постановке задач исследований, провел анализ научных, патентных и коммерческих источников по теме исследований, обосновал выбор компонентов функциональных композитов и методов их исследований [2–4, 5, 7, 8, 11–13, 16, 21, 22], разработал технологию получения защитных антикоррозионных и триботехнических покрытий [1, 6–10, 14, 19, 21–23, 25], участвовал в разработке составов композитов, анализе экспериментальных результатов и формулировании выводов [1–13, 24–25], изготовлении опытных партий композиционных материалов и изделий с защитными покрытиями и их испытаниях [2–23], подготовке публикаций [1–25], выступлений на научных симпозиумах [12–17, 20] и заявочных материалов на объекты промышленной собственности [24, 25]. Работы 8, 14, 16, 21, 22 выполнены без соавторов.

Апробация результатов диссертации

Основные положения и выводы диссертационной работы доложены и обсуждены на 21 профильной научной и научно-технических конференциях и симпозиумах, в т.ч. Международных научно-технических школах-конференциях “Молодые ученые – науке, технологиям и профессиональному обучению”, г. Москва, 2003 г., 2008 г., Международной научно-практической конференции “Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения – INTER-MATIS - 2004”, г. Москва, 2004 г., Международной научной конференции “Низкоразмерные системы”, г. Минск, 2005 г., Международной научной конференции “Тонкие пленки и наноструктуры”, г. Москва, 2005 г., Международной научно-технической конференции “Повышение качества продукции и эффективности производства”, г. Курган, 2006 г., 26 Международной конференции и выставке “Композиционные материалы в промышленности – Славполиком”, г. Ялта, 2006 г., XIV Международной конференции “Современные методы и средства неразрушающего контроля и технической диагностики”, г. Ялта, 2006 г., Международной конференции “Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения”, г. Москва, 2006 г., XIV Международной научно-технической конференции “Машиностроение и техносфера XXI века”, г. Севастополь, 2007 г., 2012 г., VII Международной конференции “Взаимодействие излучений с твердым телом (ВИТТ-2007)”, г. Минск, 2007 г., VII Международной научно-технической конференции “Материалы, технологии и оборудование в производстве, эксплуатации, ремонте и модернизации машин”, г. Новополоцк, 2009 г., XIII Міжнародної конференції “Фізика і технологія тонких плівок та наносистем”, г. Івано-Франківськ, 2011 г., Международной научной конференции ФТТ-2011 “Актуальные проблемы физики твердого тела”, г. Минск, 2011 г., XIX международной научно-технической конференции в г. Севастополе, 2012 г.

Опубликованность результатов диссертации

По результатам проведенных исследований опубликованы 1 монография (в соавторстве), 9 статей в рецензируемых научных журналах по отраслям наук в соответствии с п. 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь (2,42 авторских листа), 7 статей в рецензируемых научных журналах (2,04 авторских листа), 3 доклада в научно-технических сборниках, 7 материалов и 3 тезисов докладов на конференциях, получено 2 патента на изобретение. Общий объем публикаций составляет 145 страниц (6,04 авторских листа).

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, пяти глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Полный объем диссертации – 190 страниц. Диссертация содержит 100 страниц машинописного текста и включает 61 рисунок и 21 таблицу, размещенных на 31 странице, 44 страницы приложений и 15 страниц списка использованных источников из 196 (25 собственных публикаций соискателя) наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении рассмотрены современные тенденции развития инновационной деятельности промышленных предприятий, основанные на применении научнообоснованных решений на всех стадиях жизненного цикла продукции.

Первая глава диссертационной работы посвящена критическому анализу направлений повышения эксплуатационных параметров автомобильных агрегатов, применяемых в конструкциях автомобильной, сельскохозяйственной, специальной техники и технологического оборудования (автокомпонентов). В конструкциях автокомпонентов, определяющих ресурс основных агрегатов, широко применяют функциональные покрытия из композиционных материалов на высокомолекулярных матрицах, которые обеспечивают стойкость к коррозионно-механическому изнашиванию, как отдельных узлов, так и механизмов в целом.

В отечественном материаловедении полимерных композитов для функциональных покрытий, базирующемся на фундаментальных исследованиях академика В.А. Белого и его научной школы, основное внимание уделено материалам на полимерных матрицах, модифицированных компонентами различного состава, дисперсности и механизма действия. Покрытия на основе полимер-олигомерных смесей, формируемые по т.н. “растворным” технологиям, исследованы, главным образом, в прикладном аспекте с целью оптимизации технологических режимов формирования, обеспечивающих заданный эксплуатационный ресурс.

Анализ современных литературных, патентных и коммерческих источников свидетельствует о быстром развитии нового направления получения композиционных покрытий, основанного на применении высокодисперсных, в т.ч. наноразмерных модификаторов, обладающих комплексным воздействием

на высокомолекулярную матрицу и технологии формирования покрытий, вследствие их выраженной активности в процессах формирования надмолекулярной и фазовой структуры.

Проведен анализ технологий получения наноразмерных частиц различного состава и кристаллохимического строения. Подчеркнута роль зарядового состояния и формы наночастиц на механизмы модифицирующего действия в полимерных и смесевых матрицах. Отмечена необходимость анализа роли энергетического состояния (собственного заряда) наноразмерных объектов на физико-химические и электрофизические процессы формирования покрытий на металлических субстратах с помощью промышленно распространенных технологий электростатического распыления суспензий и осаждения из псевдооживленного слоя.

На основании анализа литературных источников сформулированы цель и определены задачи диссертационной работы.

Во второй главе диссертации описаны объекты исследований и основные методы анализа физико-химических процессов, протекающих при модифицировании полимерных матриц различного состава дисперсными компонентами, деформационно-прочностных, адгезионных и др. служебных характеристик покрытий.

В качестве связующих при получении композиционных материалов для формирования покрытий методом электростатического распыления суспензий использовали промышленно выпускаемые эмали холодного и горячего отверждения на основе олигомеров эпоксидных и полиэфирных смол и перхлорвинилового смолы марок ЭП-1236, ПФ-266, АК-511 (ОАО "Лакокраска"), а также их аналоги (ЭП-1267), производимые предприятиями РФ (г. Хотьково, РФ). Для получения покрытий с повышенной стойкостью к коррозионно-механическому изнашиванию использовали композиции на основе эпоксиполиэфирного (ЕР 1609005) и полиэфирного (РР 1019005) олигомера (NEOKEM, Греция). Частицы модификаторов различной дисперсности, состава и формы вводили в связующее с помощью диссольвера марки R 41-25/4 (FDA) N_r 9621091/03, представляющего собой импеллерную мельницу (фирма Netzsch).

Покрытия на металлических субстратах (подложках) из стали 45, 08кп, алюминия А00 и его сплава АК-12, меди М-1 формировали из псевдооживленного слоя с последующим оплавлением, окунанием или распылением суспензий пигментов, наполнителей и модификаторов в растворах связующих. При проведении технологических испытаний разработанных составов для автокомпонентов использовали лабораторные (ОАО "Лакокраска") и промышленные (ОАО "Белкард") установки, позволяющие регулировать параметры процесса электростатического нанесения суспензий.

