Государственное научное учреждение
«Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого
Национальной академии наук Беларуси»

III Республиканская научно-техническая
конференция молодых ученых

НОВЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

4–6 ноября 2014 г.

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

ИММС НАН Беларуси • Гомель • 2014

Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования: материалы III Республиканской научно-технической конференции молодых ученых, Гомель, 4–6 ноября 2014 г. – Гомель: ИММС НАН Беларуси, 2014. – 121 с.

В сборнике представлены тезисы докладов участников III Республиканской научно-технической конференции молодых ученых «Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования», посвященной актуальным проблемам материаловедения, физики, современным технологиям переработки новых материалов и композитов, применению новых методов исследования функциональных свойств, решению прикладных проблем путем математического и компьютерного моделирования.

© ИММС НАН Беларуси, 2014

Содержание

Секция 1. ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ (НАНОМАТЕРИАЛЫ, ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТЫ, ПОКРЫТИЯ И ДР.)

Богданов А.Л. Пластичный смазочный материал на базе дястиллята вакуумного нефтяного и комплексного кальциевого загустителя 8

Брежнева Н.Ю. Особенности синтеза наноразмерных порошков алюмобората иттрия, активированных ионами Ce^{3+} 10

Валько Н.Г., Лавыш Д.В. Влияние рентгеновского излучения на электроосаждение композиционных покрытий Ni/Al_2O_3 13

Винглинская Е.И., Шутова А.Л. Особенности сополимеризации алкидов со стиролом 15

Глоба А.И., Жилинская О.А., Прокопович В.Ю. Изучение влияния строения алкидного сополимера на физико-механические и защитные свойства лаковых покрытий 17

Глушаков А.Н. Разработка технологии изготовления и проведение испытаний новой экономно-легированной стали для зубчатых колес трансмиссии трактора «Беларус» 19

Горбачев А.А., Шкрабатовская Л.В., Данильчик А.В. Фотоиндуцированная прививочная полимеризация на поверхности при высоких мощностях УФ излучения 21

Гундилович Н.Н., Деревяго М. В. Особенности спекания высокоглиноземистых проницаемых материалов 23

Гуцев Д.М. Влияние химических $Ni\text{-}P\text{-}SiO_2$ покрытий на коррозионную стойкость стали 25

Дамуть А.С., Трусова Е.Е. Разработка составов светорассеивающих стекол для осветительных приборов 28

Дашкевич В.Г., Гегеня Д.В. К вопросу повышения энергоэффективности операций химико-термической обработки в виброкипящем слое 29

Дашкевич В.Г., Ковальчук А.В., Плетенев И.В. Возможности электроискрового легирования при создании функциональных слоев на стали 30

Денисова Т.М., Дубровский В.В. Исследование влияния технологических факторов на структуру и свойства стеклоармированного полиэтилентерефталата 32

Дубина А.В. Получение гофрированых панелей из препрегов на основе стеклянных тканей и термопластичных полимеров 33

Егоров Д.И., Куликовская В.И. Формирование и свойства микрочастиц пектината кальция 34

Жих Б.П., Кравчук А.П., Терещенко И.М. Новая технология производства вспененных стеклообразных (стеклокристаллических) материалов 37

Кичкайло О.В. Интенсификация спекания литиевой керамики с применением минерализаторов 39

Кичкайло О.В. Получение керамических декоративных изделий с использованием осадков сточных вод гальванических производств 41

Кравчук А.П., Шишковец А.С., Марухин А.И. Оптимизация режима ионообменного упрочнения листовых стекол в расплаве нитрата калия 42

Лавыш Д.В., Валько Н.Г. Коррозионная стойкость гальванических композиционных покрытий Zn-Ni/SiO_2, полученных в поле рентгеновского излучения 43

Логунова А.С., Ковальчук Е. А., Матвеев К.С. Технология получения полимерных композиционных материалов на основе отходов производства 45

Мачучко С.К. Микрокремнезем как эффективный минерализатор в составах керамических масс для однократного обжига облицовочных плиток 47

Микулич В.С., Муравский Ал.А. Фотоориентируемые азокрасители на основе 5, 5'-диоксодибензотиофена 49

Нарушко Е.О., Волочко А.Т., Марков Г.В. Экранирующие покрытия на пластмассе, полученные вакуумно-плазменными методами и исследование их экранирующей способности 50

Натаров В.О., Котиков Д.А., Сурвило В.Л., Перчик А.В., Попова А.В., Паньков В.В. Синтез нанокомпозитов γ-Fe_2O_3–SiO_2 для магнитной сепарации и очистки нуклеиновых кислот 52

Носов К.С., Дубодел В.П., Шутова Е.А. Влияние добавок низкомолекулярного полиэтилена на адгезионные свойства битумно-полимерных композиций 54

Носов К.С. Исследование влияния термически обработанного минерального наполнителя на прочностные свойства высоконаполненных полимер-минеральных композиций 56

Подболотов К.Б., Попов Р.Ю. Высокотемпературные электроизоляционные керамические материалы 57

Поженько Я.И., Баулин И.С., Спиглазов А.В. Формование плоских заготовок из расплава наполненных термопластичных полимеров для производства составных изделий 59

Попов Р.Ю., Климош Ю.А., Сергиевич О.А., Шапкина А.С. Получение огнеупорных материалов и керамики технического назначения с использованием каолинов РБ 60

Рогачев А.А., Фролов А.М. Особенности роста и электрофизические свойства покрытий на основе полианилина и наночастиц серебра 62

Рубаник В.В., Рубаник В.В. мл., Легкоступов С.А. Самораспрявляющийся колоректальный TiNi стент 64

Рубаник В.В., Рубаник В.В. мл., Непомнящая В.В. Запорный клапан с TiNi исполнительным элементом 66

Сабадаха Е.Н., Марченко О.Н., Витковская О.О., Тиханская Е.Ю. Изучение влияния белых пигментов на биоцидные свойства покрытия 68

Соломаха Т.А. Формирование ультрадисперсных порошков YAG:Ce методом соосаждения 70

Тимошенко В.В., Валенков А.М. Исследование физико-механических и технологических характеристик композиционных материалов на основе гидролизного лигнина и полиолефинов 72

Хорт А.А., Дятлова Е.М., Поддубняк В.С. Влияние модифицирующих добавок на структуру и свойства керамических материалов для чувствительных элементов датчиков CO_2 74

Шевченко В.В. Исследование структуры и свойств полибутилентерефталата, модифицированного изоцианатными удлинителями цепи 76

Шутова А.Л., Хованская Е.И., Аганская М.В. Модификация наноразмерными добавками алкидных антикоррозионных грунтовок 77

Якимович Н.В., Симонюк И.Ю., Бухаров С.Н. Оптимизация технологии звукопоглощающих композиционных материалов для интерьеров автотранспортных средств 78

Ященко В.С., Ольховик В.К. Синтез ионообменного сополимера полифенилен-1,3,4-оксадиазола 80

Секция 2. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ

Башлакова А.Л. Релаксационные свойства стеклопластиковой арматуры как однонаправленного композита при сжатии и изгибе 83

Белов Д.А., Рацкевич И.С. Получение и исследование свойств привитых сополимеров акриловой кислоты на полилактидной матрице 85

Долган М.И. Особенности пористой структуры материалов для подошв обуви 87

Ермалицкая К.Ф. Лазерный микроанализ стекла 89

Ермалицкая К.Ф. Двухимпульсная лазерная спектроскопия минеральных красок 90

Кудрицкий В.Г. Параметризация наземного эксперимента, как фактор оценки эквивалентности натурных и лабораторных трибоиспытаний в рамках космического эксперимента 92

Лемешев С.А., Кадолич Ж.В. Термоактивационная токовая спектроскопия растительных масел 94

Мельникова Г.Б., Дрозд Е.С., Кужель Н.С., Мычко М.Е., Шишко О.Н. Влияние наночастиц золота на упругие свойства мембраны эритроцитов 96

Пантелеев К.В., Жарин А.Л. Метод определения вида контактной деформации в тонких поверхностных слоях металла по работе выхода электрона 98

Пантелеев К.В., Жарин А.Л. Особенности исследования поверхности металлов при граничном трении по работе выхода электрона 100

Рубаник В.В., Рубаник В.В. мл., Легкоступов С.А., Лесота А.В. Наведение термокинетической ЭДС в сплавах TiNi при прямом фазовом превращении 101

Самойленко О.А., Хаминец С.Г., Радкевич В.З. Влияние поверхностной функционализации углеродных волокон на их физико-химические свойства и адсорбционную активность 103

Станкевич А.В. Анизотропная проводимость пленок азокрасителей 106

Утенкова Д.Б., Сидоренко А.Ю. Изменение структурных и каталитических свойств глауконита при кислотной обработке 108

Хмара А.С. Взаимосвязь нормального коэффициента звукопоглощения с коэффициентом сопротивления продуванию воздушным потоком в волокнисто-пористых композитах 110

Секция 3. ТРИБОЛОГИЯ, ФИЗИКА, ХИМИЯ И МЕХАНИКА ПОВЕРХНОСТИ

Ануфриенко М.С., Купреев А.В. Триботехнические испытания антифрикционных полимерных материалов в условиях граничного трения 112

Безрученко В.С., Микулич В.С., Муравский А.А. Аномальное поведение энергии сцепления ориентирующих слоев азокрасителя при увеличении степени упорядочивания молекул 114

Валенков А.М., Тимошенко В.В. Механизм упрочнения полиамидных покрытий полидисперсными частицами структурированного углерода с плазмохимически модифицированной поверхностью 116

Домасик В.В., Ковалёва И.Н. Обзор направлений трибологии за 2005–2014 гг. в публикациях журнала «Трение и износ» 118

Рехлицкая Д.В., Соловей Н.Ф. Структура и механические свойства модифицированных слоев сталей 25ХГСА, 60С2А, 65Г 119

Секция 1 ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ (НАНОМАТЕРИАЛЫ, ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТЫ, ПОКРЫТИЯ И ДР.)

ПЛАСТИЧНЫЙ СМАЗОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ НА БАЗЕ ДИСТИЛЛЯТА ВАКУУМНОГО НЕФТЯНОГО И КОМПЛЕКСНОГО КАЛЬЦИЕВОГО ЗАГУСТИТЕЛЯ

Богданов А.Л.

ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси», г. Гомель, e-mail: al.bogdanov@tut.by

В настоящее время особый интерес представляют пластичные смазочные материалы (ПСМ) на комплексных мылах. Главные достоинства данных ПСМ – это достаточно высокие предельные температуры эксплуатации – до 180°С, высокая стабильность и работа при повышенных нагрузках. Достаточно широко распространены ПСМ на комплексных кальциевых мылах. Основная область применения таких ПСМ — металлургическое производство, автомобилестроение, горнодобывающая отрасль.

В производстве современных ПСМ на комплексных кальциевых мылах традиционно используются индустриальные либо высокоочищенные базовые масла в качестве дисперсионной среды, которые существенно повышают стоимость конечного продукта.

Исследования, проведенные в настоящее время, показали возможность удешевления производства за счет применения промежуточных продуктов нефтепереработки в качестве дисперсионной среды.

Целью работы являлось исследование возможности получения пластичного смазочного материала на базе дистиллята вакуумного нефтяного и комплексного кальциевого загустителя.

Объектом исследования являлись ПСМ на базе дистиллятов вакуумных нефтяных и комплексных кальциевых мыл высших жирных кислот. В качестве загустителя использовались комплексные кальциевые мыла, полученные омылением синтетических жирных кислот и нейтрализацией низкомолекулярных органических кислот гидроокисью кальция.

Экспериментальные образцы полученных ПСМ были исследованы с целью определения основных реологических свойств – предела прочности на сдвиг и температуры каплепадения.

Для получения экспериментальных образцов использовали автоматизированную реакторную установку, которая позволяет в режиме реального времени регистрировать температурные режимы и вязкость реакционной массы посредством ЭВМ.

Получаемые на выходе технологические диаграммы, пример которых приведен на рисунке 1, показывают эффективность выбранных технологических условий и дают возможность своевременно корректировать технологический процесс и прогнозировать исход эксперимента.

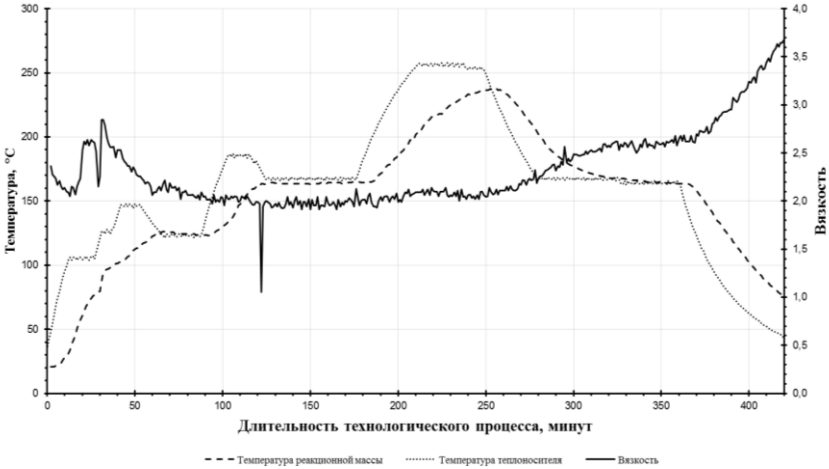


Рисунок 1. Технологическая диаграмма получения ПСМ
на комплексном кальциевом мыле

Основной сложностью разработки рассматриваемых смазочных материалов является выбор правильных технологических режимов – термообработки в частности. Как показывают исследования, помимо температуры существенное влияние на свойства конечного продукта оказывает и продолжительность термообработки.

Установлено, что для системы ацетат-стеарат кальция, формирующей структурный каркас дисперсной фазы ПСМ, оптимальной является температура в интервале 140–170°С. При такой температуре начинается формирование комплексного мыла, что подтверждается результатами ИК Фурье спектроскопии –

постепенно уменьшается интенсивность пиков на спектрах в областях характерных для чистых ацетата и стеарата кальция. Не маловажное значение имеет верхний предел температуры вторичной термообработки, который находится в интервале 220–250°С. Нагревание до более высоких температур ограничено свойствами дисперсионной среды, а обработка при более низких температурах приводит к резкому снижению температуры каплепадения и стабильности конечного продукта.

В конечном итоге соблюдение данных условий в комплексе с оптимальным содержанием дисперсной фазы позволило получить ПСМ на базе дистиллята вакуумного нефтяного с достаточно высокими эксплуатационными характеристиками. При содержании дисперсной фазы в пределах 11–18% предел прочности на сдвиг при 50°С составил 150–1200 Па, температура каплепадения более 220°С, что в свою очередь соответствует требованиям к ПСМ на индустриальных маслах.

Следует отметить, что полученные ПСМ значительно дешевле аналогичных ПСМ, представленных на отечественном рынке (на 30–50%) и не уступают при этом последним по качеству и характеристикам.

Таким образом, полученные экспериментальные данные показывают, возможность использования в качестве дисперсионной среды комплексных кальциевых смазок дистиллятов вакуумных нефтяных взамен высокоочищенных индустриальных и базовых масел.

ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА НАНОРАЗМЕРНЫХ ПОРОШКОВ АЛЮМОБОРАТА ИТТРИЯ, АКТИВИРОВАННЫХ ИОНАМИ CE

Брежнева Н.Ю.

НИИ ФХП БГУ, химический факультет БГУ, Минск,
e-mail: nadezhda.brezhneva.94@mail.ru

Семейство алюмоборатов РЗЭ ($RAl_3(BO_3)_4$) вызывает значительный интерес исследователей вследствие сочетания ярко выраженных люминесцентных и нелинейно-оптических свойств, обеспечивающих режим самоудвоения частоты лазерной генерации, за счет их нецентросимметричной структуры, изоструктурной природному минералу хантиту $CaMg_3(CO_3)_4$. Указанные свойства в совокупности с химической стойкостью, механической прочностью, технологичностью обработки делают алюмобораты одними из наиболее перспективных для создания малогабаритных полифункциональных лазеров. Эти кристаллы демонстрируют аномально низкое концентрационное тушение люминесценции, что обусловлено

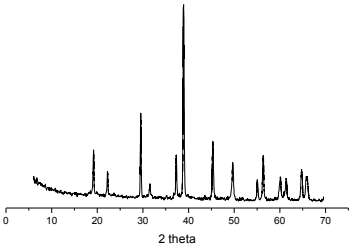
рекордно большим расстоянием между ближайшими редкоземельными ионами (5–6 Å).

Особое внимание привлекают кристаллы иттрий-алюминиевого бората $YAl_3(BO_3)_4$ (YAB), характеризующиеся оптической прозрачностью в широком диапазоне длин волн от 1400 см$^{-1}$ до 50000 см$^{-1}$. Вместе с тем, серьезным недостатком соединений $LnAl_3(BO_3)_4$ является инконгруэнтный характер плавления и склонность расплава к стеклованию. По этим причинам выращивать кристаллы можно только раствор – расплавным методом, причем скорости роста обычно не превышают 1 мм в сутки.

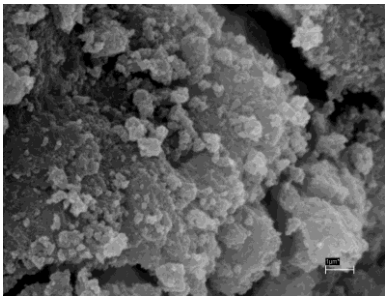
В связи со сказанным разработка методов синтеза алюмоборатов РЗЭ весьма актуальна. Помимо твердофазных реакций перспективным является использование коллоидно-химических подходов к синтезу $LnAl_3(BO_3)_4$.

В данной работе представлены результаты исследования процессов получения наноразмерных порошков $YAl_3(BO_3)_4$, активированного ионами Ce^{3+}, с использованием метода соосаждения. Методами термического анализа, РФА, ИК-спектроскопии, СЭМ изучено влияние типа осадителя (аммиак, бикарбонат аммония), pH, концентрации исходных реагентов, порядок их смешивания, условий промывки, сушки и температуры термообработки на формирование YAB:Ce. Установлено, что необходимыми условиями формирования YAB:Ce практически без образования примесных фаз (YBO_3, $Al_{18}B_4O_{33}$, $Al_4B_2O_9$) независимо от типа осадителя являются: использование приема обратного осаждения (исходные соли нитратов добавляются к раствору осадителя), проведение осаждения до pH 8,5–9,0, использование избытка борной кислоты (10–15%) по отношению к стехиометрии) и проведение термообработки в две стадии: 600°C (2 часа) и 1150°C (2 часа). Показано, что при использовании бикарбоната аммония при соосаждении борную кислоту необходимо вводить в суспензию СОГ иттрия и алюминия, а не в смесь исходных нитратных растворов иттрия и алюминия, как в случае использования аммиака. В соответствии с данными РФА при добавлении борной кислоты к исходным нитратам не образуется фаза алюмобората иттрия, а в качестве продуктов образуются примесные фазы. Это обусловлено тем, что при соосаждении бикарбонатом аммония преимущественно осаждается карбонат, основные соли иттрия, препятствующие, вероятно, образованию фазы алюмобората иттрия, а способствующие формированию YBO_3. При оптимальных условиях синтеза (см. выше), независимо от типа осадителя образцы представляют собой фазу $YAl_3(BO_3)_4$ ромбоэдрической структуры изоморфной структуре минерала хантита $CaMg_3(CO_3)_4$ и состоят из конгломератов плотноупакованных частиц палочкообразной формы размером 1–2 мкм (по длине) (рис. 1а, б). Размер частиц в конгломератах составляет менее 100 нм. Обнаружено, что люминесцентные свойства полученных образцов за-

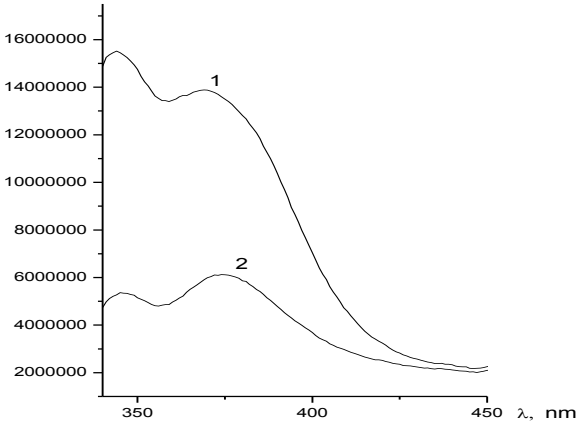
висят от типа осадителя: в случае использования аммиака интенсивность люминесценции выше (рис. 1в).



а)



б)



в)

Рисунок 1 Рентгенограмма (а), СЭМ (б) и спектры люминесценции (в) $YAl_3(BO_3)_4$: (1) аммиачный и (2) бикарбонатный (длина волны возбуждения 320 нм)

ВЛИЯНИЕ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ NI/AL$_2$O$_3$

Валько Н.Г., Лавыш Д.В.

УО «Гродненский государственный университет им. Я. Купалы», г. Гродно ул. Ожешко 22, e-mail: N.Valko@grsu.by

В последнее время широкое применение находят композиционные электролитические покрытия (КЭП) на основе никеля с модификатором Al_2O_3. Как правило, данные КЭП получают электролизом из электролитов – суспензий, представляющих собой водные растворы солей никеля с добавкой высокодисперсного порошка Al_2O_3, придающего никелевым покрытиям специфические свойства: износостойкость, твердость, повышенную коррозионную стойкость и т.д.

Целью работы являлось исследование влияния рентгеновского излучения на электроосаждение композиционных покрытий на основе Ni из водных электролитов с наночастицами Al_2O_3.

Электроосаждение осуществлялось из электролита следующего состава: $NiSO_4 \cdot 7H_2O$ – 240 г/л, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ – 30 г/л, H_3BO_3 – 25 г/л, NaCl – 15 г/л, $NaSO_4$ – 50 г/л. Покрытия осаждались на сталь 08кп с предварительным реверсом, при температуре термостатирования 35,6^{o}C, в течение 1 ч. Электроосаждение проводилось в поле рентгеновского излучения. Источником рентгеновского излучения служила установка УРС 1.0 при напряжении на трубке 55кВ и токе 15 мА. Скорость осаждения покрытий измерялась посредством взвешивания, а также измерения толщины покрытий. Массовый прирост определялся на аналитических весах с точностью измерения 0,00005 г. Измерения толщины производилось на толщиномере МТЦ 3.

Исследовались КЭП Ni/Al_2O_3, осажденные из электролитов с концентрацией наночастиц Al_2O_3, равной 0,05 г/л и 0,5 г/л.