Для модифицирования базовых полимерных и полимер-олигомерных связующих использовали дисперсные частицы, полученные из минеральных и синтетических полуфабрикатов: глины, слюды, трепела, кремня, мрамора, ультрадисперсных продуктов взрывного синтеза углерода с отрицательным кислородным балансом (УДАГ), ультрадисперсных продуктов термогазо-

динамического синтеза политетрафторэтилена (УПТФЭ) в состоянии промышленной поставки или после диспергирования на установке серии “Млын” (УО “Белорусско-российский университет”, г. Могилев), а также минеральные отходы некоторых производств, нуждающиеся в утилизации. В отдельных экспериментах для диспергирования полуфабрикатов (слюд) использовали диспергирующую установку Института химии твердого тела и механохимии СО РАН (г. Новосибирск, РФ) – шаровую мельницу планетарного типа марки АГО-2.

Формирование триботехнических покрытий и модифицирование базовых эмалей осуществляли с использованием дисперсных порошков термопластичных полимеров (ПЭНД, ПА 6, СЭВА, ПП), полученных криогенным диспергированием гранулированных полуфабрикатов на оригинальной установке.

Физико-химические процессы при формировании и эксплуатации покрытий различного состава исследовали с применением методов ИК-спектроскопии (TENSOR 27, фирмы “Bruker”), растровой электронной микроскопии (растровый электронный комплекс МРСА LEO-1455 VP), атомно-силовой (Nanotop NT-206), оптической микроскопии, дифференциально-термического анализа (“Termoscan”), рентгеноструктурного анализа (ДРОН-2,0, ДРОН-3,0). Энергетические характеристики модификаторов оценивали методом электретно-термического анализа (ТСТ-анализа) с применением оригинальной установки (ОДО “Микротестмашины”).

Микротвердость металлических покрытий (прибор ПМТ-3), твердость лакокрасочных покрытий (ТМЛ, маятник А), износостойкость и абразивостойкость защитных покрытий определяли по стандартным методикам, а коррозионную стойкость – с применением камеры погоды.

Характеристики покрытий на основе эмалей и термопластичных матриц оценивали по методикам, разработанным для лакокрасочных материалов (ЛКМ). Оптимизацию конструктивных параметров покрытий в автомобильных агрегатах осуществляли с применением компьютерных программных продуктов SolidWorks, ProEngineer, ProMechanica на вычислительном кластере “СКИФ”. Обработку экспериментальных результатов осуществляли методами математической статистики с применением стандартных программных продуктов.

Третья глава диссертационной работы содержит результаты оценки энергетического состояния компонентов металлополимерной системы “покрытие - субстрат” и функциональных материалов на основе полимерных и полимер-олигомерных матриц.

Качество формируемого на металлическом субстрате покрытия определяется не только технологией подготовки субстрата, но и технологическими параметрами процесса формирования покрытия из воздушно-капельного потока, полученного распылением суспензии в электростатическом поле. Проведена оценка роли параметров внешнего электрического поля и электрофизических характеристик компонентов, определяемых составом, строением и размером частиц, в процессах образования гомогенного факела, обеспечивающего оптимальную структуру покрытия и минимальные технологические потери.

Для оценки числа молекулярных слоёв n и молекул N в зарядовом кластере предложены аналитические выражения, позволяющие анализировать структуру молекулярных слоёв.

В процессах формирования воздушно-капельного потока и экспозиции композиционного материала возможна кластеризация дисперсных частиц. Оценка сил электростатического взаимодействия наночастиц и среднего расстояния между ними с использованием теории зарядовых кластеров позволила определить величину их ускорения в воздушно-капельном потоке

$$a = \frac{F_{ij}}{m_i} = 9 \cdot 10^9 \frac{q_i q_j}{R_{ij}^2} \cdot \frac{3}{4\pi r^3 \rho} \quad (1)$$

Величина ускорения обуславливает возможность образования кластерных структур в полимерной матрице, которые оказывают существенное влияние на параметры служебных характеристик суспензий.

Результаты исследования показали, что кинетика формирования нанопозиционного функционального покрытия на металлических субстратах определяется совокупным действием энергетических параметров подложки (количеством активных центров), капельной фазы распыляемой суспензии и наночастиц модификатора. Совокупное действие этих факторов оказывает влияние на процессы диспергирования жидкофазной системы потоком воздуха, устойчивость воздушной дисперсии, взаимодействие субстрата с поверхностным слоем, кинетику растекания капель суспензии и коалесценцию частиц.

Обоснован выбор в качестве эффективных методов регулирования энергетических параметров подложки технологией микрофосфатирования и электролитического осаждения покрытий. Энергетические параметры дисперсных частиц модификаторов полимерных матриц целесообразно регулировать температурной обработкой и механическим воздействием на полуфабрикат. При диспергировании частиц повышается их поверхностная активность вследствие протекания процессов дегидратации (удаление адсорбированных молекул воды) и дегидроксиляции (удаление гидроксидных групп) и разрушения по плоскости спайности.

Варьируя электрофизическими параметрами распыления суспензии дисперсных частиц модификаторов в растворе матричного олигомера и олигомер-полимерной смеси, можно с учетом полученных эмпирических данных управлять величиной и зарядовым состоянием капельной фазы, которая обеспечивает формирование гомогенного покрытия (рисунок 1).

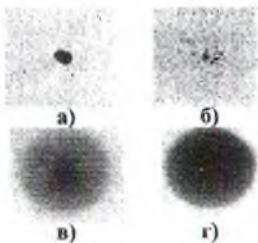


Рисунок 1 — Характерная структура следа (проекция) на металлическом субстрате факела, получаемого распылением суспензии на основе эпоксидного олигомера и перхлорвинилового смолы, без действия электростатического потенциала (а,б) и при наложении потенциала (в,г) при наличии (б,г) или отсутствии (а,в) в суспензии наночастиц силикатов

Таблица 1 — Электрофизические характеристики лакокрасочных материалов ЭП-1236, ЭП-158 с различным составом системы “растворитель - разбавитель”

Состав системы “растворитель - разбавитель”	Электрофизические характеристики	
	Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом • см	Диэлектри- ческая проница- емость при 50 Гц, Ф/м
Ортоксилол	$1,8 \cdot 10^9$	2,1
Р-ль РЭС-5107	$3 \cdot 10^9$	3,065
Р-ль 648	$1,28 \cdot 10^7$	11,83
648:РЭС-5107=1:1	$2,7 \cdot 10^6$	7,45
648:РЭС-5107=1:3	$5,85 \cdot 10^6$	5,25
648:ортоксилол=2:3	$3,1 \cdot 10^6$	7,94

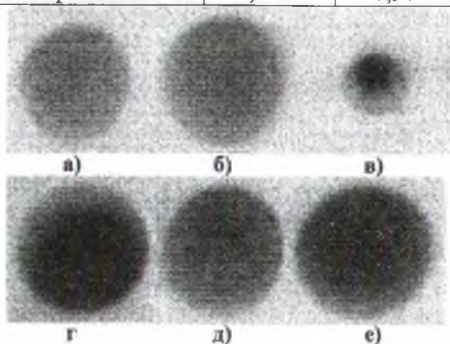


Рисунок 2 — Характерные структуры следов факела ЛКМ на основе двухкомпонентного связующего ЭП-1236 при использовании системы “растворитель - разбавитель”: а) 648; б) Р-5А; в) РЭС-5107; г) РЭС-5107:648; д) ортоксилол:648; е) 648:РЭС-5107

нанесении покрытий на 10÷15 % по сравнению с традиционной технологией.