Экспериментально установлено, что действие рентгеновского излучения на процесс электроосаждения композиционных покрытий на Ni/Al_2O_3 на подложки из низкоуглеродистой стали 08 кп приводит к увеличению массового прироста покрытий в единицу времени за счет увеличения потоков диффундирующих ионов восстанавливаемых металлов к катоду [1]. Интенсификация диффузионных процессов происходит вследствие радиационно-химических процессов, протекающих в электролитах под облучением, и является причиной увеличения скорости электроосаждения и соответствующего измельчения морфологии поверхности покрытий. В частности, при осаждении КЭП Ni/Al_2O_3 из электролитов с концентрацией Al_2O_3, рав-

ной 0,5 г/л, в поле рентгеновского излучения скорость массового прироста на 30% выше, чем у контрольных КЭП (рисунок 1).

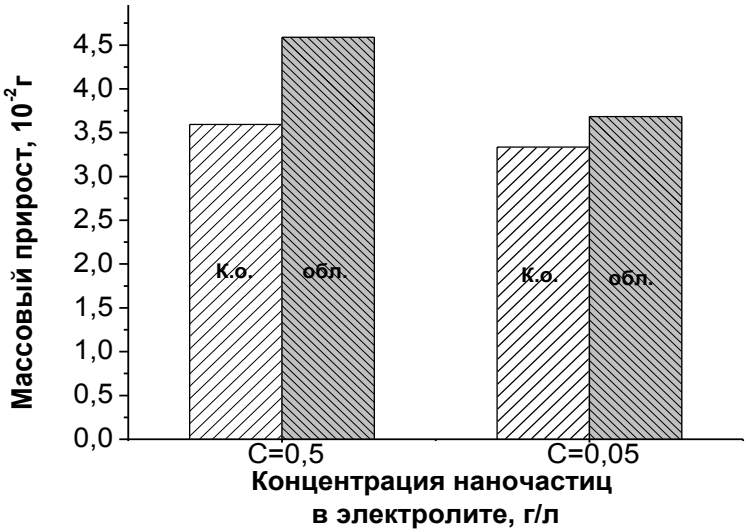


Рисунок 1. Массовый прирост КЭП Ni/Al_2O_3
к.о – контрольные образцы; обл – образцы, сформированные в поле излучения

В ходе исследования также было обнаружено, что увеличение концентрации наночастиц Al_2O_3 в электролите приводит к возрастанию толщины КЭП. При этом, толщина КЭП у контрольных образцов меньше, чем толщина КЭП, полученных под действием рентгеновского излучения.

Таким образом, на основании анализа результатов исследования установлены зависимости кинетических характеристик от режимов электролиза и концентрации наночастиц в электролите.

Литература:

1 Anishchik, V.M. Modification of the Physical-mechanical properties of Co-No electrodeposition coatings by X-ray irradiation/ V.M. Anishchik, N.G. Valko, V.V. Vojna// Journal of surface investigation, X-ray, synchrotron and neutron techniques,Vol 7, № 5, 2013– pp. 896–899.

2 Валько, Н.Г.Структура и свойства покрытий Co-Ni-Fe, электролитически осажденных при воздействии рентгеновского излучения / Н.Г. Валько, В.Г. Гуртовой// Журнал ФТТ. – 2013. – Т.55. – Вып.11. – С.286.

ОСОБЕННОСТИ СОПОЛИМЕРИЗАЦИИ АЛКИДОВ СО СТИРОЛОМ

Винглинская Е.И., Шутова А.Л.

УО «Белорусский государственный технологический университет»,
г. Минск, ул. Свердлова 13а, 8-017-327-57-38,
e-mail: VPSh_BSTU@mail.ru

Особым классом пленкообразующих материалов, на основе которых получают быстросохнущие лакокрасочные материалы естественной сушки, являются алкидно-стирольные смолы (АСС). При разработке рецептур АСС для определения массовых соотношений компонентов руководствовались информацией, что наиболее быстросохнущими алкидно-стирольными пленкообразователями являются те, которые содержат 40% стирола. Однако в ходе исследований выяснилось, что при добавлении стирола в данном соотношении к алкидной смоле с жирностью 40% и 50% опыт не получается, т.к. реакционная масса по консистенции напоминает «желе» – продукт с высокой вязкостью, что вызвано либо увеличением разветвленности макромолекул и/либо их молекулярной массы. Поэтому задачей данного исследования являлось определение максимального количества стирола, которое можно сополимеризовать с модифицированными дегидратированным касторовым маслом алкидами различной жирности, чтобы получить АСС с удовлетворительными технологическими свойствами – определение «критической точки гелеобразования». Для этого в момент проведения синтеза АСС, было зафиксировано количество добавленного стирола, при котором продукт теряет свои технологические свойства, в т.н. «критической точке гелеобразования». На основании полученных данных построена графическая зависимость жирности алкида от содержания стирола.

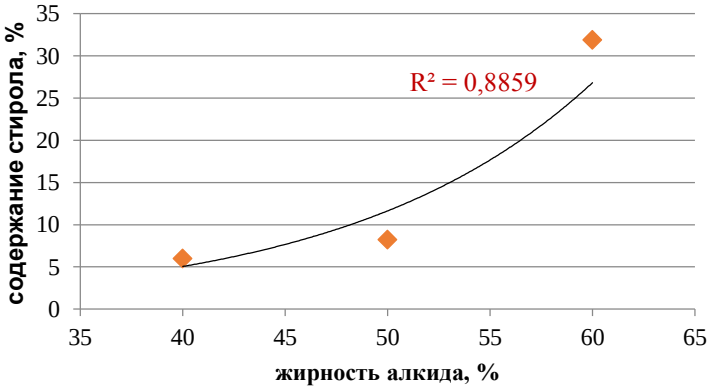


Рисунок 1. Определение «критической точки гелеобразования» АСС

С помощью программы Excel выведено уравнение, определяющее критическую точку гелеобразования, т.е. точку, после которой наступает потеря технологических свойств продуктов:

$$y = 0{,}1785 \cdot e^{0{,}083 \cdot x},$$

Следует отметить, что значение величины достоверности аппроксимации (R^2), равное 0,8859, близко к 1, а значит, выведенное уравнение можно считать достоверным.

Используя выведенное уравнение, можно определить критическое количество стирола (y), добавление которого к алкиду определенной жирности (x) приводит к началу желатинизации реакционной массы. Следовательно, при разработке рецептур АСС количество стирола должно быть немного меньше рассчитанного значения.

Таким образом, установлено, что для успешной сополимеризации алкидов, модифицированных дегидратированным касторовым маслом, со стиролом по выведенному экспериментальным путем уравнению можно определить максимальное количество стирола, которое можно ввести в алкидный олигомер определенной жирности, что позволит существенно уменьшить количество экспериментов и синтезов при разработке рецептуры АСС с требуемыми свойствами.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРОЕНИЯ АЛКИДНОГО СОПОЛИМЕРА НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ И ЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ЛАКОВЫХ ПОКРЫТИЙ

Глоба А.И., Жилинская О.А., Прокопович В.Ю.

УО «Белорусский государственный технологический университет»,
г. Минск, ул. Свердлова 13а, 8-017-327-57-38,
e-mail: Orion-2308@yandex.ru

Алкидные смолы являются большим классом пленкообразующих материалов, на основе которых получают широкий спектр лакокрасочных материалов естественной и горячей сушки. Варьирование свойств покрытий на их основе достигается в значительной мере за счет большого разнообразия мономеров и модификаторов [1].

Целью данной работы являлось улучшение физико-механических и защитных свойств лаковых покрытий за счет регулирования строения алкидного сополимера, синтезированного с использованием в качестве мономеров глицерина (Гл) или пентаэритрита (Пэ), а также фталевого ангидрида (ФА) и ангидрида 5,6-бензбицикло-[2,2,2]октанон-8-дикарбоновой-2,3 кислоты, взятых в определенном соотношении.

Расчет рецептур алкидов осуществляли с учетом функциональности используемых мономеров, заданного избытка гидроксильных групп получаемого алкида и его жирности [2].

Синтез алкидных смол осуществляли путем поликонденсации ФА и АББК с продуктами переэтерификации многоатомных спиртов (Гл, Пэ) с различными количествами рафинированного льняного масла при 210–215 ^{o}C в течение 2,5 – 6,5 ч. В качестве катализатора использовали PbO. В результате получали светло-желтые смолы с кислотным числом 10–65 мг КОН/г, хорошо растворимые в ацетоне, ксилоле, диметилформамиде. Эти смолы способны отверждаться при нагревании с образованием трехмерных продуктов при 100–105°C в течение 30–45 мин, при 18–23°C в течение 8–10 ч.

Определение основных физико-механических свойств полученных покрытий определяли по гостированным методикам: твердость по маятниковому прибору типа ТМЛ маятник А – ГОСТ 5233; прочность при ударе – ГОСТ 4765; адгезия – ГОСТ 15140; эластичность при изгибе – ГОСТ 6806; стойкость к статическому воздействию жидкостей – ГОСТ 9.403.

Данные по составу и свойствам лаковых покрытий, полученных горячей сушкой, приведены в таблице 1.

Таким образом, из таблицы видно, что лаковые покрытия, нанесенные на металлические или стеклянные подложки, образуют после отверждения прочную пленку, обладающую высокой поверхностной твердостью, хорошей адгезией и обеспечивают повышенную коррозионную устойчивость металлических поверхностей к воздействию влаги за счет обеспечения компонентами барьерного и адгезионного механизма защитного действия покрытия в присутствии ангидридной компоненты алкидной смолы (АББК).

Таблица 1 – Состав и свойства лаковых покрытий

Состав смолы		Физико-механические свойства покрытия				Стойкость покрытия к воздействию, сут.		
Спиртовой компонент	Жирность	Твердость, отн. ед.	Адгезия, балл	Прочность при ударе, см	Эластичность при изгибе, мм	вода	0,5% р-р HCl	3% р-р NaCl
Г	30	0,88	1	80	1	90	15	1
Г	40	0,84	1	85	1	>90	15	1
Г	50	0,55	1	90	1	>90	17	1
ПЭ	50	0,76	1	100	1	80	19	2
ПЭ	60	0,74	1	100	1	75	20	2

Это позволяет получать алкиды с улучшенными физико-механическими свойствами, которые могут быть использованы для получения защитных лакокрасочных покрытий, обладающих высокой твердостью, водостойкостью и хорошей адгезией.

Литература

1. Паттон Т.К. Технология алкидных смол. Москва, Химия, 1970.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ НОВОЙ ЭКОНОМНО-ЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ ДЛЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ТРАНСМИССИИ ТРАКТОРА «БЕЛАРУС».

Глушаков А.Н

ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси»
Республика Беларусь, г. Минск, ул Купревича 10,
Тел (факс): +375(17)2635838, e-mail Hlushakov.a.n@gmail.com

Применение в трансмиссиях тракторной техники новых цементируемых сталей и режимов их объемного и поверхностного упрочнения позволит существенно снизить затраты на изготовление зубчатых колес и повысить их долговечность, за счет оптимизации состава структуры и технологии изготовления [1–3].

В Физико-техническом институте НАН Беларуси выполнены работы научно-исследовательского и прикладного характера по созданию и применению новых сталей и технологий при изготовлении зубчатых колес коробки передач серийного трактора «Беларус 1221». При этом решалась задача полной замены используемых сталей на новую сталь 20ХГНМБ. Было установлено, что легирование конструкционной стали 20ХГНМ микродобавками карбидообразующих элементов значительно улучшает структуру и свойства зубчатых колес, что способствует увеличению их эксплуатационной стойкости и уменьшению затрат на изготовление. На основании проведенных исследований была разработана и защищена патентом Республики Беларусь новая сталь 20ХГНМБ легированная микродобавками ниобия.

На ЗАО «Волгоградский металлургический завод «Красный Октябрь» в ДСП-25Н2 по технологической инструкции и условиям технологического регламента ФТИ и ОИМ НАН Беларуси выплавили опытно-промышленную партию стали 20ХГНМБ. Готовый прокат был поставлен на Минский тракторный завод в количестве 22,6т с сертификатом качества. Механические свойства новой и серийной стали представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Механические свойства

Сталь	$\sigma_т$, МПа	$\sigma_в$, МПа	δ,%	ψ,%	KCU, Дж/см^2	Термообработка
20ХГНМБ	1270	1420	14,0	55,0	106	Закалка 860˚С, масло, отпуск 180˚С 2 часа, охлаждение воздух.
20ХГНМ ГОСТ 4543-71	930	1180–1570	7,0	–	59	

Для определения технологических режимов обработки зубчатых колес из новой стали была изготовлена опытная партия деталей в количестве 200 штук. С использованием заводского оборудования были отработаны режимы предварительной термической обработки поковок зубчатых колес, цементации и механической обработки обеспечивающие получение в деталях оптимальной структуры и свойств, для повышения их долговечности. После предварительной термической обработки поковки имели феррито-перлитную структуру с необходимой для механической обработки твердостью в пределах 180–210 НВ. Механическую обработку проводили по режимам, которые применяемым для изготовления зубчатых колес из серийных сталей 15ХГН2ТА, 25ХГТ и 20ХН3А. Исследование качества цементированных слоев зубчатых колес, полученных в вакуумных печах фирмы «ALD» по серийной технологии, выявила необходимость корректировки параметров процесса для увеличения глубины слоя с требуемым распределением твердости. Был оптимизирован режим насыщения слоя углеродом, что позволило снизить температуру насыщения с 960 ℃ до 930 ℃, и уменьшить коробления деталей.

Опытными шестернями были полностью укомплектованы 12 коробок передач трактора «Беларус 1221», одна из которых была повергнута стендовым испытаниям совместно с серийной коробкой передач. Сравнительные стендовые испытания выявили преимущества в эксплуатационной стойкости зубчатых колес из стали 20ХГНМБ перед сталью 20ХН3А. В результате исследований и испытаний были изготовлены и поставлены на 180 серийных тракторов коробки передач, полностью укомплектованные зубчатыми колесами из новой стали. Подконтрольные трактора отправлены на испытания в хозяйства РБ и стран СНГ.

Создание и освоение в массовом производстве тракторной техники новых экономно-легированных сталей с высокими служебными свойствами, а также ресурсосберегающих технологий изготовления из них ответственных деталей является важной и актуальной проблемой для тракторной отрасли.

Литература

1. Сусин А.А. Химико-термическое упрочнение высоконапряженных деталей. Мн.: Беларуская навука, 1999. С.175.

2. Дудецкая Л.Р., Ивашко В.С., Орлов Ю.Г., Куприянов И.Л. Механические испытания металлов и их неразъёмных соединений. – Мн.: МИПК при БГПА, 2000.– 100 с.

3. Руденко, С.П. Контактная усталость зубчатых колес трансмиссии энергонасыщенных машин / С.П. Руденко, А.Л. Валько. – Минск: Беларуская навука, 2014. – 126с.

ФОТОИНДУЦИРОВАННАЯ ПРИВИВОЧНАЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ВЫСОКИХ МОЩНОСТЯХ УФ ИЗЛУЧЕНИЯ

Горбачев А.А., Шкрабатовская Л.В., Данильчик А.В.

Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси,
пр. Независимости 69, г.Минск. Тел.(017) 284-16-87, факс(017) 284-08-79,
e-mail: shkrabatouskaya@yandex.by.

Фотоиндуцированная прививочная полимеризация – один из наиболее перспективных на данный момент способов модификации поверхности привитыми функциональными полимерами. К его основным преимуществам относятся быстрота, экологичность, низкая затратность и простота проведения.

Источником УФ излучения для прививочной фотополимеризации на поверхности являются ртутные лампы, при этом используется полоса испускания в области 365 нм. Однако излучение этих ламп охватывает широкий диапазон от ИК области до области жесткого ультрафиолета. В результате используемая для проведения прививочной фотополимеризации мощность излучения составляет менее 20% от общей мощности излучения лампы. Это, во-первых, приводит к нерациональным затратам, а во-вторых значительно ограничивает максимальную мощность засветки УФ излучением на единицу площади, что увеличивает длительность процесса прививки. Перспективной альтернативой ртутным лампам являются светодиодные УФ источники, которые излучают на конкретной, необходимой для работы длине волны. Максимальная мощность излучения новейших светодиодов на длине волны 365 нм намного превышает мощность излучения ртутных ламп и, что очень важно, легко контролируется посредством изменения силы тока.

Нами создан светодиодный УФ излучатель, дающий плотность мощности излучения с длиной волны 365 нм до 200 мВт/см^2 при площади засветки 75 см^2,

с использованием которого выполнены предварительные исследования влияния интенсивности УФ излучения на эффективность фотоиндуцированной прививочной полимеризации на поверхности полимерных пленок. Было достигнуто почти 10-кратное сокращение продолжительности процесса прививки, относительно его продолжительности при использовании УФ излучателя на ртутных лампах.

Пленку полипропилена (ПП) помещали в раствор бензофенона (БФ) в ацетоне, извлекали из раствора, сушили на воздухе, укладывали на кварцевую пластину, наносили на поверхность образца заданное количество недеаэрированного водного раствора акриловой кислоты (АК) и полученную каплю накрывали второй кварцевой пластиной так, чтобы раствор равномерно распределился по всей поверхности пленки. Пластины зажимали металлическими зажимами и полученную кювету помещали под источник УФ излучения. После облучения в течение заданного времени пленку извлекали из кюветы, отмывали от остаточного мономера и частично образующегося гомополимера в дистиллированной воде при непрерывном перемешивании и сушили на воздухе.

Количество привитого полимера определяли из ИК спектров поверхности пленок, которые регистрировали методом НПВО с помощью приставки Smart ARK («ThermoSpectra-Tech», США) на ИК Фурье-спектрометре Nexus 670 («ThermoNicolet», США).

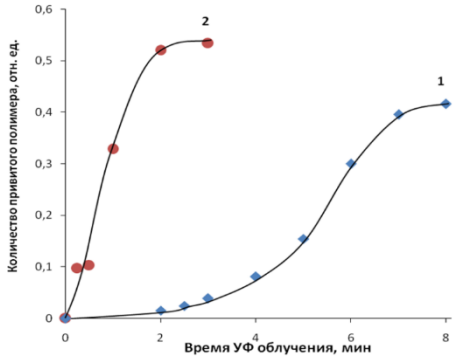


Рисунок 1. Количество привитого полимера на поверхности пленки ПП от времени облучения ламповым (1) и светодиодным (2) УФ источниками.

На рис.1 представлена зависимость количества привитого полимера от времени облучения образца для двух различных экспериментов. Кривая (1) соответствует данным, полученным с использованием ртутной лампы в качестве УФ источника (плотность мощности излучения 12-14 мВт/см^2). Кривая (2) отображает протекание прививки с использованием светодиодов в качестве

УФ источника (плотность мощности 193 мВт/см^2). Из сопоставления полученных данных видно, что увеличение скорости процесса достигается за счет значительного сокращения индукционного периода реакции и увеличения скорости непосредственно полимеризации.

Проведение прививки при высоких мощностях облучения, достигаемых за счет использования современных УФ светодиодов, позволяет существенно увеличить эффективность процесса.

ОСОБЕННОСТИ СПЕКАНИЯ ВЫСОКОГЛИНОЗЕМИСТЫХ ПРОНИЦАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

Гундилович Н.Н., Деревяго М.В.

УО «Белорусский государственный технологический университет»,
г. Минск, ул. Свердлова 13а,
телефон: (8-017) 327-43-08, факс: (8-017) 327-62-17, e-mail: kolgund@mail.ru

Проницаемые керамические материалы широко используются во многих отраслях промышленности, таких как пищевая, фармацевтическая, химическая и нефтехимическая, металлообработка. Наилучшими эксплуатационными свойствами обладают проницаемые материалы на основе оксида алюминия. Благодаря биоинертности, высокой механической прочности, химической устойчивости высокоглиноземистые материалы применяются для микрофильтрации молока и концентрирования молочных продуктов, очистки и осветления фруктовых и овощных соков, для фильтрации рабочих жидкостей при производстве алкогольных напитков, водоочистки.

Получение высокоглиноземистой фильтрующей керамики с заданной микроструктурой материала возможно за счет регулирования процессов спекания и фазообразования керамических масс под действием химически активных добавок и связующих веществ. Важную роль в обеспечении высокой проницаемости высокоглиноземистых керамических фильтрующих материалов, механической и химической устойчивости играет состав и количество связующего.

С целью разработки составов керамических масс и технологии получения проницаемых высокоглиноземистых материалов, обеспечивающих высокие эксплуатационные свойства при минимальных затратах на их производство в работе исследовано влияние гиббсита, как химически активной добавки в составе связующего, на процесс спекания и эксплуатационные свойства высокоглиноземистой проницаемой керамики.

В работе установлено, что применение связующего на основе стекла марки ХТ-1, глины огнеупорной Керамик-Веско и гиббсита ГБ-1 позволяет интенси-

фицировать процесс спекания высокоглиноземистой проницаемой керамики и при температуре обжига 1350 °С получать изделия, обладающие высокими эксплуатационными свойствами. Бороалюмосиликатный расплав, образующийся при плавлении материалов связки, характеризуется высокой вязкостью и поверхностным натяжением, и обеспечивает конгломерацию частиц глинозема, формируя открытые каналообразующие поры.

При введении гиббсита в состав связующего наблюдается интенсификация формирования муллита, как в объеме материала связки, так и на поверхности зерен наполнителя. γ-Al_2O_3, образующийся при его термической диссоциации, с одной стороны, активно переходит в бороалюмосиликатный расплав, насыщая его оксидом Al_2O_3 и меняя физико-химические свойства расплава, с другой стороны, обладая высокой химической активностью, усиливает кристаллизацию, тем самым способствуя росту значений механической прочности.

Величина механической прочности фильтрующей керамики также определятся площадью контакта между частицами. Чем она выше, тем на большую площадь распределяется прилагаемая нагрузка, и выше механические показатели. Площадь контакта частиц в материале зависит от количества вводимого связующего и дисперсности зерен наполнителя. При фракции глинозема 100–250 мкм наибольшая прочность в 6,72–9,32 МПа достигается при введении 25% связующего.

Исследование микроструктуры керамических мембран позволило установить, что поровая структура материала представлена развитой сетью открытых каналообразующих пор размером 10–40 мкм, что позволяет применять разработанный материал для микрофильтрации дисперсных гидросистем. Повышение содержания связующего в составе масс приводит к увеличению количества образующегося при обжиге расплава и заполнению пор материала стеклофазой. Введение в массу для производства керамических мембран связующего в количестве более 20% приводит к снижению открытой пористости и возникновению закрытых пор, не участвующих в процессах фильтрации.

Изучение кинетики водонасыщения и сушки образцов керамических мембран позволило установить, что структура полученных материалов однородна на макроуровне и способна обеспечить эффективное использование всего объема фильтрующего материала.

Таким образом, в результате выполнения исследований разработан состав керамической массы, включающий в качестве наполнителя глинозем в количестве 80%, а в качестве связующего глину огнеупорную Керамик-Веско – 12,5%, стекло марки ХТ-1 – 5%, гиббсит ГБ-1 – 2,5%, обеспечивающий при температуре синтеза 1350 °С высокие эксплуатационные свойства фильтрующей керами-

ки: кислотостойкость 99,65%; механическая прочность при сжатии 6,41 МПа; коэффициент проницаемости $5{,}32 \cdot 10^{-8}$ м^2.