Ряд автомобильных агрегатов, определяющих эргономичность и безопасность эксплуатации транспортных средств, подвержен комплексному воздействию сочетания негативных факторов — абразивных и коррозионных сред, ударных нагрузок и вибраций. Очевидна необходимость целевого модифицирования промышленных эмалей холодного отверждения, которые

В четвертой главе диссертации обобщены результаты исследований влияния технологических факторов на структуру, деформационно-прочностные, адгезионные и триботехнические характеристики защитных покрытий на олигомерных и смесевых матрицах.

Исследовали модифицирующее действия дисперсных частиц природного и синтетического происхождения — глин, трепела, кремня, мраморной муки, оксидов металлов, дисперсных частиц полимеров (СЭВА, УПТФЭ, ПА6) на структуру и свойства полимерной матрицы. Оптимизированы электрофизические параметры ЛКМ, используемых для нанесения суспензионных покрытий с применением переменного электромагнитного поля (таблица 1, рисунок 2).

Результаты исследования позволили разработать рекомендации по обоснованному выбору компонентов системы “растворитель — разбавитель”. Они использованы в технологии электростатического нанесения покрытий из промышленных марок лакокрасочных материалов на основе совмещенных матриц ЭП-1236, ЭП-158 при окраске автомобильных агрегатов (тормозных камер, амортизаторов). Применение бинарных систем позволило обеспечить гомогенность воздушно-капельного факела распыляемой суспензии (рисунок 2) и снизить технологические потери при

широко применяют в автотракторостроении, с целью приближения параметров их эксплуатационных свойств к зарубежным аналогам и импортозамещения.

Широко распространенным компонентом ЛКМ являются дисперсные частицы слоистых минералов: талька, монтмориллонитовых и бентонитовых глин, слюд. Учитывая подобие кристаллохимического строения слоистых минералов, проведены модельные исследования электрофизических параметров их частиц на примере частиц слюд, подвергнутых различным технологическим воздействиям – диспергированию методом “сухого” помола и термообработке. В процессе диспергирования слюдяных полуфабрикатов происходит расщепление частиц по плоскостям спайности с образованием т.н. “зарядовой мозаики”, которая определяет параметры энергетических характеристик и обуславливает эффективное модифицирующее действие частиц в полимерных расплавах и олигомерных растворах.

В процессе промышленного диспергирования с применением высокоэнергетических установок частицы полуфабриката слюды разрушаются с образованием чешуйчатых фракций, толщиной около 10÷12 нм и поперечным размером 1 мкм. Модифицирующее действие таких частиц определяется энергетическими параметрами ювенильной (свежеобразованной) поверхности, совпадающей с плоскостью совершенной спайности. Определены расчетные параметры a , b , c ячеек кристаллических частиц после различных технологий диспергирования. Изменение параметров кристаллофизической структуры обуславливает различие электрофизических характеристик частиц, полученных по разным технологиям. Технология “сухого” помола способствует получению частиц наноразмерных по толщине, имеющих более высокие значения нескомпенсированного поверхностного заряда и более эффективных для использования в качестве модификаторов.

Особое энергетическое состояние дисперсных частиц слоистых минералов, полученных из природных полуфабрикатов, характеризуется интенсивным адсорбционным взаимодействием с компонентами технологической среды, в т.ч. полимерными и низкомолекулярными. Активность дисперсных частиц изменяется в результате образования вторичных продуктов адсорбционного взаимодействия участков ювенильных поверхностей и среды. Этот факт подтверждает изменение проводимости частиц слюды при их выщелачивании в процессе контактирования с водными средами, в которых появляются ионы K^+ , Na^+ , Ca^{++} . Поэтому при использовании дисперсных модификаторов необходимо учитывать не только их исходные электрофизические параметры, но и их изменение под действием компонентов матричной эмали. Продукты вторичных адсорбционных реакций могут оказывать влияние на процессы структурирования связующего и на параметры эксплуатационных свойств покрытий. При модифицировании базовых эмалей высокодисперсными продуктами, полученными диспергированием слоистых силикатов, целесообразно их активирование термической обработкой, способствующей десорбции низкомолекулярных компонентов и разрушению по плоскостям спайности.

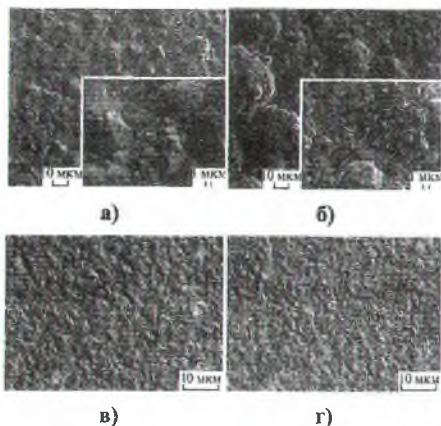


Рисунок 3 — Морфология медного (а, б) и никелевого (в, г) подслоя, сформированного из электролита без воздействия рентгеновского излучения (а, в) и при воздействии рентгеновского излучения с $\lambda = 0,154$ нм (б, г)

Служебные характеристик нанокomпозиционных покрытий определяет, главным образом, пространственная структура граничного слоя, которая формируется под действием энергетического состояния наномодификатора, капельной фазы и металлического субстрата. Исследованы закономерности формирования (методом электроосаждения из электролита на металлическом субстрате) подслоя при воздействии рентгеновского излучения различной интенсивности (39, 36 и 9 кР/ч). Обнаружен эффект уменьшения зернистости, увеличения дисперсности блоков мозаики подслоя при увеличении дозы рентгеновского излучения, что способствует увеличению энергетической однородности поверхностного слоя и повышению защитных характеристик покрытия, сформированного из композиционного материала (рисунки 3 и 4).