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ NI-P-SIO$_2$ ПОКРЫТИЙ НА КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ СТАЛИ

Гуцев Д.М.

ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси», г.Гомель, ул. Кирова 32а, e-mail: Gucevd@mail.ru

В работе представлены результаты исследования влияния модифицирующей добавки SiO_2 («Аэросил А300»), на защитные свойства Ni-P покрытий. Показано изменение морфологии покрытий при совместном осаждении Ni-P с мелкодисперсными частицами SiO_2. Показано, что покрытия Ni-P+SiO_2 превосходят исходные Ni-P покрытия по коррозионной стойкости в 1,5 раза.

Целью исследования являлось определение влияния модификатора SiO_2 на защитные свойства химических Ni-P покрытий на образцах из углеродистой стали.

В качестве подложки для исследуемых образцов покрытий использовались заготовки из углеродистой стали 45 в виде плоской шайбы диаметром 20 мм, высотой 3 мм. Площадь поверхности подложки составляла 817 мм^2 (0,000817 м^2). На подложках, химическим методом формировались Ni-P покрытия и покрытия Ni-P+SiO_2 различной толщины. Диоксид кремния использовался в форме «Аэросил А300» (ГОСТ 14922-77), с размером частиц 5 … 20 нм и добавлялся в раствор в количестве 1 мас.%. Условия формирования покрытий: электролит стандартный свежий, T=80℃, время выдержки составляло 100 и 150 минут. Было изготовлено по 2 группы образцов каждого типа покрытия. Одина группа образцов исследовалась на потерю массы по ГОСТ 9.908-85, вторая использовалась для определения степени коррозионной стойкости по ASTM B117. Толщина покрытий определялась прямым измерением микрометром МК 0–25 мм ГОСТ 6507-78. После формирования покрытий образцы подвергались термической обработке – нагрев до 400°С со скоростью нагрева 10°С/мин, выдержка 1 час, охлаждение на воздухе.

Термическая обработка производилась в лабораторной печи СНОЛ 8,2/1100. Взвешивание образцов производилось на аналитических весах «OHAUS» RV 214, класс точности по ГОСТ 24104-2001: I специальный, цена деления 0,0001, погрешность 0,00005 г. Испытания коррозионной

стойкости проводились в камере солевого тумана (камере циклической коррозии) Q-FOG.

Оценка коррозионной стойкости по ASTM B117. Исследования проводились с использованием стандартного испытательного теста CCT-1.

По ASTM D1654 на образцах производилась царапина на глубину превышающую глубину покрытия. После выдержки в камере визуально оценивалось состояние образца. По ASTM D 1654 – 92 (A) коррозионная стойкость образцов соответствует: группа № 3 – 5 баллам, группа № 5 – 9…10 баллам, группа № 7 – 5 баллам, группа № 9 – 5 баллам. По ASTM D 1654 – 92 (B) группа №1 – 0 баллам, группа № 2 – 8 баллам, группа № 4 – 9 балам, группа № 6–7 баллам, группа № 8–9 баллам.

Оценка коррозионной стойкости по ГОСТ 9.908-85. В ходе эксперимента оценивалась сплошная коррозия по ГОСТ 9.908-85 «Металлы и сплавы. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости».

Потерю массы на единицу площади поверхности Δm, кг/м^2, вычисляли по формуле:

$$\Delta m = \frac{m_0 - m_1}{S}$$

где m_0 – масса образца до испытаний, кг;
m_1 – масса образца после испытаний и удаления продуктов коррозии, кг;
S – площадь поверхности образца, м^2. Для данных образцов S=0,000817 м^2.

Результаты измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Потеря массы образцов на единицу площади за 400 часов испытаний

Образец (время формирования покрытий)	Среднее значение			
	Начальная масса образцов, г	Масса сазу после камеры (немытые), г	Конечная масса образцов, г	Потеря массы на единицу площади г/м^2
Сталь 45 без покрытия	6,9957	7,3791	5,9582	1269,9
Сталь 45+Ni-P (100 мин)	7,1161	7,13003	7,0968	23,6
Сталь 45+Ni-P (150 мин)	7,1609	7,1768	7,1433	21,5
Сталь 45+Ni-P+SiO_2 (100 мин)	7,1189	7,1510	7,1052	16,8
Сталь 45+Ni-P+SiO_2 (150 мин)	7,1009	7,1187	7,0884	15,3

По результатам испытаний коррозионной стойкости образцов с покрытиями и без в камере солевого тумана установлено, что формирование покрытий обеспечивает снижение потери массы образцов в 16 … 83 раза в сравнении с образцами без покрытия. Установлено, что покрытия Ni-P+SiO_2 превосходят Ni-P покрытия по коррозионной стойкости в 1,5 раза. Данный эффект объясняется изменением морфологии покрытия, и как следствие, снижением количества пор в покрытия, при совместном осаждения Ni-P и мелкодисперсных частиц SiO_2.

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ СВЕТОРАССЕИВАЮЩИХ СТЕКОЛ ДЛЯ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Дамуть А.С., Трусова Е.Е.

УО «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск, ул. Свердлова 13а, +375 (17) 327-43-08, e-mail: trusova@belstu.by

Осветительные приборы на основе светодиодов повышенной мощности с каждым годом набирают популярность в качестве общего и дополнительного освещения в общественных учреждениях, жилых и подсобных помещениях как новый источник света – качественный и экономичный. Классическим решением конструкции светодиодной лампы является применение голубого, синего или ультрафиолетового светодиода, на который наносится люминофор, а сверху устанавливается рассеиватель. Такая конструкция обеспечивает высокое качество света и равномерность светового потока лампы. Учитывая значительное тепловыделение при работе мощного светодиодного осветителя, в качестве светорассеивающего элемента наиболее подходящим является рассеиватель из опалового или глушеного стекла.

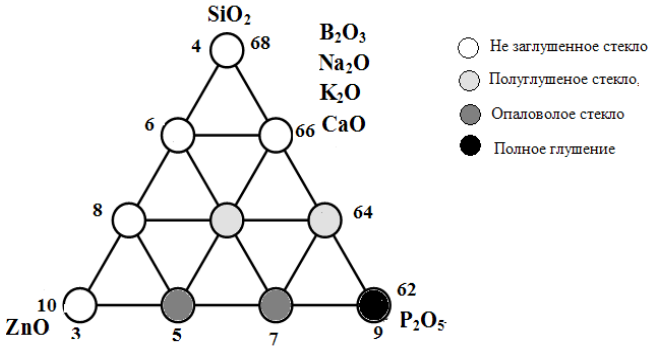


Рисунок 1. Составы и характеристика стекол

Целью данной работы является разработка составов глушеных стекол, которые могут использоваться в качестве рассеивателя для осветительных приборов на основе светодиодов повышенной мощности. Разработаны и изучены стекла на основе стеклообразующей системы SiO_2–ZnO–P_2O_5–B_2O_3–Na_2O–K_2O–CaO, в которых в качестве глушителя выступают фосфаты цинка (рисунок 1).

Стекла синтезировались в газопламенной печи при 1450°С с выдержкой при максимальной температуре 2 ч. Анализ выработочных и спектральных характеристик показал, что степень заглушенности стекол определяется в первую очередь содержанием P_2O_5 (рисунок 1). Введение P_2O_5 в количестве 5–7 мас.% совместно с 4–6 мас.% ZnO обеспечивает равномерное полупрозрачное глушение (коэффициент пропускания 45–60 % при толщине образца 2 мм), в то время как составы содержащие 9 мас.% P_2O_5 и 8–10 мас.% ZnO полностью заглушены (коэффициент пропускания 3–15%). При содержании P_2O_5 до 5 мас.% глушения не наблюдалось (коэффициент пропускания 75–80 %). Исследование физико-химических свойств в совокупности со спектральными характеристиками показало, что в качестве оптимальных составов светорассивающих стекол являются составы с содержанием P_2O_5 5–7 мас.% и ZnO 6–8 мас.%.

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОФФЕКТИВНОСТИ ОПЕРАЦИЙ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ В ВИБРОКИПЯЩЕМ СЛОЕ

Дашкевич В.Г., Гегеня Д.В.

УО «Белорусский национальный технический университет»,
тел/факс 331 05 44, e-mail: vladimir_dvl@tut.by

Псевдоожижение – превращение слоя зернистого материала под влиянием восходящего газового или жидкостного потока либо иных физико-механических воздействий в систему, твердые частицы которой находятся во взвешенном состоянии и напоминающую по свойствам жидкость. Из-за внешнего сходства с кипящей жидкостью, псевдоожиженный слой часто называют кипящим слоем. К настоящему времени известны и применяются четыре основных метода псевдосжижения. К ним относятся аэродинамический, вибрационный, центробежный и комбинированный способы псевдосжижения.

Псевдосжиженный слой характеризуется интенсивным перемешиванием частиц, что в большей степени проявляется при псевдоожижении газовой средой. Для процессов химико-термической обработки (ХТО) стальных изделий техническая реализация процесса циркуляции газовой среды затруднительна поскольку, как правило, используются высокие температуры, в частности для процесса цементации около 920 °С. Поэтому для химико-термической обработки применяется в основном вибрационное воздействие на слой сыпучей массы (порошка для насыщения). Другие методы псевдосжижения менее эффективны. Наведение виброкипящего слоя происходит за счет вибрации, передаваемой от вибрационного устройства. Для обеспечения эффективного перемешивания и

выравнивания параметров процесса по объему слоя, прежде всего температуры, крайне важно определение параметров вибрации, а также геометрической формы и размеров реторты. В практике ХТО для эффективного виброкипения используются частоты не менее 5 Гц, амплитудой колебания не более 5 мм.

Исследовали процесс ХТО – азотирование в виброкипящем слое. Для разработанной конструкции лабораторной установки определили оптимальные режимы вибрации. В результате в реторте нет застойных зон, не происходит агломерации частиц и насыщающая среда равномерно распределяется по всей площади поперечного сечения реторты. Для процесса ХТО можно рекомендовать следующие режимы: частота колебаний 10–15 Гц, амплитуда колебаний 2,0–2,5 мм.

Полученный таким образом азотированный слой обладает высокой микротвердостью, которая плавно изменяется по глубине диффузионной зоны. Азотирование в виброкипящем слое протекает более интенсивно, что объясняется скоростью теплоотдачи, активизацией азотируемых поверхностей и интенсивным перемешиванием азотсодержащей среды.

ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СЛОЕВ НА СТАЛИ

Дашкевич В.Г., Ковальчук А.В., Плетенев И.В.

УО «Белорусский национальный технический университет», тел/факс 331 05 44, e-mail: nil_usi@bntu.by

В настоящее время электроискровое легирование активно используется для увеличения твердости, коррозионной стойкости, а также износостойкости и жаростойкости стальных изделий различного класса.

Сущность процесса электроискрового легирования заключается в переносе материала на обрабатываемую поверхность детали посредством искрового электрического разряда. Этот способ обеспечивает прочное сцепление вводимого легирующего материала с поверхностью обрабатываемой детали.

Несмотря на некоторые недостатки способа электроискрового легирования: малую толщину формируемого слоя (до 0,1–0,2 мм), его высокую шероховатость и пористость; относительно низкую производительность обработки (до 10–20 см^2/мин); невозможность использования нетокопроводящих материалов и других) этот процесс все шире применяется в различных сферах производства [1–3].

В качестве рабочей среды при обработке используется воздух или безокислительная атмосфера аргона, водорода. Расплавленные частицы анода, выбро-

шенные в межэлектродное пространство, не выносятся рабочей средой, а осаждаются на поверхности катода.

В работе исследовались особенности получения алитированных слоев на стали и техническом железе в защитной среде и окислительной атмосфере. На первоначальном этапе проведена оптимизация режимов электроискрового легирования при использовании в качестве анода алюминиевой проволоки. Показано, что процесс электроискрового легирования алюминием в окислительной атмосфере проходит неустойчиво, образуется покрытие со сравнительно плохим качеством поверхности. После окончания действия импульса тока, капли металла перемещаясь в межэлектродном пространстве, окисляются, образуя на поверхности катода покрытие в котором присутствует оксидная составляющая. Однако такие слои обладают достаточно хорошими барьерными свойствами. Например, при последующей химико-термической обработке электроискровое покрытие сохраняет свою структуру и химический состав.

Эксперименты по влиянию защитной среды – безокислительная газовая среда (аргон) и нефтяное масло малой вязкости показали снижение пористости и повышение гомогенности покрытий (рисунок 1).

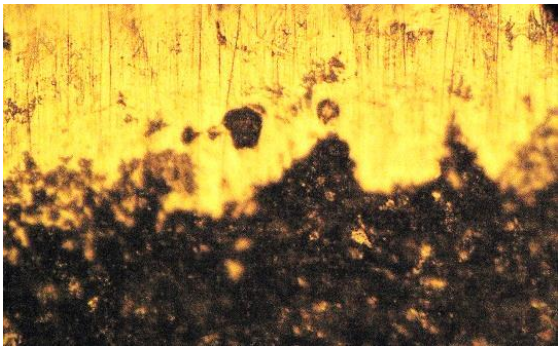


Рисунок 1 – Микроструктура электроискрового покрытия алюминием (светлое поле) на армко-железе

Микротвердость покрытий полученных в защитной среде на 20–25 % ниже, чем в окислительной. Толщина покрытия составила 20–30 мкм. Предварительный анализ эффективности использования таких покрытий для упрочнения рабочей части вырубных штампов показал хорошие результаты.

Литература:

1. Гитлевич, А. Е. Электроискровое легирование металлических поверхностей / А. Е. Гитлевич, В. В. Михайлов, Н. Я. Парканский и др.; Под ред. Петрова Ю.Н. – Кишинев: Штиинца, 1985. – 198 с.

2. Верхотуров А.Д., Муха И.М. Технология электроискрового легирования металлических поверхностей. К.: Техника. 1988. — 188с.

3. Лазаренко, Н.И. Электроискровое легирование металлических поверхностей / Н.И. Лазаренко, Б.Р. Лазаренко // Электронная обработка материалов. – 1977. – №3. – С. 12–16.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СТЕКЛОАРМИРОВАННОГО ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА

Денисова Т.М., Дубровский В.В.

ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси», г. Гомель, ул. Кирова 32а, e-mail: Denisova.Tatsiana@yandex.ru

В настоящее время все большее значение придается исследованиям в области композиционных материалов на базе полиэтилентерефталата (ПЭТ), армированного короткими стеклянными волокнами (СВ). Это обусловлено возможностью создания на их основе материалов с широким спектром потребительских свойств при относительно невысокой стоимости, а также решением ряда проблем, связанных с рециклингом. Основными достоинствами стеклоармированного ПЭТ являются высокая теплостойкость, стабильность геометрических размеров и электрофизических свойств в условиях переменной влажности, атмосферостойкость, низкое водопоглощение, высокий уровень показателей механических свойств.

Важно отметить, что свойства композиционного материала определяются не только его составом, но и технологией переработки. Установлено, что введение стекловолокна приводит к существенным изменениям молекулярной структуры ПЭТ, обусловленным, в том числе, процессами термо- и механодеструкции макромолекул. Очевидно, глубина этих изменений зависит не только от состава материала, но и от технологических параметров переработки.

В данной работе представлены результаты исследования влияния концентрации СВ, а также частоты вращения шнеков двухшнекового экструдера на структуру, реологическое поведение расплавов, механические и релаксационные свой-

ства композитов ПЭТ/СВ. Кроме того, приведены данные об изменении молекулярной массы матричного полимера и средней остаточной длины СВ.

Компаундирование материалов осуществляли при использовании двухшнекового экструдера TSSK-35/40 с диаметром шнеков D = 35 мм и L/D = 40. Исследовали составы, содержащие от 15 до 50% стекловолокна.

Механические и реологические свойства определяли в соответствии с действующими стандартами. Релаксационные свойства исследовали при помощи обратного крутильного маятника конструкции ИММС НАН Беларуси.

О молекулярной массе матричного ПЭТ судили на основании вискозиметрического анализа растворов ПЭТ в дихлоруксусной кислоте, в которых осаждение частиц СВ осуществлено методом центрифугирования.

Среднюю длину стекловолокон определяли при помощи программного обеспечения ImageJ по фотографиям волокон, извлеченных из раствора композиционного материала и распределенных на предметном стекле.

Установлено, что молекулярная масса ПЭТ, вязкость расплава ПЭТ/СВ, средняя остаточная длина стекловолокон, механические и другие свойства композитов зависят как от концентрации стекловолокна, так и от частоты вращения шнеков. При увеличении степени наполнения наблюдается снижение средней длины волокон и молекулярной массы полиэфира. Степень данных изменений возрастает при увеличении частоты вращения шнеков от 200 до 600 об/мин.

ПОЛУЧЕНИЕ ГОФРИРОВАНЫХ ПАНЕЛЕЙ ИЗ ПРЕПРЕГОВ НА ОСНОВЕ СТЕКЛЯННЫХ ТКАНЕЙ И ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ

Дубина А.В.

УО «Белорусский государственный технологический университет»,
г. Минск, ул. Свердлова, 13А, 8-017-327-15-44, факс 8-017-327-62-17,
e-mail: 7065667@gmail.com

Гофрированные панели используют при изготовлении кровельных покрытий и облицовок трехслойных панелей, которые применяют при возведении стен и внутренних перегородок производственных, складских и т.п. помещений. Ряд предприятий уже начинает применять композиционный материалы для производства облицовок на основе термореактивных связующих и стеклонаполнителя. Применение полимерных композиционных материалов позволяет увеличить теплоизоляционные свойства панели, стойкость панели к атмосферным воздействиям и агрессивным средам без нанесения на облицовки барьерных составов. Однако вредность производства композитов на основе терморе-

активных смол, затруднения при вторичной переработке заставляют обратиться к термопластичным полимерам.

Цель данной работы – оценка возможности получения продольно гофрированных облицовок из композиционного материала на основе термопластичного полимера и стеклянной ткани.

Для совмещения компонентов применяли расплавную технологию, которая оказывается наиболее гибкой по отношению к компонентам. Формирование гофр можно осуществлять как непосредственно после пропитки (одностадийная технология), так и применяя вторую стадию формования, когда предварительно пропитанный материал требует повторного разогрева. В целях повышения экономической эффективности процесса применяли одностадийную технологию. В качестве матричного материала использовали полиамид-6 и полиэтилентерефталат вторичный (отходы ПЭТ бутылок), наполнителя –конструкционную стеклоткань Т10.

Расстояние от пропиточной головки до гофрирующей оснастки выбирали из условия, что температура поверхности препрега была на 5–10°С градусов выше температуры плавления матричного полимера и ткань свободно драпировалась, не образуя складок и заломов. Гофрирование происходило в скользящем контакте с охлаждаемой оснасткой. Получены облицовки и.

В результате экспериментальных работ получены макетыоблицовки, гофрированной в продольном направлении и трехслойной панели с пенозаполнителем. Необходимо отметить, что ширина панели будет зависеть от ширины рулона стеклоткани, а также от геометрических параметров гофр.

ФОРМИРОВАНИЕ И СВОЙСТВА МИКРОЧАСТИЦ ПЕКТИНАТА КАЛЬЦИЯ

Егоров Д.И., Куликовская В.И.

ГНУ «Институт химии новых материалов НАН Беларуси»,
г. Минск, ул. Ф. Скорины, 36, тел/факс 2859299,
e-mail: kulikouskaya@gmail.com

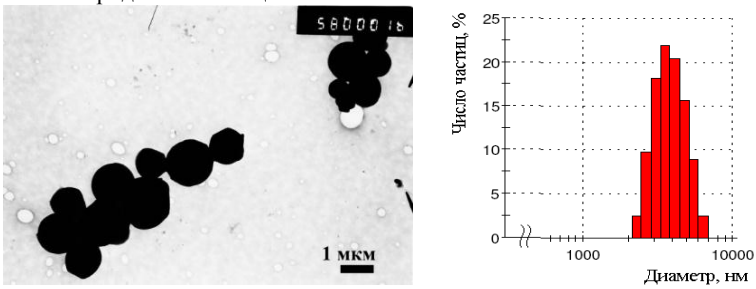
Для выделения из растворов термолабильных веществ в фармацевтической промышленности широко применяют распылительные сушилки. Методом распылительной сушки также можно капсулировать биологически активные вещества в полимерные микрочастицы, что позволяет защищать их от действия внешних факторов и регулировать кинетику его высвобождения [1]. Цель данной работы – получение микрочастиц пектина методом распылительной сушки

и изучение возможности их использования в качестве контейнеров для низкомолекулярных соединений.

Микрочастицы пектина (степень этерификации 34–42%) получали методом распылительной сушки на лабораторной установке Labultima LU 222 Advanced. Установлены оптимальные условия формирования пектиновых частиц: температура воздуха на входе в сушильную камеру 200 ^{0}С и на выходе из нее 70 ^{0}С, скорость подачи воздуха 100 м^3/мин, скорость подачи раствора 3 мл/мин. Для получения устойчивых водных суспензий полученных микросфер проводилась их дополнительная обработка раствором $CaCl_2$. В результате такой обработки происходила сшивка макромолекул пектина катионами кальция за счет образования координационных связей с двумя гидроксильными и электростатических с карбоксильными группами молекулы биополимера.

Синтезированные частицы пектината кальция (ПектСа) в высушенном состоянии имеют диаметр 1,5±0,5 мкм (рис. а). При набухании микросфер ПектСа в воде их размер увеличивается до 2,0–7,0 мкм (рис. б), а величина дзета-потенциала составляет –7,7 мВ.

На примере красителей (родамин 6Ж, эозин, акридин, кислотный фиолетовый, бромфеноловый синий, метиленовый синий, нильский синий, флуоресцеин) показано, что микросферы пектината кальция можно использовать для включения только положительно-заряженных низкомолекулярных соединений за счёт их электростатического взаимодействия с отрицательно-заряженными полисахаридными частицами.



а б

Рисунок 1. ПЭМ-изображение микрочастиц пектината кальция (а) и распределение их по гидродинамическому диаметру (б)

Установлено, что в микрочастицы ПектСа путем сорбции можно включить до 20,5 масс.% положительно-заряженного низкомолекулярного соединения (в качестве модельного вещества был взят краситель родамин 6Ж) (таблица).

Таблица. Эффективность включения родамина 6Ж в микрочастицы пектината кальция

Концентрация родамина 6Ж в исходном растворе, мг/мл	Эффективность включения, %	Массовая доля родамина 6Ж в частицах Пект Са, масс.%
$2{,}14 \cdot 10^{-2}$	87,0±1,0	0,21±0,01
$3{,}18 \cdot 10^{-2}$	92,5±1,5	0,32±0,01
$3{,}40 \cdot 10^{-2}$	98,5±0,5	0,38±0,01
$3{,}99 \cdot 10^{-1}$	70,5±0,5	1,10±0,01
4,99	55,0±1,0	11,65±0,15
8,80	38,5±1,5	20,50±1,50

Показано, что кинетика высвобождения родамина 6Ж из микрочастиц ПектСа зависит от pH и ионной силы раствора. При выдерживании пектинатных микрочастиц, содержащих родамин 6Ж, в течение 3 часов в растворе гидроксида натрия (pH = 9, I = 0,001M) высвобождения красителя не наблюдалось. В то же время в изотоническом растворе хлорида натрия (pH = 5,5, I = 0,15M) и фосфатном буфере (pH = 7,4, I = 0,17M) через 3 часа релиз родамина 6Ж из микрочастиц ПектСа составляет 68 и 93% от включенного количества, соответственно. В кислой среде (водный раствор HCl, pH = 2, I = 0,01M) включенное низкомолекулярное соединение полностью высвобождается через 3 часа.

Таким образом, получены отрицательно-заряженные микрочастицы пектината кальция, которые пригодны для включения положительно-заряженных низкомолекулярных соединений и могут быть использованы при создании новых лекарственных форм пролонгированного действия.

Литература:

1. Yu Wang. Study on microencapsulation of curcumin pigments by spray drying // Eur Food Res Technol (2009) 229:391–396.

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВСПЕНЕННЫХ СТЕКЛООБРАЗНЫХ (СТЕКЛОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ) МАТЕРИАЛОВ

Жих Б.П., Кравчук А.П., Терещенко И.М

УО «Белорусский государственный технологический университет»
г.Минск, ул.Свердлова, 13а, тел.: 8-017-327-43-08,
факс: 327-62-17, e-mail: bozencik_5@mail.ru

Сочетание высокого уровня теплоизоляционных характеристик с огнестойкостью, долговечностью и экологической чистотой поставило пеностекло на длительный период вне конкуренции с другими подобными материалами. Однако в настоящее время по порошковой технологии производства пеностекла в СНГ работает только ОАО «Гомельстекло». Причина, на наш взгляд, кроется в высоких производственных издержках технологии, несмотря на ее кажущуюся простоту. Так, существующая технология жестко привязана к сырью – стекольному бою определенного химического состава. Его изменение вызывает резкое ухудшение качества продукции. Термообработка порошковой шихты является весьма затратным процессом, в сравнении с таковой для монолитного исполнения материала. Практика показывает, что не всегда выгодно применять пеностекло в виде блоков. В последнее время растет интерес к гранулированным вспененным материалам (гравий, щебень). За рубежом накоплен опыт использования в строительстве вспененного гравия Poraver и щебня Schaumglas. Особенно выгодным считается производство мелкогранулированного легкого материала (1–4 мм), более эффективного с точки зрения теории теплообмена.

В Республике Беларусь при изготовлении стеновых панелей и в качестве теплоизоляционной засыпки широко используется керамзит, обжиг которого осуществляется при температуре 1150–1250°С. Недостатками данной технологии являются: использование громоздкого дорогостоящего оборудования (вращающиеся печи), высокие энергозатраты, повышенная насыпная плотность конечного продукта (от 400 кг/м^3). Ввиду приведенных обстоятельств весьма актуальной является разработка технологии получения высокоэффективных гранулированных теплоизоляционных материалов широкого применения низкотемпературного синтеза.

Альтернативой керамзиту и традиционному пеностеклу может служить вспененный силикатный материал (Си-аэро), технология получения которого разрабатывается в БГТУ. Сущность новой технологии получения вспененных стекловидных (стеклокристаллических) материалов базируется на принципах, включающих:

– вспенивание гранулированного полуфабриката обеспечивает возможность получения на его основе, как блоков, так и щебня и гравия, снижает трудоемкость процесса и энергозатраты;

– в качестве сырья используется не стеклобой и не механическая смесь компонентов, а химические соединения, содержащие в своем составе все необходимые компоненты как для стеклообразования, так и для вспенивания;

– конечный продукт получается путем гидротермального синтеза стекла из силикатов с одновременным вспениванием;

– синтез осуществляется при низких в сравнении с традиционным стекловарением температурах (350–600°С); вспенивание осуществляется при пиропластическом состоянии материала выделяющимися из него парами воды;

– придание водостойкости вспененному материалу достигается за счет ввода в шихту водоупрочняющих добавок.

Таким образом, новый технологический процесс обеспечивает получение гранулированного теплоизоляционного материала по одностадийной технологии, исключающей предварительную варку стекла или использование стеклобоя. Это предопределяет применение в качестве основного сырьевого компонента аморфного кремнеземистого сырья, например, диатомитов, трепелов, техногенного кремнезема и др.

Технологический процесс изготовления гранулированного материала с насыпной плотностью 80–200 кг/м^3 (в зависимости от размера гранул) включает стадии: сушку и механоактивацию исходного сырья; дозирование, смешение и увлажнение компонентов; получение гидратированных полисиликатов; гранулирование продукта; вспенивание при температуре 350–600°С; классификацию гранул.

Полученный по вышеприведенной технологии продукт характеризуется следующими показателями, обеспечиваемыми высокопористой структурой и силикатной основой: насыпная плотность ρ=80–200 кг/м^3, водостойкость эффективная Н=0,9–1,2 мг/см^3; водопоглощение – менее 2%; прочность на раздавливание Р = 0,9–1,5 МПа; отсутствие запаха и эмиссии вредных веществ; негорючесть (класс НГ); биологическая устойчивость.

Особенностью технологии является преодоление общего недостатка известных пеноматериалов: низкой химической стойкости к воде, особенно горячей. Обеспечена возможность изменения в широких пределах размеров гранул (от 0,5 до 30 мм). По сравнению с пеностеклом материал отличается существенно меньшей температурой вспенивания, отсутствием стадии отжига.

Уникальный комплекс характеристик позволяет применять его в качестве утепляющих и звукоизолирующих засыпок, заполнителей для легких бетонов, теплых и санирующих штукатурных смесей и кладочных растворов, служить

основой для легковесных плит и скорлуп, используемых для термоизоляции оборудования, может использоваться в качестве сорбента и фильтрующей среды.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ СПЕКАНИЯ ЛИТИЕВОЙ КЕРАМИКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МИНЕРАЛИЗАТОРОВ

Кичкайло О.В.

УО «Белорусский государственный технологический университет»,
г. Минск, ул. Свердлова, 13а, тел. (8017)327-43-08, факс (8017)327-62-17,
e-mail kichkailo@belstu.by

Целью исследования является разработка керамических масс для изготовления термостойких изделий хозяйственного назначения. На основании литературных данных по составам и свойствам керамических материалов, а также исходя из кристаллических фаз, образующихся в них, для синтеза выбрана литийалюмосиликатная система.

Однако подобные материалы характеризуются высокими показателями пористости и требуется интенсификация процессов спекания в исследуемой системе. Один из эффективных способов влияния на структуру и свойства керамики − введение в состав исходной шихты компонентов, образующих жидкую фазу в области температур обжига за счет плавления или взаимодействия с образованием эвтектического расплава.

Для исследований выбрана система компонентов: глина огнеупорная – каолин – песок кварцевый – карбонат лития – глинозем. В качестве минерализаторов использовались жженая магнезия (ЖМ), мел (МЛ), доломит (ДЛ), магнезит (МГ), датолитовый концентрат (ДК), борат кальция (БК), колеманит (КТ) и апатитовый концентрат (АК), которые вводились раздельно в количестве 5 мас. %.

Изготовление изделий осуществлялось по шликерной технологии методом совместного мокрого помола. Литье изделий производилось в гипсовые формы сливным способом. Высушенные образцы подвергались обжигу в электрической печи при температурах 1100–1200 °С с выдержкой при конечной температуре в течение 1 ч.

В ходе исследований установлено, что при температуре обжига 1100 °С все опробованные добавки не оказывают существенного интенсифицирующего действия на спекание материалов. В этом случае добавки в большей степени являются отощителями масс. Причем, раздельное введение 5 мас. % жженной магнезии, магнезита, доломита и мела в исследуемые массы оказывает разрыхляющее действие на структуру материалов, что отражается в ухудшении пока-

зателей спекания: наблюдается рост водопоглощения до 24,4–33,5 % и пористости до 33,4–44,5 %, соответственно понижение плотности до 1328–1563 кг/м^3. Зависимости прочности образцов на сжатие при рассматриваемой температуре обжига и содержании добавок также свидетельствует о слабом влиянии минерализирующих компонентов на спекание. Так, показатели прочности образцов при сжатии составляют 33,7–39,1 МПа. Значения ТКЛР модифицированных материалов находятся в интервале от минус $0{,}11 \cdot 10^{-6}$ до $2{,}31 \cdot 10^{-6}$ К$^{-1}$.

При повышении температуры обжига до 1200 °С выбранные добавки оказывают неравноценное влияние на свойства синтезированных керамических материалов. Наиболее эффективно влияют на уплотнение материала, снижение пористости и водопоглощения вследствие активного образования расплава при этой температуре борсодержащие добавки, особенно колеманит, – величина водопоглощения уменьшается до 4,3 %. Значительно растет усадка образцов – до 9,5 % (ДК), 10,0 % (БК) и до 10,1 % (КТ). При введении этих минерализаторов значения ТКЛР образцов составляют от $0{,}54 \cdot 10^{-6}$ до $2{,}17 \cdot 10^{-6}$ К$^{+}$.

Установлено активное минерализующее действие апатита в исследуемой системе. Процессы уплотнения начинают развиваться при термообработке при 1200 °С, когда происходит значительное образование при спекании керамического материала жидкой фазы, которая заполняет поры в образцах. В результате обогащения стеклофазы оксидами лития и фосфора ее реакционная способность резко возрастает, что обусловливает изменение состава стеклофазы, путем введения добавок апатита, содержащего комплекс оксидов, способствующих снижению вязкости, повышению реакционной способности жидкой фазы, что оказывает воздействие на свойства материалов. При этом синтезированные материалы характеризуются следующими показателями свойств: усадка – 8,7%; водопоглощение – 4,6 %; открытая пористость – 9,1 %; кажущаяся плотность – 1979 кг/м^3; ТКЛР – $0{,}73 \cdot 10^{-6}$ К$^{-1}$; механическая прочность при сжатии – 65,6 МПа.

Как показали исследования, жженная магнезия также является эффективным плавнем и существенно снижает число открытых пор в материале (открытая пористость у модифицированных материалов уменьшается до 14,7 %), повышает прочность при сжатии до 67,6 МПа. Однако необходимо отметить, что использование этой добавки значительно повышает усадку образцов до 19,6 %, что может вызвать коробление и растрескивание готовых изделий. Введение жженной магнезии наиболее существенно влияет на изменение показателей ТКЛР синтезированной керамики, снижая их до резко отрицательных (минус $2{,}40 \cdot 10^{-6}$ К$^{-1}$).

Введение мела и доломита оказывает слабое влияния на спекание образцов. Но при этом происходит резкое снижение значений ТКЛР до ми-

нус $0{,}82 \cdot 10^{-6}$ $К^{-1}$ (МЛ) и минус $0{,}87 \cdot 10^{-6}$ $К^{-1}$ (ДЛ). Добавка магнезита является неэффективной, так как водопоглощение образцов увеличивается до 26,2–28,7 %, пористость – до 38,9–40,9 %, соответственно происходит снижение кажущейся плотности до 1428–1484 кг/м^3 и механической прочности при сжатии – 32,0–33,2 МПа. При этом показатели ТКЛР снижаются и принимают отрицательные значения – минус $0{,}40 \cdot 10^{-6}$ $К^{-1}$.

На основании полученных данных установлено, что в качестве спекающих добавок при синтезе керамических термостойких материалов наиболее эффективными из опробованных компонентов являются колеманит, а также апатитовый концентрат.

ПОЛУЧЕНИЕ КЕРАМИЧЕСКИХ ДЕКОРАТИВНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Кичкайло О.В.

УО «Белорусский государственный технологический университет»,
г. Минск, ул. Свердлова, 13а, тел. (8017)327-43-08, факс (8017)327-62-17,
e-mail kichkailo@belstu.by

Целью исследования явилось комплексное изучение гальванических осадков сточных вод, а также установление возможности их использования в составах масс для получения керамических декоративных изделий.

На основании анализа объемов образующихся осадков сточных вод, изучения их химического состава и токсикологических характеристик для исследований выбраны кальцийжелезофосфорсодержащие отходы РУП «Белорусский металлургический завод» (БМЗ) и ЗАО «Атлант» (Атлант), а также отходы с высоким содержанием оксидов железа РУП «Минский тракторный завод» (МТЗ).

Для получения образцов использовалась глина месторождения «Гайдуковка» и один из рассмотренных выше осадков, содержание которого варьировали от 3 до 18 мас. % с шагом 3 мас. %. Опытные образцы изготавливались по технологии пластического формования со шликерной подготовкой массы и последующим обжигом в электрической печи в температурном интервале (900–1000)±10 ^{o}С.

При изучении декоративно-эстетических и физико-химических характеристик синтезированных изделий установлено, что при введении осадков Атлант и БМЗ в указанном количестве водопоглощение образцов составляет 16,0–31,1 %, пористость – 26,2–27,2 %, плотность – 896–1769 кг/м^3, усадка – 4,2–8,0 %, меха-

ническая прочность при изгибе – 3,3–7,1 МПа, ТКЛР – $(6,2–7,4)\cdot10^{-6}$ $К^{-1}$, цвет изделий – светло- и кремово-оранжевый. Приведенные характеристики позволяют рекомендовать данные составы масс для изготовления скульптур и лепных изделий декоративного назначения.

Введение отхода МТЗ (3–18 мас. %) в опытные керамические массы обеспечивает получение декоративных майоликовых изделий, характеризующихся при температурах обжига 950–1000 ºС следующим комплексом свойств: водопоглощение – 12,1–25,1 %, пористость – 26,2–33,8 %, плотность – 1720–1881 кг/м^3, усадка –2,2–9,1 %, механическая прочность при изгибе – 4,0–10,2 МПа, ТКЛР – $(6,3–7,6)\cdot10^{-6}$ $К^{-1}$, цвет изделий – от рыже-коричневого до темно-коричневого.

Анализ результатов комплексных исследований позволяет сделать вывод о возможности использования гальванических осадков сточных вод при производстве керамических декоративных изделий. Организация рециклинга позволит не только использовать образуемые отходы, но и решить вопросы ресурсосбережения и экологической безопасности.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА ИОНООБМЕННОГО УПРОЧНЕНИЯ ЛИСТОВЫХ СТЕКОЛ В РАСПЛАВЕ НИТРАТА КАЛИЯ

Кравчук А.П., Шишковец А.С., Марухин А.И.

УО «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск, ул. Свердлова, 13а, тел. (8017)327-43-08, факс (8017)327-62-17, e-mail: kravchuk@belstu.by

Для упрочнения стекол тонких номиналов и стеклоизделий сложной конфигурации весьма перспективным является использование низкотемпературного ионного обмена. Данная технология обладает рядом преимуществ по сравнению с довольно распространенным способом упрочнения – воздушной закалкой: исключает саморазрушение изделий при хранении, дополнительной механической обработке; позволяет упрочнять как весьма мелкие, так и крупногабаритные изделия.

В Республике Беларусь на ОАО «Оптик» освоен метод низкотемпературного ионного упрочнения в расплаве нитрата калия, который применяют в производстве стекол для противогазов и защитных стекол. Однако значительное количество факторов (температура обработки, время выдержки, химический состав стекла и реагента, наличие примесей), оказывающих влияние на процесс ионного обмена, и необходимость варьирования их значений в широких преде-

лах обусловливают сложность определения оптимального температурно-временного режима обработки в заводских условиях.

Целью данной работы являлось определение оптимальных значений параметров (температуры и времени) ионообменного упрочнения листовых стекол для защитных очков в расплаве нитрата калия.

Экспериментальные исследования влияния температурно-временного режима ионной обработки в расплаве нитрата калия на свойства (термостойкость и ударную прочность) стекол проводились в соответствии с планом полнофакторного эксперимента 32. Температура обработки образцов стекол варьировалась в пределах от 400 до 500 °С (шаг 50 °С); время выдержки изменялось в интервале от 0,5 до 3,5 ч (шаг 1,5 ч).

Проведенные исследования показали, что с увеличением времени и температуры обработки наблюдается повышение свойств стекол. Максимальными значениями термостойкости (до 260 °С) и прочности при ударе характеризуются стекла обработанные в температурном интервале 450–500 °С при выдержке 3,5 ч. Следует отметить, что степень влияния времени выдержки на термостойкость и ударную прочность образцов для каждой из температур была различной. На основе результатов исследований получены полиномы второй степени, использование которых позволило решить задачу оптимизации температурно-временного режима обработки стекол в расплаве нитрата калия.

КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ZN-NI/SIO$_2$, ПОЛУЧЕННЫХ В ПОЛЕ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.

Лавыш Д.В., Валько Н.Г.

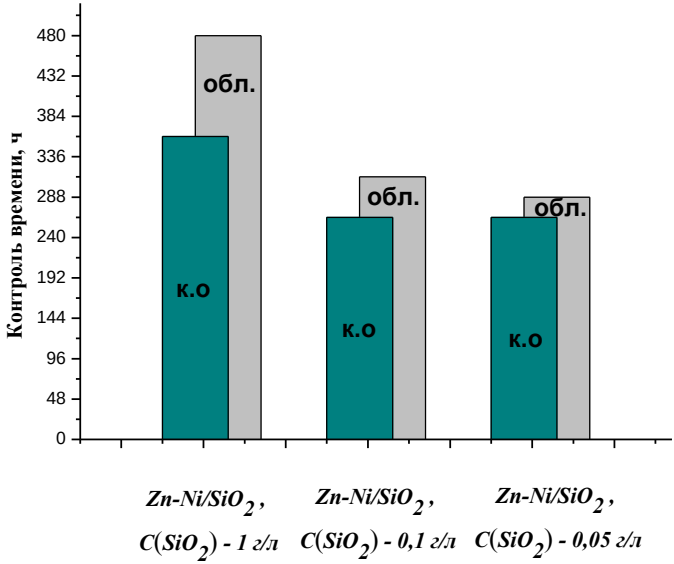
УО «Гродненский государственный университет им. Я. Купалы», г. Гродно ул. Ожешко 22, e-mail: demoniff@mail.ru

В данной работе представлены результаты исследования коррозионной стойкости методом переменного погружения в 3% раствор хлорида натрия композиционных покрытий Zn-Ni/SiO_2, электроосажденных в поле рентгеновского излучения из слабокислых электролитов с концентрацией наночастиц SiO_2, равной 0,05, 0,1 и 1 г/л.

Коррозионные испытания проводились методом переменного погружения в электролит согласно ГОСТ 9.308. Сущность метода заключается в ускорении коррозионного процесса чередованием погружения образцов в 3 % р-р NaCl на10 мин, и высушиванием их на воздухе 50 мин.

В ходе проведенных исследований было обнаружено, что у покрытия Zn-Ni/SiO_2 осажденных из электролитов с концентрацией наночастиц SiO_2, равной 1 г/л, коррозионная стойкость значительно выше, чем у КЭП, осажденных из электролитов с меньшей концентрацией наночастиц (0,05 и 0,1 г/л). Так, у последних КЭП первые признаки красной коррозии появляются через 360 ч., соответственно.

Обнаружено, что действие рентгеновского излучения на электролит в процессе осаждения КЭП приводит к возрастанию коррозионной стойкости.



Так, в частности, время появления первых очагов красной коррозии у Zn-Ni/SiO_2 осажденных из электролитов с концентрацией наночастиц SiO_2 в поле рентгеновского излучения на 33% выше в сравнении с контрольными образцами. Для концентраций наночастиц 0,05 и 0,1 г/л эта разница составляет 9% и 18%, соответственно. Данная закономерность наблюдается у всех исследуемых образцов, и обусловлена формированием у последних КЭП сплошных, с менее развитой морфологией поверхности покрытий.

Таким образом, из анализа данных, полученных при исследовании покрытий на коррозионную стойкость методом переменного погружения в электро-

лит, можно заключить, что действие рентгеновского излучения на электролит в процессе электроосаждения способствует формированию КЭП с повышенной коррозионной стойкостью. К повышению коррозионной стойкости также приводит увеличение концентрации наночастиц в растворе.

Литература:

1. Лавыш, Д.В Коррозионная стойкость Zn-Ni покрытий при различных режимах осаждения/ Д.В. Лавыш, И.И. Алесчик //Физика конденсированного состояния: материалы XIX респ. науч. конф. аспир. и студ. – Гродно: ГрГУ, 2011.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА

Логунова А. С., Ковальчук Е. А., Матвеев К.С.

УО «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск, Московский проспект, 72, (80212)47-69-26, e-mail: vgtukovalchuk@mail.ru

Понимая грозящую человеческому сообществу опасность от накопления отходов и нерационального использования сырьевых ресурсов, многие страны уделяют этой проблеме значительное внимание, используя все возможные средства — экономические, юридические, воспитательные.

Республика Беларусь не является исключением в практике использования отходов в качестве вторичного сырья. В нашей стране вопросы переработки отходов регулируются, а объекты хозяйствования, занимающиеся использованием отходов, всячески поддерживаются.

В условиях государственного предприятия «НТПВГТУ» успешно налажен процесс получения композиционных материалов из отходов производства, рекомендуемых в качестве подошвенных материалов, а также процессы получения гранулята и дробленки для дальнейшего использования.

Кроме того, учеными УО «ВГТУ» разработана технология получения полимерных композиционных материалов строительного назначения, использование которых возможно для изготовления декоративного забора, скамеек и подобного рода продукции т. е. для получения малых архитектурных форм. Таким образом, полученные материалы вполне могут заменить собой привычные нам древесину и пластик, чаще всего применяемые для изготовления подобных изделий.

Исходным сырьем для получения материалов являются следующие производственные отходы:

- отходы полиуретана и пенополиуретана;

- отходы полиэтилена;
- отходы полипропилена;
- отходы кожи искусственной галантерейной;
- отходы винилискожи.

Технологический процесс получения полимерных композиционных материалов строительного назначения из производственных отходов, осуществляется на экспериментальном производственном участке по переработке отходов государственного предприятия «НТПВГТУ».

Материалы получают в результате переработки производственных полимерсодержащих отходов, образующихся на промышленных предприятиях. Переработке может подвергаться смесь отходов, содержащая полимерный материал в объеме не менее 40 % по массе, к общему объему отходов. Переработка отходов осуществляется в результате процесса термомеханического рециклинга, без применения химического воздействия.

Процесс получением материалов осуществляют в соответствии с экструзионно-прессовой технологией, по схеме, показанной на рисунке 1.