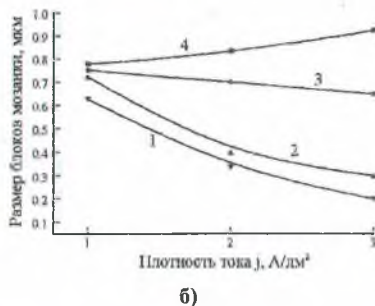
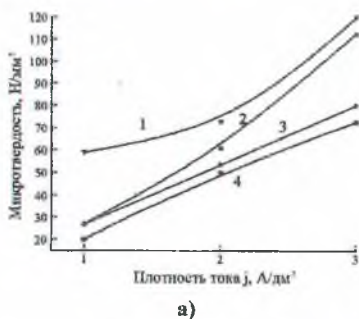


Рисунок 4 — Зависимость микротвердости и среднего размера зерна медного подслоя от плотности тока электролита: 1, 2, 3 — при воздействии рентгеновского облучения с мощностью 39000, 36000 и 9000 Р/ч соответственно; 4 — без воздействия рентгеновского облучения.

Металлические подслои с повышенными параметрами деформационно-прочностных характеристик и оптимизированной структурой эффективны в металлополимерных системах, эксплуатируемых при воздействии коррозионно-активных сред в сочетании с механическими знакопеременными напряжениями. Они увеличивают стойкость автомобильных агрегатов различного функционального назначения не менее чем в 1,5÷2 раза. Важную роль в формировании нанокomпозиционного слоя с оптимальными параметрами

адгезионных, триботехнических и защитных характеристик играют энергетические взаимодействия диспергированных фрагментов и их корреляция с характеристиками металлического субстрата. При выравнивании энергетических параметров поверхностного слоя подложки определяющим становится фактор зарядовой структуры капельной фазы, которая формируется из суспензии или расплава нанокпозиционного полуфабриката.

Результаты этого исследования позволили оптимизировать технологические параметры технологии нанесения покрытий на металлические субстраты в действующем производстве при использовании в качестве основы промышленных эмалей ЭП-1236, ЭП-158 и др.

Пятая глава диссертации посвящена разработке оптимизированных составов и технологии нанокпозиционных материалов на полимерных и полимер-олигомерных матрицах, обеспечивающих повышение устойчивости автомобильных агрегатов и технологического оборудования к коррозионно-механическому изнашиванию.

Для улучшения защитных характеристик покрытий на основе эмалей холодного отверждения (ЭП-1236, ЭП-158) применяют грунтовочные подслои. В качестве многофункционального слоя нами предложено использовать аморфную пленку фосфатов металлов, образующуюся при обработке подложек из черных и цветных металлов (Fe, Cu, Al) растворами КАФК (концентрат для аморфного фосфатирования кристаллический) и КЖАФ (концентрат для аморфного фосфатирования жидкий). Аморфная пленка фосфатов металлов повышает гомогенность структуры и энергетического состояния поверхностного слоя, увеличивает микротвердость стальных подложек (08кп, сталь 45) на 30-40%, на 20-30 % для сплава алюминия АК-12 и формирует оптимальный рельеф поверхности. Аморфное фосфатирование энергетически менее затратно по сравнению с грунтованием и традиционным фосфатированием при одновременном увеличении стойкости покрытий к воздействию коррозионных сред не менее чем в 2 раза. Эффективное действие аморфных фосфатных слоев реализуется при формировании покрытий как методом электростатического распыления суспензий, так и осаждением из псевдооживленного слоя.

Для повышения показателей деформационно-прочностных, адгезионных и триботехнических характеристик покрытий на основе промышленно выпускаемых эмалей марок ПФ-266, ЭП-1236, ЕР 1609005, РР 1019005 использовали дисперсные компоненты различного состава и технологии получения: трепел, кремь, мраморную муку, кальций- и фосфорсодержащие продукты (ГСФ, ГСО, фосфогипс), кальцийсодержащие продукты нейтрализации кислых сред, требующие последующей утилизации при производстве изделий из хрустального стекла.

Установлено, что при относительно небольшом содержании модификатора (до 2 мас.%) сохраняются оптимальные реологические параметры суспензий на основе ЭП-1236 и ПФ-266 и необходимое качество поверхностного слоя покрытия. Зарегистрировано увеличение твердости (в 1,2÷1,3 раза) и износостойкости (в 1,5÷2 раза) покрытий на металлических подложках. Эффект повы-

шения износостойкости обусловлен преимущественно формированием упрочнённых областей в матрице при введении в состав композиции наполнителей с повышенной активностью и развитой поверхностью (рисунки 5 и 6).

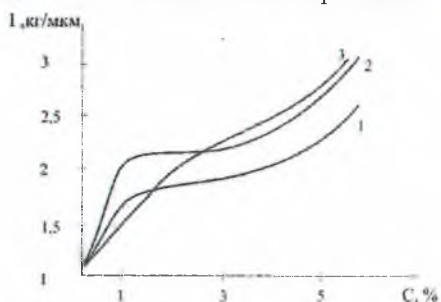


Рисунок 5 – Зависимость интенсивности изнашивания (I) покрытий из композиционных материалов на исходной (1) и модифицированной основе алкидной эмали ПФ-266, от содержания (C) модификатора: ГСФ (1), ГСО (2), ПС (3)

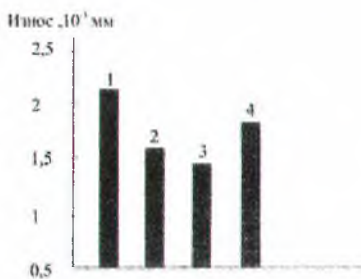


Рисунок 6 – Износостойкость покрытий на основе эмали АК-511 ГСФ (2), ГСО (3), ПС (4). Содержание модификатора 2,0 мас. %

Важным практическим следствием проведенных исследований является разработка состава с повышенной стойкостью к абразивному изнашиванию на основе эмали АК-511 (ОАО “Лакокраска”), которую используют для разметки дорожных покрытий. Введение оптимального количества модификатора заданного состава и строения позволило существенно (1,4÷1,5 раза) увеличить абразивостойкость покрытий по сравнению с импортными аналогами.

В технологии производства автокомпонентов повышенного ресурса наибольшее применение получили эмали холодного отверждения, характеризующиеся низкой энергоёмкостью и повышенной износостойкостью покрытий в условиях коррозионно-механического изнашивания. Вместе с тем, технология покрытий на основе ЭП-1236, ЭП-1267 весьма чувствительна к качеству подготовки поверхности металлического субстрата и требует применения специальных моющих средств. Наличие остаточной адсорбированной влаги негативно влияет на степень структурирования эпоксидного олигомера и снижает параметры адгезионной прочности и износостойкости покрытий.

Разработаны составы композиционных материалов на основе промышленной эмали марки ЭП-1236 с повышенной стойкостью к воздействию абразивных и коррозионных сред. В качестве функционального модификатора использовали трепел (месторождение “Стальное”, РБ) и монтмориллонитовую глину. При проведении активационной обработки частиц модификатора изменяется его дисперсность и содержание адсорбированной влаги вследствие протекания процессов дегидратации и дегидроксиляции. Направленное действие модифицирующих частиц на структуру базовой эмали вызывает увеличение на

15 20 % твердости и износостойкости при повышенной прочности покрытий при ударных нагрузках (рисунок 7).