Рисунок 1. Схема процесса получения композиционных материалов строительного назначения

При переработке отходов необходимо контролировать фракционный состав измельчаемого материала, температуру экструзии на шнековом экструдере (не допуская превышения температуры зон нагрева выше 200°С). При превышении указанной температуры возможна неконтролируемая деструкция полимеров, а

следовательно готовый материал будет иметь менее плотную и твердую структуру, не позволяющую его дальнейшее использование в целях изготовления малых архитектурных форм.

Таким образом, получение полимерных композиционных материалов строительного назначения позволяет не только решать проблему накопления производственных отходов, но и экономить чистый первичный материал, используемый для изготовления изделий малых архитектурных форм.

МИКРОКРЕМНЕЗЕМ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ МИНЕРАЛИЗАТОР В СОСТАВАХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАСС ДЛЯ ОДНОКРАТНОГО ОБЖИГА ОБЛИЦОВОЧНЫХ ПЛИТОК

Мачучко С.К.

УО «Белорусский государственный технологический университет»,
г. Минск, ул. Свердлова 13а, тел. 8017-327-43-08, факс 8017-327-31-50,
machuchko@belstu.by

В производстве керамической плитки для внутренней облицовки стен, когда полуфабрикат подвергается двойному обжигу, значительную долю в себестоимости продукции составляют расходы на обжиг изделий. Внедрение технологии однократного обжига (монопороза) направлено на снижение расхода топливно-энергетических ресурсов за счет отказа от политого обжига, что в свою очередь способствует повышению энергоэффективности производства облицовочной плитки. В связи с ростом цен на энергоносители технология однократного обжига получила широкое распространение за рубежом [1, 2].

Особенностью технологии монопороза является одновременное протекание процессов формирования керамического черепка и стекловидного покрытия, что накладывает определенные требования к составам керамических масс и глазурей.

Керамическая основа представляет собой сложную многокомпонентную систему, в процессе обжига в которой протекают различные физико-химические процессы (удаление воды, полиморфные превращения, разложение карбонатов), сопровождающиеся изменением размеров образцов и их структуры. При однократном обжиге облицовочных плиток карбонатсодержащие материалы, способствующие сохранению стабильности геометрических размеров изделий, приводят к образованию наколов на глазурном покрытии вследствие интенсивного газовыделения, вызванного их разложением.

Для получения керамических плиток однократного обжига высокого качества необходимо создать условия для удаления газообразных продуктов из ке-

рамической массы до формирования глазурного покрытия. Это может быть достигнуто применением в составах масс минерализаторов, интенсифицирующих процесс разложения карбонатов.

В качестве минерализаторов в работе использовали активные формы оксида кремния: микрокремнезем, аэросил, кремнегель. Добавки –минерализаторы вводились на стадии совместного мокрого помола компонентов в керамическую массу следующего шихтового состава, мас. %: глина месторождения «Гайдуковка» 40–45, глина Курдюмовского месторождения марки Курдюм-3 5–10, доломит месторождения «Руба» 5–10, каолин Жежелевского месторождения марки KZ-1, песок кварцевый Гомельского ГОКа марки ВС-050-1 и гранитоидные отсевы Микашевичского РУПП «Гранит» – остальное. Количество вводимых минерализаторов варьировалось от 1 до 5 мас. %.

Согласно данным совмещенного термогравиметрического анализа и дифференциальной сканирующей калориметрии, представленным в таблице, присутствие в массах микрокремнезема позволяет сместить температуру диссоциации доломита в интервал 685−800 °С и увеличить температурный интервал между процессами декарбонизации керамической массы и спекания глазури до 100 °С, что в условиях скоростного обжига является существенным фактором формирования бездефектного покрытия и получения изделий высокого качества.

Таблица – Влияние минерализаторов на температурный интервал между процессами диссоциации доломита и спекания глазури

Добавка	Температура диссоциации доломита Тд, °С	Температура начала спекания глазури Тсп, °С	Температурный интервал между процессами диссоциации доломита и спекания глазури Δ= Тсп – Тд, °С
Без добавки	700–820	900	80
Микрокренезем	685–800		100
Кремнегель	700–830		70
Аэросил	705–820		80

Механизм действия микрокремнезема основан на его высокой химической активности и заключается в дестабилизации химических связей между структурными единицами доломита, облегчая его диссоциацию при меньшем дефиците энергии, о чем свидетельствуют рассчитанные значения энергии активации термического эффекта, которая составляет: для массы без минерализатора – 125,3 кДж/моль, для массы с микрокремнеземом – 101,2 кДж/моль.

Литература:

1. Porous single-fired wall tile bodies: Influence of quartz particle size on tile properties / J.L. Amorós [et. all] // Journal of the European Ceramic Society, 2010. – №30. – P. 17−28.

2. Керамическая масса для производства плитки методом однократного обжига: пат. 2380339 RU, МПК C 04 B 33/132 / А. А. Галенко, Л. Д. Попова; заявитель ГОУ ВПО «Южно-Российский государственный технический университет» (Новочеркасский политехнический институт). – № 2008144009/03; заявл. 05.11.2008; опубл. 27.01.2010 // Открытия. Изобрет – 2010. – № 3.

ФОТООРИЕНТИРУЕМЫЕ АЗОКРАСИТЕЛИ НА ОСНОВЕ 5, 5'-ДИОКСОДИБЕНЗОТИОФЕНА

Микулич В.С,, Муравский А.А.

ГНУ «*Институт химии новых материалов НАН Беларуси»,*
Минск, ул. Ф. Скорины, 36, тел./факс: (017) 237-68-28
e-mail: mikulich.vadim@gmail.com

В настоящее время распространено использование жидких кристаллов (ЖК) в различных устройствах отображения информации: мониторы, телевизоры и др. При их изготовлении используется анизотропный тонкопленочный материал, который задает начальное направление ЖК. В качестве ориентирующих слоев широкое распространение получило использование натертых тонких пленок полиимида, однако технология натирания обладает рядом недостатков: генерация пыли, дефектов и т.д. [1].

Альтернативой могут выступать бесконтактные методы формирования ориентирующего слоя, в частности, фотоориентации – формирование анизотропии в тонкой пленке при облучении поляризованным светом. В качестве материалов могут быть использованы фотосшиваемые полимеры, азополимеры, азокрасители. Последние представляют большой научный и практический интерес в связи с наличием высоких энергий сцепления с жидким кристаллом, термо- и фотостабильностью [2].

В литературе описан ряд фотоориентируемых красителей [3], однако для улучшения рабочих характеристик, расширения областей применения необходима разработка и синтез новых.

Нами получены азокрасители на основе бензидин сульфона и производных салициловых кислот (салициловой, 3-метилсалициловой, 4-метилсалициловой). Синтезированные азокрасители формируют тонкие плен-

ки при нанесении, которые обладают фоточувствительностью. Изучена динамика фотоориентации тонких слоев красителей при облучении поляризованным синим светом λ = 457 нм, найдено дихроичное отношение (ДО) для каждого красителя, которое индуцируется в пленке за 40 минут: ДО (калий 3,7-бис[1-(4-гидрокси-3-карбоксилат-6-метил)-фенилазо]-5,5'-диоксодибензотиофена) = 8,7, ДО (калий 3,7-бис[1-(4-гидрокси-3-карбоксилат-5-метил)фенилазо]-5,5'-диоксодибензотиофена) = 7,9, ДО = (калий 3,7-бис[1-(4-гидрокси-3-карбокси-лат)фенилазо]-5,5'-диоксодибензотиофена) = 13,8, сравнимые, а в случае последнего красителя превышают, со значениями, получаемыми для коммерческих азокрасителей (SD-1) в таких же условиях нанесения и облучения. Показана возможность их использования для фотоориентации жидкого кристалла.

Литература:

1. Kim J. B. et al. The Directional Peeling Effect of Nanostructured Rigiflex Molds on Liquid- Crystal Devices: Liquid- Crystal Alignment and Optical Properties //Advanced Functional Materials. – 2008. – Т. 18. – №. 8. – С. 1340–1347.

2. Mikulich V. S. et al. Photoalignment dynamics of azo dyes series with different coordination metals //Journal of the Society for Information Display. –2014. – V. 22, № 1. P 29–34.

3. Yaroshchuk O., Reznikov Y. Photoalignment of liquid crystals: basics and current trends //Journal of Materials Chemistry. – 2012. – Т. 22. – №. 2. – С 286–300.

ЭКРАНИРУЮЩИЕ ПОКРЫТИЯ НА ПЛАСТМАССЕ, ПОЛУЧЕННЫЕ ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫМИ МЕТОДАМИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ЭКРАНИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ

Нарушко Е.О., Волочко А.Т., Марков Г.В.

ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси»,
г. Минск, +375 17 263 76 93, lena-narushko@mail.ru

Одним из каналов утечки информации является излучение элементов компьютера (гаджета). Принимая и декодируя эти электромагнитные волны, можно получить информацию о базе данных компьютера или внести изменения в его работу. Путём анализа радиоизлучения становится доступным многое из того, с чем имеет дело пользователь.

Для защиты электронных объектов используют функциональные отражающие покрытия – тонкие слои металлов, осаждаемых на полимерную подложку (как правило, на внутренние поверхности корпуса электронного оборудования).

Как альтернативу алюминиевым и медным пластинкам, которые способны защитить источник излучения лишь на частотах выше 100 МГц, на низких частотах они не эффективны. электронный объект при частотах излучения до 100 кГц. Но они не всегда эффективны, Вопрос о нанесении защитных покрытий ставится и в том случае, когда «защищаемый» прибор имеет небольшие размеры, сложную форму (развитый профиль поверхности), малый вес конструкции (персональные средства измерения радиации, беспилотные летательные аппараты, чипы и т.п.).

В качестве материалов для защиты от электромагнитных излучений покрытий использовались:

Эффективность магнитного экранирования зависит от частоты сигнала и электрических свойств материала экрана. Чем ниже частота, тем слабее действует экран, тем большей толщины приходится его делать для достижения одного и того же экранирующего эффекта. Для высоких частот, начиная с диапазона средних волн, экран из любого металла толщиной 0,5–1,5 мм действует весьма эффективно, однако такие толщины не везде позволительны. При выборе толщины и материала экрана следует учитывать его механическую прочность, жёсткость, стойкость против коррозии, удобство стыковки отдельных деталей и осуществления между ними переходных контактов с малым сопротивлением, удобство пайки, сварки и пр. [5, 6]. В большинстве случаев для защиты электронных объектов от электромагнитных излучений (ЭМИ) используют алюминиевые пластинки и покрытия, но они справляются со своей задачей лишь на частота выше 100 кГц, на более низких частотах они не эффективны. Поэтому была поставлена задача найти такое решение, чтобы защитный от ЭМИ экран, который обладал бы высокими экранирующими характеристиками, малой массой, технологичностью изготовления, экономичен, коррозионностоек, износостоек, экологичен.

Итак, наиважнейшим критерием по выбору защитного материала является эффективность экранирования, которая определяется выражением:

$$Э = (0{,}5\omega\sigma\mu)^{0{,}5}h + 20lg\left[0{,}25\varepsilon_0\varepsilon\left({}^{\sigma}/_{\omega\mu}\right)^{0{,}5}\right]$$

Из формулы следует, чем больше относительная магнитная проницаемость и электроёмкость, тем выше эффективность экранирования. Но, так как высоких значений электрической и магнитной составляющих в одном материале не представляется возможным. То было принято решение делать покрытия многослойными, содержащие в себе слои с высокой относительной магнитной проницаемостью (железо, кобальт, пермаллой, супермаллой и т.д.) и слои с низким поверхностным электросопротивлением (медь, никель, алюминий, серебро).

Для измерения экранирующих характеристик использовался панорамный измеритель ослабления и КСВН Я2Р-67 с ГКЧ-61 и волноводным трактом, ко-

торый обеспечивает выделение и детектирование уровней падающей и отражённой волн электромагнитного излучения, прошедших и отражённых от образца.

Таким образом, после проведения теоретических и экспериментальных исследований, были определены системы с наилучшими показателями эффективности экранирования. Так, например, у систем (80 Co-20Fe-Cu)·2, Ni (рисунок 1) отражение составило 100 %, что соответствует массивному металлу. Для систем 80 Ni-20Fe, Cu-Ni, Cu-Ni-Cu-Ni, 80 Co-20 Fe коэффициент отражения находился в приделах от –0,1 дБ до –2 дБ, коэффициент поглощения около –40 дБ. После проведённой термической обработки отражение ЭМИ у образцов Cu-Ni, Cu-Ni-Cu-Ni, 80Co-20Fe также стало соответствовать массивному металлу.

Таким образом, предложенные многослойные покрытия могут успешно конкурировать с массивными экранами из Al, Cu, пермаллоев по их экранирующей способности.

СИНТЕЗ НАНОКОМПОЗИТОВ Г-FE_2O_3-SIO_2 ДЛЯ МАГНИТНОЙ СЕПАРАЦИИ И ОЧИСТКИ НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ

Натаров[1] В.О., Котиков[1] Д.А., Сурвило[2] В.Л., Перчик[2] А.В., Попова[2] А.В., Паньков[1] В.В.

1. УО «Белорусский государственный университет», г. Минск, Беларусь, 220030, ул. Ленинградская 14, e-mail: val.natarov@mail.ru
2. ООО «Вега», С.-Петербург, Россия, Железнодорожный пр. 40, лит. А.

Получение высокоочищенных препаратов нуклеиновых кислот (НК) является важным этапом молекулярно-биологических исследований в медицинской диагностике. Согласно стандартной методике выделения НК (Boom method) на образец биоматериала действуют хаотропным агентом, который лизирует клетки и/или вирусные частицы, что приводит к высвобождению НК в раствор. Кроме того, под действием хаотропного агента происходит разрушение гидратной оболочки НК и облегчается их сорбция на поверхность нанодисперстного SiO_2. Затем наночастицы SiO_2 с сорбированными НК отмывают от белков и других примесей. Итоговую десорбцию очищенных НК проводят нагреванием водной суспензии наночастиц SiO_2/НК при слабощелочном pH.

Магнитные наночастицы, модифицированные SiO_2, являются перспективным материалом для выделения и очистки молекул нуклеиновых кислот. Наличие суперпарамагнитных свойств позволяет сепарировать такие наночастицы в магнитном поле, тем самым автоматизируя процесс выделения НК. Принцип

магнитной сепарации лежит в основе работы современных высокопроизводительных станций для автоматического выделения НК.

Целью данного исследования является изучение возможности применения нанокомпозита γ-Fe_2O_3–SiO_2 для выделения НК из биологических образцов методом магнитной сепарации.

В работе представлен синтез нанокомпозита γ-Fe_2O_3–SiO_2 из неорганических прекурсоров. На первом этапе свежеосаждённые наночастицы Fe_3O_4, полученные совместным гидролизом солей Fe^{2+} и Fe^{3+} водным раствором аммиака, вносили в раствор силиката натрия. Для формирования оболочки SiO_2 полученный золь титровали раствором HCl до установления pH ~ 6,5–7. Была проведена оптимизация условий синтеза, включающая исследование влияния pH, концентраций растворов, температуры и скорости перемешивания. На последней стадии частицы окисляли 9%-м раствором H_2O_2 и готовили суспензию в физиологическом растворе (0,9 масс.% раствор NaCl). Для удаления сопутствующих ионов, между стадиями синтеза, модификации и окисления, частицы многократно отмывали дистиллированной водой методом магнитной декантации, используя неодимовый магнит.

Согласно данным РФА и ПЭМ, полученный нанокомпозит γ-Fe_2O_3–SiO_2 образован сферическими агломератами с диаметром 40–80 нм, состоящими из мелких (8–10 нм) кристаллических наночастиц γ-Fe2O3, распределенных в матрице аморфного SiO_2. Присутствие SiO_2 в образцах подтверждено методом ИК-спектроскопии и химическим анализом. По данным химического анализа содержание SiO_2 в образцах составляет 35–40 масс. %. Показано, что варьируя вводимое количество силиката натрия, возможен синтез нанокомпозитов γ-Fe_2O_3–SiO_2 в широком диапазоне составов. Методом адсорбции азота (БЭТ) установлено, что частицы обладают развитой удельной поверхностью (170–180 $м^2/г$).

Полученные наночастицы γ-Fe_2O_3–SiO_2 характеризуются суперпарамагнитным поведением и обладают удельной намагниченностью (33 $А{\cdot}м^2{\cdot}кг^{-1}$), достаточной для их магнитного отделения от жидкой фазы при операциях выделения и очистки НК с использованием стандартного магнитного штатива. Падение удельной намагниченности образцов нанокомпозита γ-Fe_2O_3–SiO_2 по сравнению с γ-Fe_2O_3 (45 $А{\cdot}м^2{\cdot}кг^{-1}$) пропорционально содержанию немагнитного SiO_2 в составе нанокомпозита. Данный факт необходимо учитывать при получении нанокомпозитов с высоким содержанием SiO_2 (60 масс. % и более).

Для оценки эффективности выделения и очистки нуклеиновых кислот использовали модельный набор, состоящий из: – суспензии синтезированного нанокомпозита γ-Fe_2O_3–SiO_2 в физиологическом растворе; – лизирующего буфера, содержащего в качестве хаотропного агента гуанидин изоцианат; – отмывочных растворов (70% спирт и ацетон); – элюирующего ТЕ-буфера. В качестве

модельного биоматериала использовали образцы слюны или плазмы человека и геномную ДНК лосося. В качестве набора сравнения использовали комплект реагентов для выделения РНК/ДНК из клинического материала «МАГНОсорб», производствава ФБУН ЦНИИ эпидемиологии Роспотребнадзора (РФ). Выделенную ДНК анализировали методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) в режиме реального времени. Оптимизация методики экстракции нуклеиновых кислот включала определение основных параметров стадий лизиса и элюции (температура, pH), количества отмывок, составов буферных растворов и концентрации наночастиц γ-Fe_2O_3–SiO_2.

Было установлено, что синтезированные наночастицы не уступают по своим сорбционным и седиментационным характеристикам набору сравнения. В ходе выделения нуклеиновых кислот наночастицы сохраняют свою структуру и не образуют примесей, ингибирующих ПЦР. Таким образом, синтезированные наночастицы γ-Fe_2O_3–SiO_2 соответствуют требованиям, предъявляемым к компоненту набора для выделения и очистки НК. Магнитные свойства частиц позволяют использовать их в современных системах для автоматического выделения НК.

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА НА АДГЕЗИОННЫЕ СВОЙСТВА БИТУМНО-ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Носов К.С[1], Дубодел В.П.[2], Шутова Е.А[2].

1. ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАН Беларуси», ул. Кирова 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь,
e-mail: ksnosovimms@yandex.ru
2. УО «Мозырский государственный педагогический университет им. И.П. Шамякина», г. Мозырь, Беларусь

Нефтяные битумы в настоящее время широко используют в строительной индустрии для производства гидроизоляционных, кровельных, герметизирующих, антикоррозионных и других материалов. К недостаткам указанных материалов следует отнести их хрупкость и низкую морозостойкость, что снижает долговечность получаемых покрытий. Расширение температурного диапазона эксплуатации битумных материалов достигается введением различных модифицирующих добавок. Пластифицирующие добавки, к которым относятся масла и олигомеры снижают температуру хрупкости, повышают морозостойкость битумных материалов, но при этом уменьшают их теплостойкость. Полимерные добавки, в первую очередь, различные каучуки, полиолефины а также некото-

рые марки эпоксидных смол обеспечивают прочность и деформативную способность при низких температурах, но значительно повышают стоимость получаемых строительных материалов. Поэтому при разработке новых битумно-полимерных материалов целесообразно использовать полимерные отходы.

Целью нашего исследования является изучение влияния добавок низкомолекулярного полиэтилена (полиэтиленового воска) на адгезионные свойства битумно-полимерных композиций.

Основу разрабатываемой композиции составлял нефтяной битум, модифицированный бутилкаучуком. Используемый в композиции бутилкаучук обладает высокой тепло- и морозостойкостью и, будучи введенным в композицию повышает ее пластичность, механическую прочность и теплостойкость. В качестве модификатора, регулирующего адгезионные свойства битума, использовали полиэтиленовый воск, который вводили в основу в количестве от 2 до 8 мас.%.

Композицию готовили следующим образом: битум растворяли в растворителе (уайт-спирит, сольвент или их смесь) с предварительным подогревом битума до 80–110 °С. После растворения битума добавляли полиэтиленовый воск и перемешивали до полного растворения последнего.

Исследуемые композиции включали битумно-полимерную основу, в которую вводили 2, 4 и 8 мас.% полиэтиленового воска.

Для определения адгезионной прочности готовую композицию наносили кистью на бетонные образцы прямоугольной формы, которые и склеивали друг с другом по обработанным поверхностям. Прочность сцепления покрытия с бетонной поверхностью определяли на разрывной машине методом нормального отрыва образцов, склеенных различными составами после 3 суток выдержки при температуре 20±5 °С, под нагрузкой 0,5 МПа. Для сравнения изготавливали образцы, склеенные стандартным битумным лаком марки БТ-142, широко применяемым в строительстве.

Сравнительные свойства полученных композиций приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние полиэтиленового воска на свойства композиций

Свойства	№ 1	№ 2	№ 3	БТ-142
Эластичность пленки при изгибе, мм	3,1	3,5	3,3	3,0
Адгезионная прочность, МПа	0,48	0,52	0,57	0,40

Анализ полученных композиций позволяет констатировать, что при возрастании в композиции содержания полиэтиленового воска возрастают значения адгезионной прочности. В целом этот показатель увеличивается на 30 %.

Измерения эластичности лаковой пленки при изгибе, получаемой при нанесении исследуемых композиций на металлическую основу, осуществляли по ГОСТ 6806-73. Показано, что при введении полиэтиленового воска в композицию

пределах 4 мас.% эластичность пленки достигала максимального значения (3,5 мм). В дальнейшем наблюдалось незначительное снижение этого показателя.

Таким образом из полученных данных следует, что введение в битумно-полимерную композицию полиэтиленового воска позволяет увеличить как эластичность пленки, так и адгезионную прочность разработанных битумно-полимерных композиций к бетонной поверхности.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМИЧЕСКИ ОБРАБОТАННОГО МИНЕРАЛЬНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ВЫСОКОНАПОЛНЕННЫХ ПОЛИМЕР-МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ.

Носов К.С.

ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАН Беларуси», ул. Кирова 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь,
e-mail: ksnosovimms@yandex.ru

Одним из перспективных направлений в области технологий композиционных материалов является разработка полимер-песчаных композитов (ППК) на основе легкодоступных и недорогих дисперсных наполнителей (ДН) и вторичных полимеров. Изделия из таких материалов находят широкое применение в строительстве в качестве тротуарной плитки, бордюрного камня, кровельных материалов различного эксплуатационного назначения. При этом возможность использования в качестве наполнителей промышленных отходов, в частности отработанных формовочных масс металлургических литьевых производств, позволяет не только получать изделия строительного и дорожно-строительного назначения, но и решать экологические проблемы, связанные с утилизацией и вторичным использованием отходов.