Важным достоинством предлагаемой технологии является повышенная в 1,2 раза твердость покрытия, содержащего термоактивированный наполнитель, в течение технологического интервала времени (36 часов) формирования без использования дополнительных операций сушки. Параметры промышленной технологии электростатического напыления модифицированной суспензии не требуют корректировки. Аналогичный эффект достигнут при модифицировании эмалей ЭП-1236, ПФ-266 мраморной мукой или бентонитовой глиной, являющейся технологическим отходом очистки растительного масла (ОАО "Гроднобиопродукт"). Введение исходных (B_m) и термообработанных при температуре 873 К в течение 2 часов (B_{m10}) модификаторов (концентрация 0,5 3,0 мас.%) позволяет сохранить оптимальные параметры условной вязкости, степени перетира, адгезионной прочности при одновременном увеличении в 1,2 1,3 раза твердости покрытий и снижении их себестоимости.



Рисунок 7 – Результаты испытаний методом падающего бойка покрытий на основе исходной эмали ЭП-1236 (а) и наполненной трепелом (0,5 мас.%), термообработанного при 1023 К (б).

Таблица 2 – Коррозионная стойкость покрытий на основе эмали ЭП-1236

Состав эмали	Величина коррозионного поражения, % после экспозиции, час				
	24	48	72	96	120
ЭП-1236 исх.	0	3	3	4	5
ЭП-1236+0,5мас.% ОМ	0	3	5	5	5
ЭП-1236+0,5мас.% трепел	0	1	2	2	2
ЭП-1236+0,5мас.% ОМ + 0,5 мас.% трепел	0	0	2	2	2

Для защитных покрытий, применяемых в технологическом оборудовании (транспортные трубопроводы), разработаны составы с повышенной гидрофобностью и коррозионной стойкостью (патенты на изобретение №№ 14386, 13952). Введение в базовые эмали ЭП-1236, ЭП-158 наноразмерных частиц оксидов металлов (ОМ), трепела и ультрадисперсного политетрафторэтилена (УПТФЭ) обуславливает увеличение в 2 раза коррозионной стойкости, оцениваемой по площади поражения (таблица 2).

Разработаны составы композиционных материалов на основе промышленных марок эмалей для применения в узлах трения автомобильных агрегатов повышенного ресурса: карданных валов, тормозных камер грузовых автомобилей и сельскохозяйственного оборудования.

Осуществлена оценка эффективности применения эмалей,

используемых, преимущественно, для защиты машиностроительной продукции от атмосферной коррозии, в качестве основы триботехнических покрытий автокомпонентов повышенного ресурса. С применением компьютерных пакетов программ ProEngineer, ProMechanica, SolidWorks осуществлен анализ

напряженно-деформированного состояния шлицевого соединения карданного вала, определяющего его ресурс. Объектом оптимизации выбрано шлицевое соединение перспективной конструкции карданного вала 6422-2205010-10, применяемого для комплектации грузовых автомобилей МАЗ-МАН. Подвижные шлицевые соединения карданного вала изготавливают преимущественно с полимерным покрытием типа “Rilsan” (ПА 11), нанесённым с целью снижения осевых усилий, возникающих в соединении в процессе эксплуатации.

Комплексный анализ напряженно-деформированного состояния шлицевого соединения с использованием мультипроцессорного вычислительного кластера СКИФ позволил установить основные параметры полимерного покрытия при эксплуатации в условиях действия динамических нагрузок и реверсивного характера движения. Разработаны составы композиционных материалов на основе эпоксидных и полиэфирных олигомеров EP 1609005 и PP 1019005 для формирования покрытий из псевдоожоженного слоя. В качестве функциональных модификаторов использовали ультрадисперсные частицы продуктов термодинамического синтеза (УПТФЭ), которые обеспечили комплексное действие на базовые матрицы (таблица 3).

Таблица 3 – Характеристики триботехнических покрытий на олигомерных матрицах EP 1609005, PP 1019005 для автомобильных агрегатов

Характеристики	Показатель для материала				
	EP 1609005	PP 1019005	EP 1609005+ УПТФЭ	PP 1019005+ УПТФЭ	“Rilsan”
Адгезионная прочность, балл, не менее	ISO 2409	ISO 2409	1	1	1
Стойкость к соляному туману, час, не менее	500 DIN 50021	500 DIN 50021	500	500	500
Влагопоглощение, %, макс	0,66	1,28	0,76	0,82	1,09
Коэффициент трения	0,2-0,25	0,2-0,25	0,15-0,18	0,15-0,18	0,15-0,2
Интенсивность изнашивания, мг/10 час	276	257	13	8	44

Покрытия из разработанных составов на олигомерных матрицах не уступают импортным аналогам (EP 1609005, PP 1019005, “Rilsan”) по параметрам адгезионной прочности, прочности при изгибе, стойкости к воздействию агрессивных сред, влагопоглощению, а по параметрам коэффициента трения и износостойкости их превосходят в 1,3 и 3,5+20 раз соответственно. Близкие адгезионные и триботехнические показатели имеют покрытия, сформированные из композиционных материалов на основе ЭП-1236, ЭП-158, модифицированные дисперсными частицами криогенного измельчения гранулированных полуфабрикатов (ПЭНД, СЭВА, ПА 6), а также УПТФЭ. Разработанные составы композиционных материалов позволяют отказаться от использования в технологии шлицевых соединений карданных валов дорогостоящего импортного аналога ПА 11 (“Rilsan”) при сохранении технических параметров и заданного эксплуатационного ресурса, определенного нормативной технической документацией (не менее 500 000 км. пробега автомобиля).

Предложенные составы нанокomпозиционных материалов для антифрикционных и триботехнических покрытий на олигомерных, смесевых и термопластичных матрицах и технологии их формирования апробированы и внедрены на ОАО “Белкард”, выпускающем карданные валы, тормозные камеры и амортизаторы для широкой номенклатуры автотракторной техники и сельскохозяйственного оборудования, производимого в Республике Беларусь (МАЗ, БелАЗ, МТЗ) и странах СНГ (КАМАЗ, УРАЛАЗ, КРАЗ). По результатам исследований разработаны технические условия (ТУ ВУ 500021625.169-2010) на составы покрытий для защиты автомобильных агрегатов от коррозионно-механического изнашивания и осуществлен выпуск опытно-промышленной партии втулок с покрытием для карданных валов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Проведен комплексный анализ электрофизических параметров компонентов металлополимерной системы “композиционное покрытие – металлический субстрат”. Предложены физические модели формирования нескомпенсированного заряда у минеральных наночастиц модификатора, а также “зарядовой мозаики” на поверхности металлического субстрата, учитывающие кристаллофизическое строение (морфологию поверхностного слоя, блочность кристаллитов, их пространственную ориентацию) и влияние различных дефектов на энергетическое состояние атомов. На основании квантового подхода к построению модели установлено определяющее влияние граничных слоев в блочном поликристалле на величину поверхностного электростатического заряда и, вследствие этого, напряженность электрического поля [8, 12, 21–23].