Целью данной работы явилось исследование влияния отработанных формовочных масс металлургических литьевых производств на прочностные свойства высоконаполненных полимер-минеральных композиций (ПМК).

В качестве полимерного связующего применяли гранулы вторичного ПЭНД (ГОСТ 16338-85) и ПП (ГОСТ 26996-86). В качестве наполнителя использовали строительный песок (ГОСТ 8736-93) и формовочный песок, образуемый в металлургии при производстве литьевых изделий (ОАО «Гомельский литейный завод «Центролит»), который был подвержен термической обработке при температуре 800°С. Получение композиционной массы осуществлялось путем смешения полимерного связующего (20–30 мас. %) с минеральным

наполнителем, нагретым до 270°С и последующей гомогенизацией компонентов композиции в плавильно-смесительном агрегате при температуре 260°С. Образцы для механических испытаний на сжатие получали прессованием формовочной массы в предварительно нагретой до 70°С пресс-форме с приложением нагрузки 16 тонн/см^2.

Механические характеристики образцов композиционных материалов на сжатие исследовали по ГОСТ 4651-82 с помощью автоматизированного стенда INSTRON 5567 (фирма Instron Limited Corp., England). Морфологию структуры композиции в месте разлома исследовали с помощью сканирующей электронной микроскопии на микроскопе «VEGA II» LSH фирмы TESCAN (Чехия).

В результате проведенных исследований установлено, что использование термически обработанных частиц минерального наполнителя при температурах в пределах 800°С обеспечивает возрастание показателей модуля упругости и разрушающего напряжения при сжатии композитов в 1,2–1,4 раза по сравнению с композитами в которых используется минеральный наполнитель без обработки.

Показано, что для частиц отработанных формовочных масс наиболее рационально использовать фракции в интервале 150–500 мкм. Это позволяет достичь лучшего распределения частиц минерального наполнителя в объёме материала, что представляется важным при формировании в композите структурной однородности.

Таким образом, термическое модифицирование частиц минерального наполнителя способствует улучшению прочностных свойств полимер-минеральных материалов.

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Подболотов К.Б., Попов Р.Ю.

УО «Белорусский государственный технологический университет», 220006, г. Минск, Беларусь, тел. +375-17-3274308, keramika@belstu.by

Проведены исследования по получению высокотемпературных термостойких электроизоляционных материалов на основе муллито-кордиеритовой матрицы при использовании для повышения физико-механических характеристик добавок циркона, карбида кремния, диоксида циркония и муллита. В качестве муллита и диоксида циркония применены промышленные отходы огнеупорных тиглей применяемых при плавлении цветных металлов. Установлено, что при введении данных цирконий- и муллитосодержащих компонентов в состав мас-

сы для получения муллито-кордиеритовой керамики удается достигнуть повышения прочности материала в 2–3 раза (рис. 1), при этом ТКЛР при 800°С составляет 3,5–4,5 $\cdot 10^{-6}$ K^{-1}.

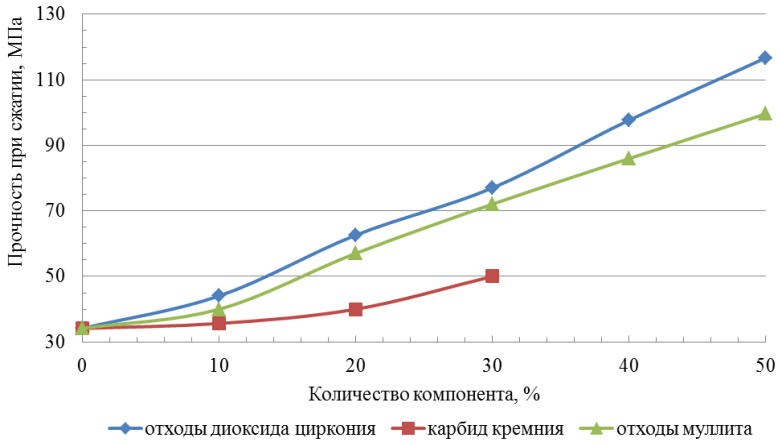


Рисунок 1. Зависимость прочности при сжатии от количества и вида компонента

Также были проведены исследования по использованию металлической фибры в качестве армирующего наполнителя в керамических материалах и огнеупорном бетоне. Установлено, что несмотря на повышение прочности полуфабриката изделия после сушки, материал фибры не позволяет использовать изделие при температуре выше 1200°С ввиду окисления и взаимодействия с компонентами массы с образованием железосодержащих легкоплавких эвтектик, что приводит к вспучиванию образцов изделия при обжиге.

ФОРМОВАНИЕ ПЛОСКИХ ЗАГОТОВОК ИЗ РАСПЛАВА НАПОЛНЕННЫХ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СОСТАВНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Поженько Я.И., Баулин И.С., Спиглазов А.В.

УО «Белорусский государственный технологический университет»,
г. Минск, ул. Свердлова, 13А, 8-017-327-15-44, факс (+37517) 327-62-17,
e-mail: pozhanka@gmail.com

Технология изготовления составных изделий позволяет формовать изделия из нескольких заготовок одновременно. Одним из перспективных направлений является использование метода пласт-формования, в рамках которого процесс прессования осуществляется из двух и более листовых заготовок одновременно, что позволяет создавать объёмные изделия, удовлетворяющие эксплуатационным свойствам, без дополнительных операций сборки. Кроме того, возможно решение вопросов по созданию гибридных материалов, когда в качестве второй заготовки используются тканые и нетканые текстильные материалы, пленки различного назначения, что позволяет обеспечить набор свойств по тепло- и звукоизоляции, декоративному виду изделий.

В основе технологии лежит совмещение процессов прессования и термоформования из пластифицированных листов заготовок, получаемых непосредственно перед стадией формообразования изделия. Для получения листовых заготовок традиционно используется метод экструзии. Ввиду существенной неоднородности состава вторичного полимерного сырья, применение в качестве наполнителей волокнистых отходов, в том числе, измельченных отходов стеклопластиков, сопряжено с рядом проблем, связанных как со структурообразованием по критерию необходимых эксплуатационных свойств материала в изделии, так и возможности формования из листов изделий требуемой конфигурации.

Для решения вышеперечисленных проблем разработана и апробирована модель экструзионной головки, компенсирующей неоднородность реологических свойств расплава композиции, обеспечивающей получение листовых заготовок требуемых размеров, реализована возможность регулирования в широких диапазонах ширины и толщины листа. Получена зависимость деформативности расплава заготовки от параметров процесса, таких как температура, время нахождения заготовки на воздухе в условиях окружающей среды и степени влияния этих параметров на адгезионную связь. Что позволяет управлять структурой материала, качеством адгезионной связи в составных

габаритных изделиях, а так же дать рекомендации по оптимизации конструкции изделий с учетом особенностей технологии формообразования.

Результаты исследования могут быть интересны ряду промышленных предприятий, занимающихся переработкой полимерного сырья и изготовлением изделий из стеклопластиков.

ПОЛУЧЕНИЕ ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ И КЕРАМИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАОЛИНОВ РБ

Попов Р.Ю., Климош Ю.А., Сергиевич О.А., Шапкина А.С.

УО «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск, ул. Свердлова, 13а, тел.: 8(017)327-43-08, e-mail: rospopov@mail.ru

В настоящее время предприятия Республики Беларусь приобретают для собственных нужд только огнеупорных материалов на сумму около 6,4 млн. долларов в год. На территории нашей страны производство огнеупоров и технической керамики не развито, хотя на некоторых предприятиях имеются благоприятные условия для организации производства таких изделий.

Как известно, в период 1957–1961 гг. в Брестской и Гомельской области были обнаружены значительные залежи огнеупорного глинистого сырья – каолинов (месторождения «Ситница», «Дедовка», «Березина», «Люденевичи»).

Месторождение «Ситница» расположено в Лунинецком районе Брестской области и представляет собой вытянутую в меридиональном направлении залежь длиной 1080 м и шириной от 80 до 540 м. Площадь участка 334 тыс. м^2, площадь разведанных промышленных запасов составляет 253 тыс. м^2.

Месторождение «Дедовка» представлено двумя пластами каолинов. Нижний из них является первичным продуктом выветривания амфибол-биотитовых гранитов Житковичского комплекса и локализован непосредственно в кровле кристаллического фундамента, залегающего на глубине от 28,3 до 37,4 м. Кора выветривания гранитов в пределах месторождения вскрыта повсеместно. Мощность ее варьирует от 2,3 до 61,5 м. Первичные каолины обычно светлоокрашенные, залегают в кровле коры выветривания и перекрываются осадочными отложениями. Залежь шириной от 240 до 490 м и длиной 820 м вытянута в меридиональном направлении.

Химический состав природных каолинов указанных месторождений представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Оксидный химический состав каолинового сырья

Месторождение каолинов	Содержание оксидов, %										
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	P_2O_5	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	ппп
«Ситница»	72,31	16,03	2,12	0,49	0,06	0,43	0,83	0,44	0,33	2,82	4,39
«Дедовка»	70,30	19,0	0,46	0,26	0,06	0,09	–	0,02	0,10	6,02	3,99

Залежь вторичных, переотложенных каолинов приурочена к отложениям киевской свиты эоцена, представленной глауконито-кварцевыми песками и алевритами с прослоями глин и галечников. В этих породах локализован пласт переотложенного каолина мощностью 0,1–5,4 м. Глубина залегания его кровли варьирует от 28,3 до 33,0 м. Мощность обводненной части этих отложений в пределах контура месторождений изменяется от 29,7 м до 37,4 м. Статический уровень зеркала грунтовых вод находится на глубине 0,35 м. Учитывая гидрогеологические особенности месторождения, разработка полезного ископаемого возможна только при постоянно действующем водоотливе.

Как видно из таблицы, каолины Республики Беларусь характеризуются значительным содержанием кварцевой и железистой составляющей, что несколько ограничивает возможности применения каолинового сырья в его естественном (природном) состоянии, в особенности в случае производства керамики технического назначения.

На кафедре технологии стекла и керамики Белорусского государственного технологического университета проведены исследования местных каолинов на предмет возможности их использования для получения керамики технического назначения, а также огнеупорных материалов. Изучены возможные способы обогащения каолинового сырья и предложены наиболее рациональные схемы повышения кондиционности, обоснованные химико-минералогическими особенностями и условиями залегания каолинов, качеством конечного продукта и его выходом, экономическими соображениями, а также спецификой их применения.

С использованием обогащенного сырья разработаны составы термостойкой керамики, свойства которой после обжига при температуре 1300°С соответствуют следующим показателям: водопоглощение –15,6 %; открытая пористость – 31,5 %; кажущаяся плотность – 2020 кг/м^3, ТКЛР (при 300°С) – $3{,}05\cdot10^{-6}$ К$^{-1}$; механическая прочность при изгибе – 20 МПа; удельное объемное электросопротивление (при 100°С) – $2{,}9\cdot10^{12}$ Ом·см; усадка – 4,8 %. Фазовый состав материала представлен преимущественно кордиеритом, в качестве побочных фаз присутствовал кварц, муллит, корунд, энстатит и шпинель.

Получены образцы огнеупорных материалов алюмосиликатного типа с применением в качестве основного сырья природных и обогащенных каолинов

Республики Беларусь, алюмосиликатного шамота, а также небольшого количества огнеупорных глин.

Установлено, что применение необогащенного каолинового сырья позволяет получить шамотные (полукислые) алюмосиликатные огнеупорные материалы, в случае использования обогащенных каолинов – уплотненные шамотные. Огнеупорность таких изделий составляет выше 1580°С, открытая пористость – 14,4–20,6 %, предел прочности при сжатии – 23–67 МПа, температура начала размягчения – выше 1360°С.

ОСОБЕННОСТИ РОСТА И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИАНИЛИНА И НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА

Рогачев А.А., Фролов А.М.

УО «Белорусский государственный университет транспорта», ул. Кирова 34, 246653 г. Гомель, Беларусь, 95-39-20, e-mail: rogachev78@mail.ru

Проводящие полимеры, например полианилины (PANI), нашли широкое практическое применение благодаря их уникальной способности сочетать в себе электрофизические и оптические свойства металлов и полупроводников с возможностью обрабатываться методами свойственными полимерам [1, 2].

Повышение физико-механических, электрофизических свойств, химической и термодинамической стойкости покрытий PANI решают, как правило, путем формирования композиционных тонкослойных систем. В этом контексте актуальным является развитее без растворных методов формирования композиционных тонкослойных систем на основе PANI. Среди без растворных вакуумных способов синтеза таких слоев можно выделить методы осаждения их активной газовой фазы, формируемой путем электронно-лучевого диспергирования PANI и допирования их наночастицами металлов, например серебра (nAg) [14, 15].

Цель данной работы изучить структурные и электрофизические особенности зарождения покрытий на основе PANI и наночастиц серебра, формируемых из активной газовой фазы.

Покрытия формировали из активной газовой фазы, генерируемой электронно-лучевым диспергированием, полианилина (PANI, основание эмеральдина M_w = 5000, Aldrich) и хлорида серебра (AgCl), механической смеси указанных компонентов. Толщину покрытия в процессе нанесения контролировали с помощью кварцевого измерителя толщины (QCM).

Молекулярная структура осаждаемых покрытий исследовалась методом ИК-спектороскопии с помощью ИК-Фурье спектрофотометра Vertex-70 (Bruker) с использованием стандартной ячейки на пропускание. УФ-ВИД спектроскопические исследования проводили с помощью спектрофотометра Cary-50 (Varian) на просвет.

Морфологию покрытий определяли методом просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) с помощью просвечивающего микроскопа JEM 2100 (Jeol) путем нанесения покрытий непосредственно на сетчатую медную подложку.

Частотные характеристики комплексного импеданса Z измерялись на образцах, представляющие собой встречно-штыревой конденсатор с нанесенным на них нанокомпозиционным покрытием PANI+nAg.

Методами ИК-Фурье и УФ-ВИД спектроскопии установлено формирование в синтезируемых нанкомпозиционных покрытиях проводящих областей полимерной матрицы PANI. Кроме того при осаждении из активной газовой фазы формируются слои с высоким содержанием аминогрупп, связанных межмолекулярной или внутримолекулярной водородной связью. Наличие таких связей является одним из признаков процессов самоорганизации и образования супрамолекулярных ансамблей, а также свидетельствует о сложной гетероароматической олигомерной структуре PANI.

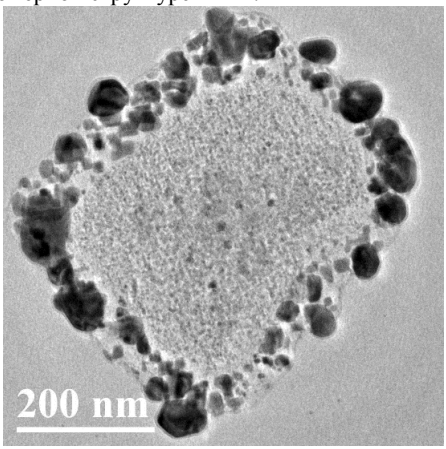


Рисунок 1. ПЭМ начальных стадий роста покрытй PANI+nAg

Анализ методами импедансной спектроскопии особенностей формирования покрытий PANI+nAg позволил установить, что в процессе роста электрофизические свойства формируемой системы изменяются не линейно. Наиболь-

шей проводимостью обладали слои толщиной 90 нм, соответствующие, по-видимому, структуре в которой не только оптимальной количество проводящих нанокластеров серебра, но и более проводящая структура PANI. Такая структура PANI обусловлена как меньшим разбросом по размерам проводящих участков, о чем свидетельствует более узкий спектр электрического модуля, так и с формированием более ориентированной структуры покрытия в результате действия сил подложки. Анализ данных ПЭМ начальных стадий роста покрытий PANI+nAg позволил установить сложную структурную организацию формируемых слоев (рисунок). Выделяются структурные образования различных типов: металлические нанокластеры серебра, полимерная матрица PANI в виде нанолистов и граничных слоев, покрывающих нанокластеры серебра. В целом такая структура не противоречит предложенной эквивалентной электрической схеме, согласно которой участки полимерной матрицы PANI имеющие разную степень окисления и допирования представлены в виде последовательного соединения двух RC-цепочек. Кроме того, направленный рост нанолистов PANI, их ориентация относительно подложки, позволяет также управлять проводимостью формируемых слоев.

САМОРАСПРАВЛЯЮЩИЙСЯ КОЛОРЕКТАЛЬНЫЙ TiNi СТЕНТ

Рубаник В.В., Рубаник В.В. мл., Легкоступов С.А

ГНУ «Институт технической акустики НАН Беларуси»,
г.Витебск, пр. Людникова, 13, тел. (0212) 55-63-89, факс. (0212) 55-39-53;
УО «Витебский государственный технологический университет»,
e-mail: ita@vitebsk.by

Стент — упругая металлическая конструкция в форме цилиндрического каркаса, которая помещается в просвет полых органов и обеспечивает расширение участка, суженного патологическим процессом [1]. Стент обеспечивает проходимость физиологических жидкостей, расширяя просвет полого органа: артерии, пищевода, кишечника, желчевыводящих путей, мочеточника и др.

В совместной лаборатории перспективных материалов и технологий ИТА НАН Беларуси и Витебского государственного технологического университета совместно со специалистами Витебского областного онкологического диспансера и Витебской областной клинической больницы №2 разрабатывается колоректальный стент на основе TiNi сплава для лечения злокачественных новообразований толстого кишечника и прямой кишки с целью восстановления проходимости стенозированного органа.

В качестве материала для изготовления стентов использовали никелид титана (TiNi), это объясняется его особыми физическими характеристиками: биосовместимостью, стойкостью к коррозии, эффектом памяти формы и сверхэластичностью [2]. В исходном мартенситном состоянии стент эластичен и может менять форму при температуре 0÷20°С, что обеспечивает его заправку в систему доставки (рис. 1).

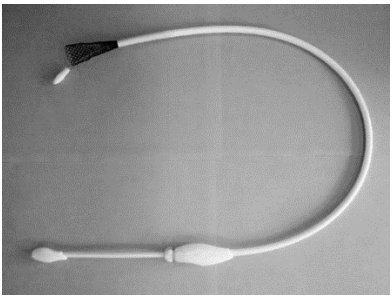


Рисунок 1. Система доставки стента

После извлечения из системы доставки стент, находясь внутри человеческого тела и нагреваясь до температуры ≈ 33°С, начинает постепенно расширяться, принимая заданную форму. Находясь в поврежденном участке прямой кишки, стент растягивается радиально, расширяя участок стеноза, и восстанавливает беспрепятственный проход.

Для изготовления колоректального стента использовали TiNi проволоку диаметром 0,25 мм. Проволоку навивали на специальную оснастку и подвергали термической обработке в среде инертного газа, таким образом задавая устойчивую форму стенту при температуре выше ≈ 30°С, т.е. температуре человеческого тела. Особая конструкция имплантата обеспечивала комфортность ощущений пациенту после его установки. Эластичные концы стента не имеют острых краев, что позволяет избежать повреждения стенок сосуда при его установке и извлечении.

В ряде случаев возможно применение силиконового покрытия стента. Силиконовое покрытие обеспечивает великолепную биосовместимость и препятствует проникновению мягких тканей через ячейки стента, т.е. ингибирует прорастание опухоли через сетку стента. Разработанная оснастка позволяет изготавливать стенты различной длины, диаметра и конфигурации и успешно применять их для ликвидации непроходимости прямой кишки.

На сегодняшний день установка металлических саморасширяющихся стентов является малотравматичным, эффективным и экономически выгодным методом ликвидации острой непроходимости полого органа. Таким образом, разработка отечественного колоректального стента приведет не только к импортозамещению зарубежных аналогов, но и сделает процедуру стентирования более доступной, способной улучшить качество жизни пациентам.

Литература:

1. Википедия [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Стент. – Дата доступа: 15.02.2014.

2. Лихачев В. А., Кузьмин С. Л., Каменцева З. П. Эффект памяти формы. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1987.

ЗАПОРНЫЙ КЛАПАН С TINI ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ

Рубаник В.В., Рубаник В.В. мл., Непомнящая В.В.

ГНУ «Институт технической акустики НАН Беларуси»,
г.Витебск, пр-т Людникова, 13, тел. (0212) 55-63-89, факс.(0212) 55-39-53;
УО «Витебский технологический университет», Витебск,
e-mail: ita@vitebsk.by

В настоящее время широкое практическое применение в различных отраслях промышленности находят сплавы, проявляющие эффект памяти формы, в частности, изделия с TiNi элементами. Работа их основана на проявлении эффекта сверхупругости или эффекта памяти формы (ЭПФ). Эффект памяти формы — способность восстанавливать исходную форму при нагреве через интервал мартенситных превращений после предварительного деформирования в низкотемпературной мартенситной фазе. Элементы из сплавов с памятью формы на основе никелида титана способны в узком температурном интервале от 5 до 40°С восстанавливать предварительно заданные однократные и обратимые деформации [1].

Металл, обладающий способностью к возврату деформаций, можно запрограммировать на довольно сложные движения и тем самым на совершение исполнительных функций почти неограниченной степени сложности. Если использовать способность металла к проявлению многократно обратимой памяти формы, то легко сделать трансформируемые конструкции, которые будут совершать саморазвертывание и самосборку, а отдельные исполнительные элементы, например пружины, будут многократно повторять движения самых разнообразных траекторий. Такие элементы аппаратуры применяют, в

частности, в элементах контрольно-исполнительных механизмов в системах обеспечения безопасности различных технологических процессов и функционирования промышленных помещений (разъединители токовых сетей, противопожарные сигнальные системы и исполнительные элементы систем пожаротушения, сигнально – исполнительные элементы противопожарных и предохранительных клапанов в системах вентиляции) [2].

В настоящей работе приведена конструкция разработанного запорного клапана с TiNi исполнительным элементом (рис.1), регулирующего поступление воды и срабатывающего при достижении определенной критической температуры.

Подача воды осуществляется в винтовую крышку 1, в которой имеется отверстие, через которое вода поступает непосредственно в корпус клапана 2 и перепускную втулку 4. При рабочей температуре воды TiNi элемент 6 находится в сжатом состоянии, что позволяет воде поступать через зазор между золотником 3 и перепускной втулкой 4 в отверстие втулки и ниппель 5. Если вода достигнет критической температуры 48 ÷ 50°С, то за счет реализации эффекта памяти формы срабатывает TiNi элемент 6. Золотник 3, смещаясь вперед, закрывает зазор и предотвращает поступление воды в ниппель. Данная конструкция проходит натурные испытания и может быть рекомендована к практическому использованию.

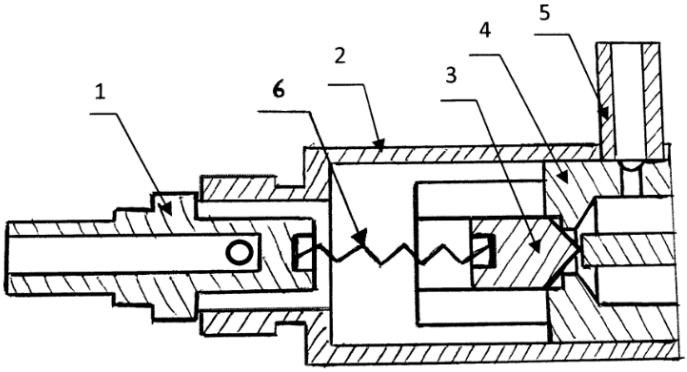


Рисунок 1. Запорный клапан с TiNi исполнительным элементом

Литература:

1. Материалы с эффектом памяти формы: справ. изд.: в 4т. / редкол.: Лихачева В.А. и [др.]. Санкт-Петербург: НИИХ СпбГУ, 1998. – Т.2.–374 с.

2. Ситников, Н.Н., Шеляков А.В., Менушенков А.П. Изготовление и исследование аморфно-кристаллических быстрозакаленных лент из сплава TiNiCu // Труды XIX научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. РКК «Энергия» им. С.П. Королева. 2012.Сер. XII. В. 1–2. –С. 275.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ БЕЛЫХ ПИГМЕНТОВ НА БИОЦИДНЫЕ СВОЙСТВА ПОКРЫТИЯ

Сабадаха Е. Н., Марченко О. Н., Витковская О. О., Тиханская Е. Ю.

УО «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск, ул. Свердлова 13а, факс/тел 8-017-327-57-38, e-mail: elenasabadaha@mail.ru

Лакокрасочные покрытия различной природы могут подвергаться воздействию микроорганизмов. Наибольший ущерб наносят плесневые грибы. Для защиты от биологических повреждений в лакокрасочные материалы добавляют фунгициды. Однако биозащитные свойства пленки можно увеличить за счет введения компонентов лакокрасочного материала, обладающих фунгитоксичностью, тем самым, сводя к минимуму использование фунгицидов.

По масштабам производства и применения в лакокрасочных материалах белые пигменты занимают первое место, они составляют 65–70% всей массы выпускаемых пигментов. Из большого числа неорганических веществ белого цвета в качестве пигментов нашли практическое применение лишь немногие технические продукты, отвечающие комплексу физических, химических, технических, экономических и санитарно-гигиенических требований. К ним относятся: диоксид титана, оксид и сульфид цинка, литопон.

Целью данного исследования являлось проведение качественного анализа на фунгитоксичность лакокрасочных покрытий, на основе водно-дисперсионных модельных систем, содержащих белые пигменты.

В качестве модели была выбрана простая 3-х компонентная система. Каждая модель содержала 50% дисперсии (стирол-акриловая Axilat DS 910, винилацетат-этиленовая Mowilith LDM 1780, акриловая Finndisp A 2002), 30% пигмента и остальное – вода.

Образцы готовили путем диспергирования пигмента в воде на приборе ULTRA TURRAX Tube Drive BMT-20G/S, далее смешивали с дисперсией. Полученную смесь наносили на фильтровальную бумагу, сушили при 20°С до образования пленки.

Фунгитоксичность образцов модельных лакокрасочных покрытий оценивали экспресс – методом «агаровая сетка», разработанным в Институте микро-

биологии НАН Беларуси [1]. Тест-культурой служил плесневой гриб Aspergillus niger. Чашки Петри с образцами, инокулированными спорами тест-культуры, инкубировали в термостате при температуре 28°С и влажности близкой 100 % в течение 10 суток. Контролем служила фильтровальная бумага. Один раз в сутки ячейки агаровой сетки снимали с образцов и микроскопировали в проходящем свете при увеличении в 300 раз. В качестве критерия фунгитоксичности была выбрана длительность лаг-фазы (время от постановки опыта до начала массового прорастания грибных спор). Чем больше задержка прорастания грибных спор по сравнению с контролем, тем выше фунгитоксичность.

Установлено, что диоксид титана незначительно влиял на ингибирующую способность покрытий (увеличил длительность лаг-фазы гриба на 1 сутки). Наибольшую фунгитоксичность с водно-дисперсионными пленкообразователями проявил оксид цинка. Споры гриба остались без видимых изменений в течение всего периода испытаний на всех покрытиях. В композициях, содержащих литопон и сульфид цинка, антигрибные свойства полностью отсутствовали, что связано с меньшим содержанием ионов цинка в пигментах (литопон содержит 20% цинка, сульфид цинка – 67,1%, а цинковые белила – 80%), следовательно, в лакокрасочной композиции (количество цинка в покрытии с цинковыми белилами составило 24%, сульфидом цинка – 20,13%, литопоном – 6%).

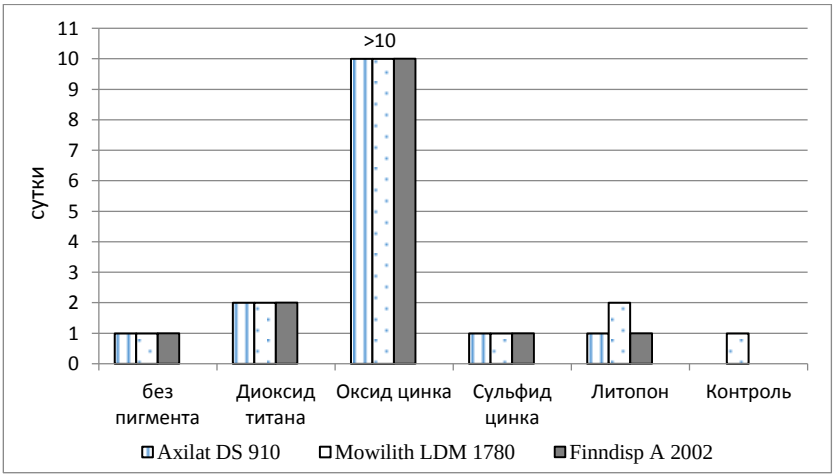


Рисунок 1. Длительность лаг-фазы (сут) A. niger на пленках, содержащих пигменты

Таким образом, фунгитоксичные свойства покрытий определялись, главным образом, пигментами, так как лаг-фаза всех пленок, содержащих один и тот же пигмент, была одинаковая. Лучшими биозащитными свойствами в составе модельных композиций обладал оксид цинка.

Литература:

1. Гончарова, И.А. Экспресс-оценка эффективности защиты материалов от плесневых грибов / И.А. Гончарова, А.Г. Мицкевич, Н.М. Ровбель // III Всероссийский конгресс по медицинской микологии «Успехи медицинской микологии», Москва, 24–25 марта, 2005 г. – М.: Национальная академия микологии, 2005. – Т. 5.– С. 61–63.

ФОРМИРОВАНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ YAG:CE МЕТОДОМ СООСАЖДЕНИЯ

Соломаха Т. А.

УО «Белорусский государственный университет», Химический факультет, Беларусь, 220050, Минск, ул. Ленинградская, 14 , тел: +375256116807; e -mail: tanja_313@mail.ru

Поиск новых оптически активных материалов, способных эффективно излучать энергию в заданной области спектра при возбуждении светом с минимальными потерями, является одной из актуальных задач современной физики конденсированного состояния и материаловедения. Наиболее изученными материалами для лазерной и фотолюминесцентной техники являются люминофоры на основе алюмоиттриевого граната, активированного ионами Ce^{3+} (YAG:Ce), которые имеют широкие перспективы для производства светоизлучающих диодов (LED) белого цвета свечения. Сказанное обуславливает значительный интерес исследователей к всестороннему изучению свойств YAG:Ce в зависимости от методов синтеза.

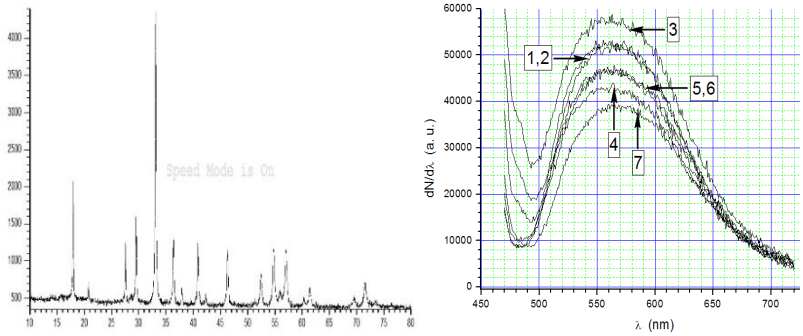
В литературе описано большое количество методов синтеза алюмоиттриевого граната, активированного ионами РЗЭ. К основным можно отнести: твёрдофазный синтез, метод Печини, метод горения, золь-гель метод. В последнее время всё чаще используется метод совместного осаждения прекурсоров из растворов солей иттрия и алюминия аммиаком или гидрокарбонатом аммония с их последующей термообработкой. Целью каждого из методов является получение порошков YAG:Ce с высокой интенсивностью люминесценции.

В данной работе представлены результаты исследования структурно-фазовых, морфологических и спектрально-люминесцентных свойств образцов

YAG:Ce в зависимости от условий синтеза. Использовали способ обратного осаждения: раствор солей добавляли в раствор осадителя. В качестве осадителей применяли водный раствор аммиака (ρ=0,983 г/см^3) и насыщенный раствор бикарбоната аммония. В качестве соли активатора использовали $Ce(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$. Осаждение проводили до pH 8,5–9,0.

Для исследования указанных свойств были использованы методы РФА, ИК спектроскопии, ДСК, ТГ анализа и СЭМ. Изучено влияние типа осадителя, добавки поливинилпирролидона (ПВП), условий промывки, сушки и термообработки ксерогелей.

В соответствии с данными РФА установлено, что при использовании водного раствора аммиака беспримесная фаза алюмоиттриевого граната формируется уже при 850°С. При использовании водного раствора бикарбоната аммония показано, что при промывке прекурсора и последующей термообработке при 850, 900, 1000°С формируются, кроме фазы граната, дополнительные фазы – Y_2O_3 и $Al_2Y_4O_9$. Чистая фаза граната образуется в случае отсутствия промывки прекурсора и последующей его термообработке при 900°С (рисунок 1а). Образцы, полученные из аммиачного прекурсора, состоят из плотноупакованных агрегатов произвольной формы размером 3–10 мкм, а полученные из бикарбонатного – из слабоагрегированных частиц размером до 100 нм.



а б

Рисунок 1. Рентгенограмма YAG:Ce, полученного с использованием бикарбоната аммония в отсутствие промывки прекурсора и его последующей термообработки при 1000°С 2 часа (а) и спектры люминесценции образцов YAG:Ce в зависимости от концентрации иона активатора и добавки ПВП: 1 – 0,8 ат. % Ce, 2,5 – 1 ат. % Ce , 3,4,6 – 1,5 ат. % Ce, 7 – 2 ат. % Ce; 1–4 – с ПВП, 5–7 – без ПВП. $\lambda_{возб}$ = 450 нм (б).

Изучены спектрально-люминесцентные свойства YAG:Ce в зависимости от типа осадителя, поливинилпирролидона, условий промывки прекурсора и кон-

центрации иона активатора. Установлено, что наибольшая интенсивность люминесценции характерна для образца YAG:Ce (1,5 ат. %), полученного из прекурсоров в присутствии ПВП при использовании аммиака, подвергшихся промывке и последующей термообработке при 1650°С 2 часа (рисунок 1б).

Таким образом, в настоящей работе с использованием метода соосаждения определены оптимальные условия синтеза, термообработки и концентрация иона активатора при которых формируется беспримесная фаза YAG:Ce с высокой интенсивностью люминесценции.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА И ПОЛИОЛЕФИНОВ

Тимошенко В.В., Валенков А.М.

ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАН Беларуси», г.Гомель, ул. Кирова 32а, (80232) 77-46-28, e-mail: twadim@tut.by

Гидролизный лигнин получают при переработке древесины хвойных и лиственных пород гидролизом разбавленной серной кислотой. Выход лигнина в зависимости от вида древесины составляет 17—32%. Его образуется ежегодно около 5 млн.т.

В настоящее время основные направления применения гидролизного лигнина это: топливно-выгорающая добавка в производстве керамических материалов; заменитель опилок в строительных изделиях; сырье для получения феноллигниновых полимеров; применение в качестве пластификатора и интенсификатора [1–4]. В тоже время представляет интерес использование гидролизного лигнина в качестве наполнителя пластмасс, в частности, полиэтилена. Поэтому целью данной работы является исследование физико-механических и технологических характеристик композиционных материалов на основе гидролизного лигнина и полиолефинов.

В качестве основы при получении композиций использовали гидролизный лигнин (ГЛ) образующийся на Речицком гидролизном заводе, полиэтилен высокого давления (ПЭВД) (ГОСТ 16337). В качестве модификаторов использовали: комплексный модификатор (КМ) разработанный в ООО «ЛАРТА Технолоджи», стеарат цинка (StZn), полиэтиленовый воск ПВ–200, сополимер этилена с винил ацетатом (СЭВ).

В результате проведенных исследований установлено, что наиболее высокие физико-механические характеристики имеют композиты наполненные КМ и StZn, так прочность при растяжении в таких композитах– 9–10 МПа, модуль упругости – 250–300 МПа, относительное удлинение при разрыве – 9–12 %, ударная вязкость – 20–22 кДж/м^2, ПТР – 8,3–8,6 г/10 мин., влагопоглощение 0,7–0,8 %. Так же установлено, что необходима предварительная подготовка смеси к переработке: сушка гидролизного лигнина в течении 2–2,5 часов при температуре 80–90°С до остаточной влажности 1,5–2% при наличии в экструзионном оборудовании зон дегазации влажность лигнина может находится в пределах 10–15%, измельчение и просеивание гидролизного лигнина до размера не более 0,4 мм.; постадийное смешение компонентов смеси в течении 20–25 мин. в смесителе барабанного типа; предварительное гранулирование смеси на двухшнековом экструдере. Полученные показатели физико-механических и технологических свойств указывают на возможность использования разработанного материала в производстве изделий для различных отраслей народного хозяйства, в частности, при производстве длинномерных изделий (труба, погонаж, лист), а также литьевых изделий на шнековых и поршневых термопласт автоматах.

Литература:

1. Раувендаль, К. Экструзия полимеров / К. Раувендаль. – СПб.: Профессия, 2006. – 800 с.

2. Функциональные наполнители для пластмасс / Марино Ксантос (ред.), пер. с англ. под ред. В.Н. Кулезнева. – М.: Научные основы и технологии, 2010. – 576 с.

3. Влияние дисперсных частиц на напряженное состояние в композитах с полимерной матрицей / М. Люткевичус, И. Сапрагонас // Механика. – 1999. – №2(217). – с. 9–15 – (на английском языке).

4. Baltušnikas, A. The Effect of Thermal Transitions on Activity of Diatomite in Epoxy Composites / A. Baltušnikas, A. Gryběnas // Materials Sci. ISSN 1392–1320, 1997. – N1. – p. 68.

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДАТЧИКОВ CO_2

Хорт А.А., Дятлова Е.М., Поддубняк В.С.

УО «Белорусский государственный технологический университет», 220006, г. Минск, ул. Свердлова 13, тел. 80173274308, факс 3273150, e-mail:khort@belstu.by

Сегнетоэлектрические керамические материалы широко применяются в качестве чувствительных элементов химических датчиков для определения концентрации газов различных видов. Принцип работы таких датчиков основан на явлении изменения проводимости адсорбента под влиянием адсорбции. Наибольшей чувствительностью к адсорбции обладают широкозонные примесные полупроводники, что связано с практически полным отсутствием в них собственных носителей заряда и поэтому огромной чувствительностью их электропроводности к легированию любого типа. Это обуславливает возможность создания чувствительных элементов энергоэффективных полупроводниковых газовых сенсоров на основе модифицированного титаната бария.

Целью работы являлось разработка составов керамических сегнетоэлектрических материалов для чувствительных элементов полупроводниковых датчиков CO_2 с энергопотреблением до 200 мВт.

Для достижения поставленных целей предусмотрено решение задач, связанных с разработкой составов и технологических параметров синтеза модифицированных титанатов бария, изготовленных с применением методов высокотемпературного спекания и экзотермического синтеза, изучением фазового состава, структуры, физико-химических и электрофизических свойств полученных керамических сегнетоэлектриков, а также с разработкой технологии изготовления чувствительных элементов датчиков на основе оптимальных составов синтезированных материалов и изучении их эксплуатационных характеристик.

Для исследования были выбраны керамические сегнетоэлектрические материалы на основе титаната бария с введением модификаторов типа R_xO_y. Керамические материалы получены методом высокотемпературного спекания предварительно измельченной и гомогенизированной в планетарной мельнице тонкого помола смеси исходных компонентов.

По результатам рентгенофазового анализа синтезированных материалов и измерений электрофизических характеристик полученных образцов было установлено, что введение ионов железа приводит к формированию собственной кристаллической фазы сходной по природе проводимости с тита-

натом бария и не способствуют созданию стабильной полупроводниковой структуры. Введение ионов меди и никеля приводит к образованию оксидных соединений, обладающих проводимостью p типа. При формировании на поверхности зерен титаната бария запирающего слоя (эффект Судзуки) оксиды никеля и меди создают полупроводниковые структуры, с широкими запрещенными зонами и большим количеством p-n переходов. Это в свою очередь способствует увеличению чувствительности материала к изменению поверхностной плотности заряда. Введение ионов марганца и кобальта приводят к формированию полиструктурного материала. Одновременное существование низко- и высокотемпературных модификаций способствуют повышению частотной стабильности электрофизических характеристик титаната бария при низких температурах. Введение ионов лантана приводит к образованию структуры, характеризующейся большей частотной и температурной стабильностью электрофизических свойств, более высокими значениями удельной проводимости. Как показали исследования, наибольшее влияние на проводимость титаната бария оказывают ионы меди и никеля. Сходное, но меньшее влияние можно отметить у ионов кобальта. Ионы железа и, особенно, марганца не позволяют повысить проводимость в степени, достаточной для использования их в энергоэффективных датчиках углекислого газа.

Для создания чувствительных элементов полупроводниковых сенсоров CO_2 были синтезированы материалы на основе титанат бария, содержащие в качестве модификаторов ионы лантана, а также ионы марганца, железа, кобальта, никеля и меди.

Было установлено, что наибольшей чувствительностью к углекислому газу при рабочих температурах термокаталитического сенсора обладают материалы, модифицированные ионами лантана и меди. Более низкими значениями характеризуются сенсоры с ионами кобальта, никеля. Практически не обладают чувствительностью термокаталитические сенсоры, содержащие ионы марганца и железа. Кроме того сенсоры с чувствительными элементами на основе синтезированных полупроводниковых материалов обладают избирательной чувствительностью к диоксиду углерода. Важно отметить, изготовленные сенсоры характеризуются линейной зависимостью изменения выходного сигнала от концентрации CO_2, а также низким энергопотребление, которое не превышает 200 мВт при работе в широком диапазоне температур окружающей среды. При сопоставлении и анализе всех экспериментальных данных можно сделать вывод о том, что использование композиций керамических материалов на основе модифицированного ионами лантана и меди титаната бария, позволяет создавать высокочувствительные

селективные энергоэффективные сенсорные элементы для полупроводниковых газовых датчиков диоксида углерода.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ПОЛИБУТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА, МОДИФИЦИРОВАННОГО ИЗОЦИАНАТНЫМИ УДЛИНИТЕЛЯМИ ЦЕПИ

Шевченко В.В.

ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси, г. Гомель, ул. Кирова 32а, e-mail: mpri-shevchenko@tut.by

Полибутилентерефталат (ПБТ) является одним из наиболее широко используемых конструкционных пластиков, годовой объем производства которого составляет ≈800 000 тонн. Основные области его применения – машиностроение, автомобильная промышленность, электротехника и электроника, радиотехника, бытовая техника, товары широкого потребления. Перерабатывается ПБТ главным образом методом литья под давлением.

Переработка ПБТ из расплава при повышенной температуре сопровождается деструкцией его макромолекул (особенно в присутствии воды и различных примесей), приводящей к снижению молекулярной массы, увеличению концентрации концевых карбоксильных групп, которые каталитически действуют на процесс разрушения сложноэфирных связей, и, как следствие, ухудшению комплекса показателей механических свойств и технологических характеристик. Для замедления деструкции и предотвращение ее негативного влияния на свойства полиэфиров возможно введение в их состав стабилизаторов, проведение твердофазной дополиконденсации материала, блокирование карбоксильных групп, применение удлинителей цепи (УЦ). Последние способны химически взаимодействовать в расплаве с концевыми функциональными группами макромолекул полимера, связывая их и тем самым предотвращая снижение молекулярной массы. Химическое взаимодействие УЦ с полиэфирами может протекать в расплаве в процессе реакционной экструзии.

Установлено, что свойства ПБТ, модифицированного изоцианатными соединениями методом реакционной экструзии, зависят от природы и концентрации применяемого модификатора. При их введении в ПБТ наблюдаются сильные изменения молекулярной структуры и показателей важнейших свойств материала, что является следствием удлинения цепи и повышения молекулярной массы: снижение значений ПТР и рост [η], а также значений показателей механических свойств, замедление кристаллизации макромолекул. Изменение концентрации изоцианата позволяет также управлять такими показателями, как прочность и разбухание рас-

плава ПБТ. Введение изоцианатных УЦ не влияет на сегментальную подвижность макромолекул ПБТ.

МОДИФИКАЦИЯ НАНОРАЗМЕРНЫМИ ДОБАВКАМИ АЛКИДНЫХ АНТИКОРРОЗИОННЫХ ГРУНТОВОК

Шутова А.Л., Хованская Е.И., Аганская М.В.

УО «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск, ул. Свердлова 13а, 8-017-327-57-38, e-mail: a.l.shutova@mail.ru

В настоящее время весьма актуальными являются исследования, связанные с модификацией лакокрасочных материалов наноразмерными добавками.

В работе изучено влияние углеродных нанотрубок, полученных путём каталитического синтеза в псевдоожиженном слое (УНТ), и полярности растворителей на время высыхания, физико-механические (твердость, адгезия, прочность при ударе) и защитные (стойкость к статическому воздействию воды и растворов хлористого натрия) свойства алкидных грунтовок различных марок и производителей Ecol ГФ-021 (MAV), Metalgrund (Alpina), Belakor (MAV), Urekor S (Sniezka).

Углеродные нанотрубки вводили в лакокрасочные материалы следующим образом: предварительно диспергировали в неполярных и полярных растворителях в ячейке ультразвуковой ванны Bandeline Sonorex в течение 15 мин с последующим смешением с исследуемым лакокрасочным материалом в течение 20 мин на лабораторном диссольвере DISPERMAT®CA с помощью фрезерной мешалки.