2. Разработана модель формирования зарядового состояния капельной фазы, образованной электростатическим распылением суспензии наночастиц в жидкой фазе олигомерного связующего при различных параметрах электростатического поля (оптимальное напряжение $U=150\div 160$ кВ) и соотношения компонентов жидкой фазы (25÷65 %). Обоснована применимость теории зарядовых кластеров в неполярных средах для описания механизма формирования суспензии композиционного материала на олигомерных, полимерных или смесевых связующих, модифицированных наночастицами с нескомпенсированным электрическим зарядом. Предложена модель формирования кластеров наночастиц в полимерной матрице [1, 7–9, 13, 14, 17, 19].

3. На примере слюды, типичных слоистых минералов с совершенной спайностью, методами физико-химического и рентгеноструктурного анализа показано, что при диспергировании в присутствии влаги протекают процессы выщелачивания, обуславливающие удаление ионов K^+ , Na^+ , Ca^{++} с ювенильных поверхностей частицы. Это приводит к снижению активности наночастиц в процессах взаимодействия с матрицей вследствие снижения величины поверхностного заряда. При “сухом помоле” образуются дисперсные частицы с наноразмерностью (10÷12 нм) по толщине, которые сохраняют нескомпенси-

рованный заряд, сформировавшийся в результате расщепления полуфабриката по плоскости спайности (001) в течение технологически значимого времени. Это усиливает эффективность их модифицирующего действия на высокомолекулярные матрицы наноконпозиционного материала [2–7, 9, 12, 15, 16, 18–20, 24].

4. Проведен анализ технологических методов управления энергетическими параметрами металлического субстрата, которые основаны на изменении химического состава и текстуры поверхностного слоя при воздействии химических реагентов, нанесении подслоев и деформационного воздействия. Оптимизированы режимы (напряжение, сила тока, температура и время) текстурирования и микрофосфатирования по критерию адгезионной прочности покрытий. Показана целесообразность электролитического нанесения текстурированных металлических подслоев на металлические подложки из электролитов, подвергнутых воздействию рентгеновского излучения с мощностью экспозиционной дозы 39, 36 и 9 кР/ч [1, 9, 25].

Рекомендации по практическому использованию результатов

На основе промышленно выпускаемых лакокрасочных материалов холодного и горячего отверждения составы олигомер-полимер (ЭП-1236, ЭП-1267), полимер (эмаль ПФ-266) и олигомер-олигомер (ЕР 1609005, РР 1019005), разработаны композиции, обладающие в 1,5÷2 раза более высокой абразивостойкостью по сравнению с лучшими отечественными и импортными аналогами. Разработанные материалы обеспечивают эффективную защиту автомобильных агрегатов повышенного эксплуатационного ресурса (карданных валов автотракторной и сельскохозяйственной техники, тормозных камер грузовых автомобилей, амортизаторов) от коррозионно-механических повреждений. Оптимизирована технология импортозамещающих триботехнических покрытий на шлицевых соединениях карданных валов грузовых автомобилей МАЗ, КАМАЗ, БелАЗ и др., обеспечивающие не менее 500 000 км. пробега.

Разработанные составы защитных и триботехнических покрытий (ТУ ВУ 500021625.169-2010) апробированы и внедрены в производство автокомпонентов повышенного ресурса на Открытом акционерном обществе “Белкард”. Защитные покрытия на основе промышленно выпускаемых ЛКМ, модифицированных разработанными наночастицами с повышенной гидрофобностью, эффективны для защиты технологического оборудования. По результатам внедрения разработок получен экономический эффект за пять лет применения (2006–2010 гг.) более 100 млн. рублей, подтвержденный документально.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Монографии

1. Прогрессивные технологии нанесения покрытий. Монография / А.С. Воронцов [и др.]; под науч. ред. А.В. Киричека. – Москва: Издательский дом “Спектр”, 2012 г. – 272 с.: ил. (раздел 4: §4.2 и §4.3. – С. 169–196).

Статьи в рецензируемых научных журналах

2. Защитные композиционные материалы с неорганическими модификаторами / А.С. Воронцов [и др.] // Горная механика. – Солигорск, 2006. – № 3. – С. 99–103.

3. Особенности структуры композиционных материалов для покрытий / А.С. Воронцов [и др.] // Весник ГрГУ им. Я. Купалы, сер. 2, - Гродно, 2007. – №1 (48). – С. 46–49.

4. Нанокоспозиционные полимерные материалы для окрашивания автокомпонентов / А.С. Воронцов [и др.] // Инженерный вестник. – Минск, 2009. – №2 (28). – С. 45–50.

5. Воронцов, А.С. Гидрофобизированные лакокрасочные покрытия на основе эпоксидных эмалей / А.А. Скаскевич, А.С. Воронцов // Веснік ГрДУ імя Янкі Купалы, сер. 2. – Гродно, 2010. – №1 (92). – С. 80–84.

6. Особенности структуры и физических свойств частиц слоистых силикатов, полученных диспергированием / А.С. Воронцов [и др.] // Горная механика и машиностроение. – Солигорск, 2010. – №4. – С. 83–95.

7. Процессы агрегации дисперсных частиц модификаторов полимерных матриц / А.С. Воронцов [и др.] // Горная механика и машиностроение. – Солигорск, 2011. – №4. – С. 81–85.

8. Воронцов, А.С. Электрофизические аспекты формирования композиционных покрытий методом электростатического распыления суспензий / А.С. Воронцов // Весці Нацыянальнай Акадэміі Навук Беларусі. Серыя Фізіка-Тэхнічных Навук. – Минск, 2012. – № 1. – С. 29–36.

9. Воронцов, А.С. Энергетические особенности нанотехнологии многофункциональных покрытий на смешевых матрицах для автокомпонентов повышенного ресурса / В.С. Ивашко, А.С. Воронцов // Наука и техника. – Минск, 2012. – № 5, С. – 16–21.

10. Воронцов, А.С. Влияние термической обработки модификаторов на характеристики композиционных материалов для защитных покрытий / В.С. Ивашко, А.С. Воронцов // Наука и техника. – Минск, 2012. – № 6, С. – 24–29.

Статьи в сборниках научных трудов

11. Воронцов, А.С. Влияние термоактивированных дисперсных силикатов на свойства композиционных материалов на основе эпоксидных матриц для функциональных покрытий / А.С. Воронцов, Г.Н. Горбачевич, В.А. Струк // Межд. сборник научных трудов Донецкого национального технического университета “Прогрессивные технологии и системы машиностроения”. – Донецк, 2007. – вып. 33. – С. 50–57.

12. Структура композиционных материалов для функциональных покрытий / А.С. Воронцов [и др.] // Сб. научн. трудов XIV Междун. научн.-техн. конф. “Машиностроение и техносфера XXI века”. – Севастополь, 2007. – Т. 3. – С. 291–294.

13. Воронцов, А.С. Лакокрасочные материалы для окрашивания автокомпонентов / А.С. Воронцов, М.М. Семеняко // Сборник трудов XV международной научно-технической конференции “Машиностроение и техносфера XXI века”. – Севастополь, 2008. – Т. 1. – С. 203–210.

Материалы научных конференций

14. Воронцов, А.С. Исследование особенностей заряжаемости в электростатическом поле высокого напряжения композиционных лакокрасочных материалов / А.С. Воронцов // Мат. Межд. научн.-практ. конф. “Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения” ”INTERMATIC-2004”. – Москва, 2004. – С. 145–148.

15. Воронцов, А.С. Композиционные защитные материалы на основе совмещенных полимерных матриц / А.С. Воронцов, Е.В. Овчинников, А.А. Скаскевич // Мат. пятой юбилейной пром. конф. с межд. участием и блиц-выставкой. – Киев, 2005. – С. 42.

16. Воронцов, А.С. Влияние наполнителей, модифицированных органическими углеводородами, на эксплуатационные характеристики составов лакокрасочных материалов / А.С. Воронцов // Материалы Международной научной конференции “Тонкие пленки и наноструктуры” (Пленки-2005). – Москва, 2005. – С. 194–198.

17. Влияние габитуса на модифицирующее действие нанонаполнителей в полимерных матрицах / А.С. Воронцов [и др.] // Материалы Международной научно-технической конференции “Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения”. – Москва, 2006. – С. 100–103.

18. Исследование механизмов формирования низкоразмерных силикатных модификаторов полимерных матриц / А.С. Воронцов [и др.] // Мат. Межд. научн.-техн. конф. “Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения”. – Москва, 2006. – С. 104–105.

19. Триботехнические и функциональные материалы для автокомпонентов / А.С. Воронцов [и др.] // Мат. Двадцать седьмой межд. конф. “Композиционные материалы в промышленности”. – Киев, 2007. – С. 65–69.

20. Влияние технологии диспергирования на структурные характеристики и физические свойства дисперсных частиц слюды / А.С. Воронцов [и др.] // Эффективность реализации научного, ресурсного и промышленного потенциала в современных условиях: Материалы десятой юбилейной международной конференции. – Киев : УИЦ “НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИЯ”. – 2010. – С. 10–18.

Тезисы докладов научных конференций

21. Воронцов, А.С. Особенности подготовки поверхности изделий из черных металлов к нанесению лакокрасочных покрытий / А.С. Воронцов // Тез. докл. XII Респ. научн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов “Физика конденсированного состояния”. – Гродно, 2004. – С. 336–339.

22. Воронцов, А.С. Использование порошкообразных полимерных материалов в качестве наполнителей для эпоксидных лакокрасочных материалов / А.С. Воронцов // Тез. докл. XIII Респ. научн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов “Физика конденсированного состояния”. – Гродно, 2005. – С. 281–284.

23. Особенности зарядового состояния металлических компонентов металлополимерных систем / А.С. Воронцов [и др.] // Тез. докл. междунаучн.-техн. конф. “Поликомтриб-2009”. – Гомель, 2009. – С. 137.

Патенты

24. Состав композиционного материала для защитных покрытий: пат. 14386 Респ. Беларусь, МПК (2009) С 09D 5/08, С 09D 163/00, С 09D 127/00/ Л.В. Ахмадиева, Л.В. Михайлова, А.А. Рыскулов, В.В. Андрикевич, А.С. Воронцов; заявитель ЗАО “Солигорский институт проблем ресурсосбережения с опытным производством”. – № а 20091141; заявл. 28.07.2009; опубл. 30.06.2011 //Афіцыйны бюл./Нац.цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – №3 (80). – С. 107-108.

25. Способ получения гидрофобного покрытия: пат. 13952 Респ. Беларусь, МПК (2009) С 09К 3/18, Е 04В 1/64 / Л.В. Ахмадиева, Н.А. Антанович, Л.В. Михайлова, А.С. Воронцов, А.А. Рыскулов, В.В. Андрикевич; заявитель ЗАО “Солигорский институт проблем ресурсосбережения с опытным производством”. – № а 20091142; заявл. 28.07.2009; опубл. 30.12.2010 //Афіцыйны бюл./Нац.цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – №6 (77). – С. 90.



РЭЗІЮМЭ

Варанцоў Аляксандр Сяргевіч

Тэхналогія кампазіцыйных матэрыялаў на палімер-алігамерных звязваючых для пакрыццяў аўтамабільных агрэгатаў

Ключавыя словы: каразійна-механічнае зношванне, аўтакампаненты, рэсурс эксплуатацыі, засцерагальныя пакрыцці, металапалімерныя сістэмы, энергетычныя параметры кампанентаў, электростатычны распыл суспензій.

Мэта работы: распрацаваць тэхналогію кампазіцыйных матэрыялаў на аснове мадыфікаваных сумесевых палімерных матрыц для мнагафункцыянальных пакрыццяў, якія зніжаюць каразійна-механічнае зношванне дэталей аўтакампанентаў павышанага рэсурсу.

Метады даследавання і апаратура: фізіка-хімічныя метады аналізу структуры кампазітаў і мадыфікатараў (ІЧ-спектраскапія, ДТА, рэнтгенаструктурны аналіз, ТСТ-спектраскапія, атамна-сілавая, электронная растрвая і аптычная мікраскапія), метады даследавання дэфармацыйна-трываласных, адгезійных, трыбатэхнічных і засцерагальных характарыстык, метады мадэлявання фізіка-хімічных, электрафізічных і трыбатэхнічных працэсаў у металапалімерных сістэмах.

Атрыманая вынікі і іх навізна: з выкарыстаннем прадстаўленняў фізікі кандэнсаванага стану і тэорыі зарадавых кластараў прапанавана фізічная мадэль уплыву энергетычных параметраў нанамодыфікатараў і металічных субстратаў на кінетычныя заканамернасці фарміравання нанакампазіцыйных пакрыццяў метадамі распылення суспензій у полі статычнага напружання. Устаноўлены механізмы фарміравання структуры кампазіцыйных пакрыццяў нанаматэрыялаў з улікам іх асаблівасцей, формы і тэхналогіі атрымання.

Распрацаваны саставы кампазіцыйных матэрыялаў і тэхналогія фарміравання ахоўных пакрыццяў з суспензій на базе сумесевых матрыц, мадыфікаваных высокамалекулярнымі арганічнымі і мінеральнымі неарганічнымі кампанентамі з нескампенсаваным зарадам, якія ў 1,5÷2 разы перавышаюць службовыя характарыстыкі аналагаў. Аптымізаваны тэхналагічныя параметры нанясення пакрыццяў электростатычным распылам суспензій, якія забяспечваюць дасягненне сінергічнага эфекту ад іх выкарыстання. Распрацаваны саставы пакрыццяў на аснове дысперсных тэрмапластычных матрыц для зніжэння інтэнсіўнасці каразійна-механічнага зношвання агрэгатаў павышанага эксплуатацыйнага рэсурсу.

Ступень выкарыстання: распрацаваныя саставы і тэхналогія функцыянальных пакрыццяў на аснове тэрмапластычных і сумесевых матрыц для засцерагання карданых валоў аўтаатрактарнай тэхнікі, тармазных камер і амартызатараў.

Галіна прымянення: машынабудаванне, хімічная прамысловасць, станкабудаванне.

РЕЗЮМЕ

Воронцов Александр Сергеевич

Технология композиционных материалов на полимер-олигомерных связующих для покрытий автомобильных агрегатов

Ключевые слова: коррозионно-механическое изнашивание, автокомпоненты, ресурс эксплуатации, защитные покрытия, металлополимерные системы, энергетические параметры компонентов, электростатическое распыление суспензий.

Цель работы: разработать технологию композиционных материалов на основе модифицированных смесевых полимерных матриц для многофункциональных покрытий, снижающих коррозионно-механическое изнашивание деталей автомобильных агрегатов повышенного ресурса.

Методы исследования и аппаратура: физико-химические методы анализа (ИК-спектроскопия, ДТА, рентгеноструктурный анализ, ТСТ-спектроскопия, атомно-силовая, электронная растровая и оптическая микроскопия), методы исследования деформационно-прочностных, адгезионных, триботехнических и защитных характеристик, методы моделирования физико-химических, электрофизических и триботехнических процессов в металлополимерных системах.

Полученные результаты и их новизна: с использованием представлений физики конденсированного состояния и теории зарядовых кластеров предложена физическая модель влияния энергетических параметров наномодификаторов и металлических субстратов на кинетические закономерности формирования нанокластерных покрытий методами электростатического распыления суспензий в поле статического напряжения. Установлены механизмы формирования структуры композиционных покрытий с наноразмерными модификаторами различного состава, формы и технологии получения.

Разработаны составы композиционных материалов и технология формирования композиционных покрытий из суспензий на смесевых матрицах, модифицированных высокомолекулярными органическими и минеральными неорганическими компонентами, обладающими нескомпенсированным зарядом, которые в 1,5÷2 раза превосходят служебные характеристики аналогов. Оптимизированы технологические параметры нанесения покрытий электростатическим распылением суспензий, обеспечивающие достижение синергического эффекта от их применения. Разработаны составы покрытий на основе дисперсных термопластичных матриц для снижения интенсивности коррозионно-механического изнашивания узлов трения автомобильных агрегатов повышенного эксплуатационного ресурса.

Степень использования: разработаны составы, технология функциональных покрытий на основе термопластичных и смесевых матриц для защиты карданных валов автотракторной техники, тормозных камер и амортизаторов.

Область применения: машиностроение, химическая промышленность, станкостроение.

SUMMARY

Vorontsov Aleksandr Sergeevich

The technology of composition materials on basis of polymer-oligomeric binders for coatings of automobile aggregates

Key words: mechanochemical wear, vehicle components, operating life, protective coatings, metal-polimeric systems, components energy values, electrostatic spray suspensions.

The aim of the paper: to develop the technology of composition materials based on modified mixed polymeric matrixes for multi-coatings that reduce corrosion-mechanical wear of automobile units increased resource.

Research methods and equipment: physicochemical analysis techniques (infrared – spectroscopy, difference-thermal analysis, X-ray structure analysis, thermostimulated current spectroscopy, atomic-force, electronic focused-beam and optical microscopy), research methods of deformation – strength, adhesive, tribotechnical and protective characteristics, modeling methods of physicochemical, electrophysical and tribotechnical processes in metal-polymeric systems.

Gained results and their novelty: using concepts of condensed matter physics and the theory of the charge cluster the physical model of forming and influence of nanomodifiers and metal substrates' energy values on the kinetic principles of forming the nanocomposition coatings with the methods of pneumatic dispersion of suspensions methods in the static charge field is offered. The mechanisms of forming the structure of composition coatings with nanodimensional modifiers of different structure, shape and technology derivation, are established.

The structure of compositional materials and the technology of forming the protective coatings from the suspensions on bases of mixed moulds, modified by high-molecular organic and mineral inorganic components which with haven uncompensated charge, the functional characteristics of which are 1,5÷2 times better then their prototypes, are developed.

The technological characteristics of coatings application with electrostatic dispersion of suspensions, are optimized. Thanks to this technology of application synergetic effect is guaranteed.

The coating compositions on basis of dispersion thermoplastic moulds for the wear rate reduction of mechanochemical wear friction unit of automobile aggregates of premium operating life, are developed.

The degree of practical usage: the coating compositions, the technology of functional coatings on basis of thermoplastic and mixed moulds for the protection of cardan shafts of automotive engineering, brake chambers and shock-absorbers, are developed.

The sphere of application: machinery construction, chemical industry, mahine-tool construction.

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АСМ – атомно-силовая микроскопия;
ГСО, ГСФ – кальций- и фосфорсодержащие продукты;
КАФК – концентрат для аморфного фосфатирования кристаллический;
КЖАФ – концентрат жидкостной для аморфного фосфатирования;
ЛКМ – лакокрасочный материал;
ЛКП – лакокрасочное покрытие;
МПС – металлополимерная система;
ОМ – оксид металла;
НТ – нанотехнология;
ПА11 – полиамид 11;
ПА6 – полиамид 6;
ПАВ – поверхностно-активные вещества;
ПП – полипропилен;
ПС – природный силикат;
ПСХ-ЛС – смола перхлорвиниловая линейного строения;
ПЭВД – полиэтилен высокого давления;
ПЭНД – полиэтилен низкого давления;
ПЭПА – полиэтиленполиамин;
СНМ – силикатсодержащий нанофазный модификатор;
СЭВА – сополимер этилена и винилацетата;
ТСТ – термостимулированные токи;
ТЭТА – триэтилен тетраамин;
УПТФЭ – ультрадисперсный политетрафторэтилен;
ЭО – эпоксидный олигомер;
ЭП – эпоксидное покрытие;
ЭС – эпоксидная смола.

Научное издание

Воронцов Александр Сергеевич

**ТЕХНОЛОГИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
НА ПОЛИМЕР-ОЛИГОМЕРНЫХ СВЯЗУЮЩИХ
ДЛЯ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ**

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности
05.17.06 – технология и переработка полимеров и композитов

Ответственный за выпуск А. С. Воронцов

Подписано в печать 21.03.2013. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная.
Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,5. Уч.-изд. л. 1,5.
Тираж 60 экз. Заказ 94

Издатель и полиграфическое исполнение:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
ЛИ № 02330/0549423 от 08.04.2009.
ЛП № 02330/0150477 от 16.01.2009.
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.