При модифицировании грунтовок Ecol ГФ-021, Metalgrund УНТ, продиспергированными в ксилоле, изменений в свойствах покрытий выявлено не было. Добавление УНТ в ксилоле в количестве 0,01 и 0,1% к грунтовке Belakor, привело к увеличению прочности покрытий при ударе до 90 и 100 см соответственно, по сравнению с немодифицированными – 60 см. Добавление УНТ в ксилоле к грунтовке Urekor S в исследуемых количествах (0,005, 0,01, 0,1%) привело к повышению твердости с 0,129 отн. ед. до 0,135, 0,163, 0,174 отн. ед. соответственно (что составляет увеличение на 5, 20 и 30%).

При модифицировании грунтовки Belakor УНТ (0,01%), диспергированных в полярных растворителях (ацетон, циклогексанон, бутанол-1, этилцеллозольв) во всех случаях зафиксировано увеличение твердости покрытий: на 3–7% для ацетона и бутанола-1, на 35% для циклогексанона. Для всех растворителей характерно улучшение адгезии методом решетчатых надрезов с обратным ударом

в 1,5–4 раза. Отмечено также улучшение водостойкости в 6 раз при добавлении УНТ в ацетоне и увеличение солестойкости в 2–3 раза при добавлении УНТ в циклогексаноне и бутаноле.

Таким образом, в ходе исследований установлено, что на физико-механические и защитные свойства покрытий на основе модифицированных алкидных грунтовок влияет не только концентрация УНТ, но и природа растворителя, в котором осуществляется предварительное диспергирование модификаторов.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИНТЕРЬЕРОВ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Якимович Н.В., Симонюк И.Ю., Бухаров С.Н.

ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси», г. Гомель, ул. Кирова 32 а, Беларусь,
e-mail: ilya_simonuk@mail.ru

Технология звукопоглощающих композиционных материалов для интерьеров автотранспортных средств является важным фактором, определяющим эффективность производства, качество выпускаемой продукции, конкурентоспособность, а так же временные и материальные затраты.

Целью настоящей работы является оптимизация технологического процесса звукопоглощающих композиционных материалов на основе льняных и полимерных волокон.

Практически важным для прессования являются такие параметры как температура, время прессования и усилие. Для определения степени уплотнения материала проводился следующий эксперимент: на плоскопараллельных плитах устанавливалась температура, равная температуре плавления полимерного волокна, материал помещали в печь, где он нагревался до температуры, равной температуре плавления полимерного волокна. По достижению заданной температуры, материал помещался между плоскопараллельными плитами и сжимался с усилием, которое контролировалось динамометром с одновременной записью показаний датчика деформации. По результатам измерений установлено, что уплотнение материала возрастает с увеличением приложенного усилия. Для всех образцов характерно отсутствие обратной деформации (распрессовки) при условии достижения температуры плавления волокна.

Поскольку исходный материал имеет низкую теплопроводность, при прессовании необходимо учитывать изменение его теплофизических параметров, в

первую очередь, таких как температуропроводность. Для оценки этого параметра в работе реализован метод нестационарного температуропроводного слоя (рис. 1). Между плоскопараллельными плитами помещали ограничитель, выполненный в виде двух полуколец высотой 10 мм. Поскольку теплоёмкость нагревательных плоскопараллельных плит намного больше теплоёмкости исследуемого материала, то изменением температуры плит за счёт теплообмена можно пренебречь. Холсты материала имели диаметр 100 мм и толщину приблизительно 10 мм. Погрешность, вносимая теплоотдачей с поверхности образца незначительна ввиду большого отношения диаметра к толщине. Метод основан на решении уравнения теплопроводности для неограниченной пластины толщиной h с начальной температурой θ_0 на поверхности которой с момента времени $t=0$, поддерживается постоянная температура θ_1. Закон изменения температуры в центре записывается в виде ряда, который быстро сходится и может быть представлен первым членом. Для коэффициента температуропроводности получаем расчётную формулу:

$$a = \frac{h^2}{\pi^2 t} \ln\left[\frac{4}{\pi}\frac{\theta_1 - \theta_0}{\theta_1 - \theta(t)}\right] \qquad (1)$$

В эксперименте, между холстами, посередине, размещали термопару и с помощью секундомера фиксировали время достижения заданных температур (рис. 1). Используя формулу (1) вычисляли температуропроводность материала для ряда значений температур и интервалов времени.

Измерения проводили для двух, четырёх и шести слоев материала, что позволяло оценить температуропроводность для материала уплотнённого в два, четыре и шесть раз.

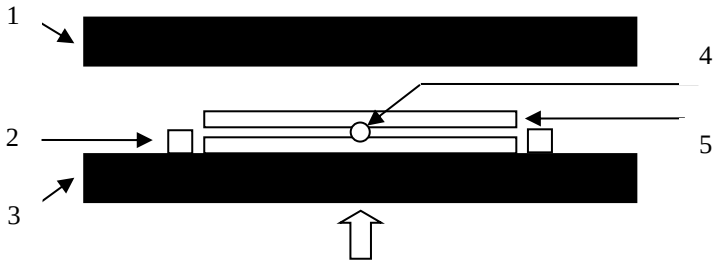


Рисунок 1. Схема экспериментальной установки для определения температуропроводности холстов композитного материала, где 1 – верхняя плита, 2 – ограничительное кольцо, 3 – нижняя плита, 4 – термопара, 5 – композиционный материал

Полученные результаты показывают, что температуропроводность материала уменьшается с ростом уплотнения, что находится в соответствии с выражением для температуропроводности

$$\chi = \frac{k}{\rho\, c_p}$$

где k – это теплопроводность материала, p – плотность, c_p – теплоёмкость при постоянном давлении. Таким образом, с ростом плотности и теплоемкости материала, температуропроводность уменьшается.

СИНТЕЗ ИОНООБМЕННОГО СОПОЛИМЕРА ПОЛИФЕНИЛЕН-1,3,4-ОКСАДИАЗОЛА

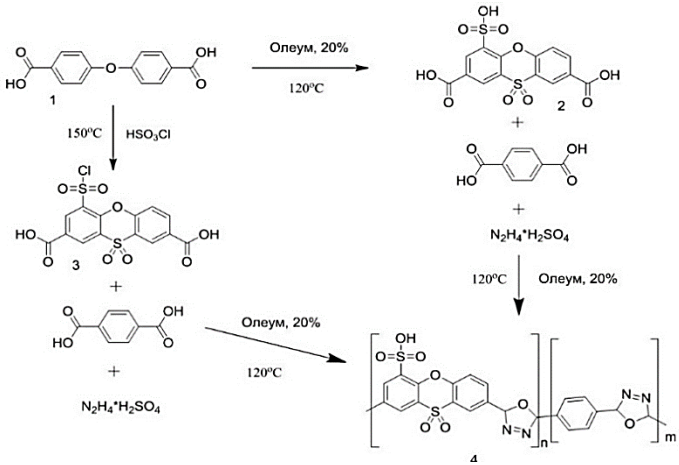
Ященко В.С., Ольховик В.К.

ГНУ «Институт химии новых материалов НАН Беларуси»
ул. Ф.Скорины ,36, Минск 220141, Беларусь, тел. +37529-577-32-81,
e-mail: Yashchenko-Vladimir@tut.by

Значительный интерес среди высокотермостойких полимеров представляет поли-1,3,4-оксадиазолы (ПОД-полимеры). Они выдерживают длительную эксплуатацию при температуре 230—250°С, а температура их термической деструкции выше 470—480°С. В последние годы делаются попытки придать этой группе полимеров дополнительные свойства, которые позволили бы расширить область их применения. Например, введение в полимерную цепь ковалентно связанных полярных групп позволяет изменять ионную проводимость материалов, и использовать их в создании топливных элементов и мембранных технологиях [1]. Такой подход, введение сульфогруппы в готовую макромолекулу, использовался для увеличения ионной проводимости ПОД-полимеров на основе 4,4′-оксидибензойной кислоты [2]. Однако, как отмечали сами авторы, такой метод имеет ряд недостатков, и приводит к уменьшению молекулярной массы полимера и ухудшению его физико-механических характеристик. Одним из перспективных способов модификации ПОД-полимеров, позволяющих направленно изменять свойства, является получение их различных сополимеров (СП). Последние, как правило, наряду с высокой термостабильностью, обладают более широким спектром полезных синсвойств.

С целью получение материалов, обладающих ионообменными характеристиками, был разработан метод синтеза сополимеров поли(1,3,4-оксадиазол-2,5-диил-1,4-фенилена), содержащих в полимерной цепи фрагмент 4-сульфо-10,10-диоксофеноксатиина (4). Было установлено, что при нагревании 4,4′-

оксидибензойной кислоты (1) в олеуме до 120°С образуется соединение, имеющее в своей структуре 10,10-диоксофеноксатииновый гетероцикл, а также происходит дополнительное замещение по положению С4 феноксатиинового ядра. Основным продуктом реакции является 10,10-диоксо-4-сульфофеноксатиин-2,8-дикарбоновая кислота. Это позволило совместить синтез мономера и ПОД-сополимера, и осуществить весь процесс по one-pot схеме.



Синтез сополимеров проводился по одностадийной схеме, аналогично реализуемой на ОАО «СветлогорскХимволокно». На первой стадии 4,4'-оксидибензойную кислоту (1) нагревали в 20% олеуме при температуре 120°С в течение 2 часов. В этих условиях образуется раствор 4-(сульфо)-10,10-диоксофеноксатиин-2,8-дикарбоновой кислоты (2), которая без выделения использовалась в поликонденсации с гидразинсульфатом и терефталевой кислотой (ТФК). К полученному раствору добавляли расчетное количество ТФК и гидразин сульфат, и реакцию поликонденсацию проводили в стандартных условиях. Подтверждения встраивания феноксстиинового фрагмента получали с помощью ИК-спектроскопии. Исследование физико-механических характеристик СП показало, что по своим прочностным характеристикам полученные сополимеры даже превосходят базовый гомополимером на основе ТФК. Аналогичные сополимеры были получены совместной поликонденсацией ТФК, 4-(хлорсульфонил)-10,10-диоксофеноксатиин-2,8-дикарбоновой кислоты (3) и гидразин сульфата в 20%-м олеуме при температуре 120°С. 4-(хлорсульфонил)-10,10-диоксофеноксатиин-2,8-дикарбоновая кислота образуется с количествен-

ным выходом при кипячении 4,4′-оксидибензойной кислоты в хлорсульфоновой кислоте.

Таким образом, был разработан одностадийный метод синтеза ПОД-сополимера нерегулярного строения, содержащего определенное (заданное) количество сульфогрупп, и сохранившего высокие прочностные характеристики и термостойкость. Материалы на его основе могут использоваться для получения, например, термо и химстойких мембран.

Литература:

1. Verfahren zur Herstellung eines sulfonierten Poly(1,3,4-oxadiazol)-Polimers EP 2009728A2, Int.Cl: H01M 8/10, C08J 5/22 / D. Gomes, J. Roeder, S. P. Nunes; Anmelder: GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH; Vertreter: Seeman, Ralph et al Seeman & Partner/ Anmeldetag 10.05.2008, Veröfentlichungstag 31.12.2008.

2. D. Gomes, J. Roeder, M. L. Ponce, S. P. Nunes // Journal of Power Sources – 2008 – №175 – P. 49–59.

Секция 2 СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ

РЕЛАКСАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА СТЕКЛОПЛАСТИКОВОЙ АРМАТУРЫ КАК ОДНОНАПРАВЛЕННОГО КОМПОЗИТА ПРИ СЖАТИИ И ИЗГИБЕ

Башлакова А.Л.

ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАН Беларуси», 246050, Гомель, ул. Кирова, 32 а, тел.8-0232-71-40-16, факс 8-0232-77-52-12, e-mail: depa10@mail.ru

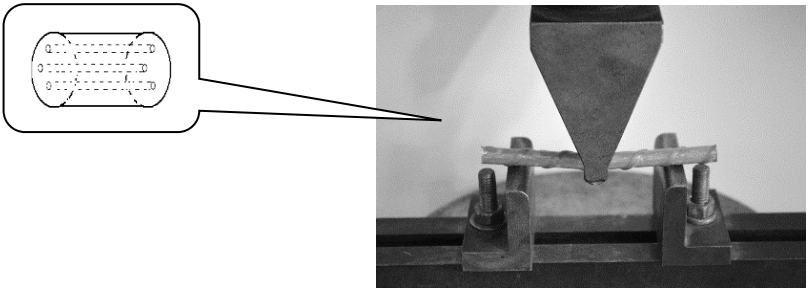
При эксплуатации полимерных изделий, например, стеклопластиковой арматуры, применяемой для упрочнения бетона, возможно изменение внутренних напряжений во времени при нестационарном нагружении. В результате чего они, через определенный промежуток времени, не могут быть использованы в качестве конструкционных. Это связано с тем, что релаксационные свойства стеклопластиковой арматуры, из-за высокомолекулярного строения полимерной матрицы, намного более выражены, чем в металлической.

Целью работы было аттестация композитной арматуры для использования в строительных конструкциях. Для этого решались задачи определение модуля Юнга и параметров релаксации материала стеклопластиковой арматуры при сжатии и трехточечном изгибе.

Для моделирования ситуации длительного использования рассматриваемого изделия автором был проведен ряд испытаний стеклопластиковой арматуры на релаксацию напряжений при сжатии и изгибе (рисунок 1). Это связано с тем, что испытания на релаксацию на современных испытательных машинах провести методически проще, чем испытания на ползучесть. Опыты проводились по схеме трехточечного изгиба на испытательном оборудовании INSTRON 5567. Для описания процесса изгиба используется известное дифференциальное уравнение 4-го порядка:

$$\frac{d^4\upsilon(x)}{dx^4} = \frac{q(x)}{EJ},$$

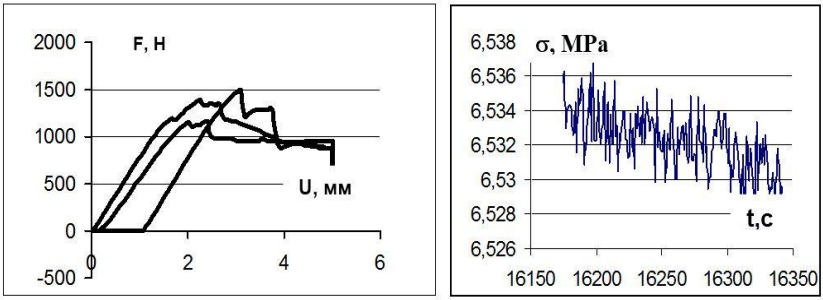
где $q(x)$ – нормальная нагрузка, действующая вдоль оси симметрии OX бруса, E – модуль Юнга материала, J – момент инерции сечения цилиндрического образца.



а б

Рисунок 1. Схема армирования (а) и процедура испытания образцов стеклопластиковой арматуры при трехточечном изгибе (б).

Если в некоторый момент времени производить разгрузку, то накопленная деформация начинает уменьшаться, асимптотически стремясь к некоторому пределу (рисунок 2). Результаты испытаний на релаксацию напряжений представлены в виде диаграмм в координатах “σ- t” и в координатах “F-u” (рис.1).



а б

Рисунок 2. Зависимости «Усилие (Н) – Перемещение (мм)» (а) и «Напряжение (MPa) – Время (с)» (б) при испытании стеклопластиковой арматуры диаметром 8 мм на статическую прочность и релаксацию при изгибе соответственно.

Полученный модуль Юнга удовлетворительно согласуется с табличным значением для стеклопластиковых материалов.

Заключение. В результате исследований установлено, что процесс релаксации напряжений в условиях изгиба в стеклопластиковой арматуре в основном завершается в течение 0,5–1 часов.

Литература:

1. Справочник по композиционным материалам: В 2-х кн. Кн 1/Под ред. Дж. Любина; пер. с англ. А.Б. Геллера, М.М. Гельмонта; под ред. Б.Э. Геллера. – М.: Машиностроение, 1988. – 448 с.: ил.

2. Методы статических испытаний армированных пластиков. – изд. 2-е, перераб. М., “Химия”, 1975. – 264 с.: ил

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПРИВИТЫХ СОПОЛИМЕРОВ АКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ НА ПОЛИЛАКТИДНОЙ МАТРИЦЕ

Белов Д.А., Рацкевич И.С.

УО «Белорусский государственный университет»,
ул. Ленинградская 14, 220030, г. Минск, Беларусь,
(029)703-35-69, e-mail: hmc@bsu.by

В настоящее время усилилось внимание к синтетическим высокомолекулярным соединениям, которые, обладая достоинствами традиционных крупнотоннажных полимеров (в первую очередь, термопластичностью, позволяющей легко перерабатывать их в готовые изделия), могли бы так же быстро, как и биополимеры, распадаться под влиянием биологических факторов окружающей среды. И одним из таких полимеров является полилактид. Тем не менее, широкое его применение сдерживается из-за его относительно высокой стоимости и гидрофобности (отсутствию свойств совмещаться с гидрофильными веществами). Для улучшения совместимости полилактида с другими полимерами в композиционных материалах перспективным видится модификация данного полимера путем прививочной полимеризации.

Цель работы – изучение влияния условий прививочной полимеризации акриловой кислоты на пленки аморфно-кристаллического поли-L-лактида (PLLA). В качестве объекта исследования использовали промышленный образец PLLA производства фирмы «Nature Works LLC» (США) марки 4042D.

Пленки полимера получали путем нанесения раствора полилактида на стеклянную подложку, с последующей сушкой при 25˚С и отделением от подложки.

Из ранее полученных пленок полилактида были приготовлены образцы, которые подверглись различным вариантам инициирования. Химическое инициирование проводилось путем выдерживания пленочного образца полилактида в 10% водном растворе персульфата натрия $(NH_4)_2S_2O_8$, при 85˚С в течение 30 минут (Образец 1). Следующий образец подвергся фотохимическому облучению: пленка полилактида в течение 60 минут находилась под воздействием ультрафиолетового облучения (Образец 2). Образцы 3 и 4 подвергались радиационному (гамма) излучению 2 Мрад и 10 Мрад соответственно.

После инициирования образцы полилактида, подвергались в течение 1 часа прививочной полимеризации в 10% водном растворе акриловой кислоты в присутствии соли Мора при температуре 100˚С, далее образцы извлекались промывались дистиллированной водой и сушились при температуре 40-50°С в течении 20 минут. Следующим этапом было определение количества привитой акриловой кислоты Δm. Кроме того, для модифицированных образцов была определена статическая обменная емкость (СОЕ).

Как следует из представленных данных наиболее эффективным способом инициирования прививочной полимеризации показало себя гамма облучение пленочных образцов полилактида, однако при высоких дозах происходит радиационная деструкция образца, который становится хрупким и теряет механическую прочность, кроме того радиационное облучение сравнительно малодоступный метод модифицирования полимеров. В связи с этим, представляется перспективным дальнейшее изучение воздействия на полилактид ультрафиолетового облучения и поиск эффективных химический инициаторов

Таблица 1 – Результаты прививочной полимеризации

Образец	Δm,%	СОЕ, мг-экв/г
1	4.31	1.034
2	9.5	1.664
3	18.29	4.316
4	21.74	5.37

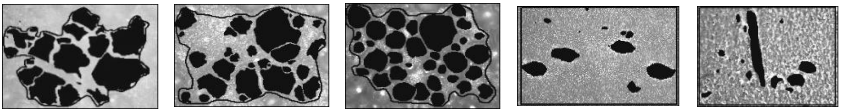
В данной работе рассмотрены исходные вещества и их реакции для получения сополимера полилактида и акриловой кислоты, влияние используемых инициаторов на условия протекания реакций и свойства получаемых продуктов.

ОСОБЕННОСТИ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОДОШВ ОБУВИ

Долган М.И.

*УО «Белорусский государственный экономический университет»,
210070, РБ, г. Минск, пр-т Партизанский, 26, тел./факс 8017 2491059,
e-mail: masha.do47@gmail.com*

В настоящее время в обувной промышленности нашей страны применяются такие материалы как подошвенные резины различных марок, подошвы из полиуретана (ПУ), термоэластопласта (ТЭП), кожволона. Использование любого из материалов для изготовления подошв обуславливается в первую очередь назначением обуви, а также физико-механическими показателями материалов. На последние большое влияние оказывает микроструктура материала, которая характеризуется пористостью. Для исследования пористости подошвенных материалов использовалось следующее оборудование: для подготовки шлифов шлифовально-полировальный станок LaboPol в комплекте с приспособлением для полуавтоматической подготовки образцов LaboForce, а также микроскоп Nikon ECLIPSE MA200 – инвертированный металлографический микроскоп лабораторного класса отражённого света. Образцы подошвенных материалов были взяты из отлитых пластин резин ИШ и ВШ, ПУ, ТЭП и кожволона. Во время проведения исследования было отмечено, что при подготовке и обработке шлифов материалы резин ИШ, ВШ, ТЭП и кожволона легко и быстро истирались под небольшими усилиями, а внутренних дефектов в виде расслоений, трещин, разломов выявлено не было. При подготовке шлифа из образца ПУ следует отметить, что он очень трудно и медленно истирался даже при приложенных максимальных нагрузках, а внутренних дефектов в виде расслоений, трещин, разломов не выявлено. На рисунке представлены фотографии пор подошвенных материалов.



а б в г д

Рисунок. Поры исследуемых подошвенных материалов
а – резина марки ИШ, б – резина марки ВШ, в – ПУ, г – ТЭП, д - кожволон

В образце резины марки ИШ (рисунок а) преобладают крупные поры, по сравнению с другими образцами, неправильной формы (прямоугольной формы,

квадратной, пятигранной, треугольной, и редко овальной) с «рваными» краями, структура материала чешуйчатая с множеством просматривающихся новых пор. Размеры пор колеблются в пределах от 100 до 750 мкм, а основной размер пор 350–500 мкм.

Образец резины марки ВШ (рисунок б) также пористый по структуре. Однако по сравнению с резиной марки ИШ в структуре ВШ преобладает большее количество участков непосредственно самого материала и резина ВШ более плотная. Размеры пор колеблются в пределах от 100 до 400 мкм, а основной размер пор 150–200 мкм.

По структуре материал ПУ (рисунок в) пористый, как и резины, однако поры хорошо сформированы, правильной шарообразной формы. Материал от резин отличается большим количеством крупных пор, хотя по пористости, материалы резин и ПУ практически идентичны. Размер пор колеблется в пределах от 100 до 620 мкм, а основной размер пор 200–400 мкм.

По структуре материал ТЭП (рисунок г) более плотный, равномерный, чем материалы резин и ПУ. В ТЭП присутствуют поры следующих видов: поры более малых диаметров правильной шарообразной формы, поры больших размеров овальной формы, а размеры пор колеблются в пределах от 5 до 150 мкм.

В материале кожволона (рисунок д) присутствуют включения иного, более светлого, цвета с более плотной структурой размерами 150×115, 400×120, 350×225 мкм и более 9 шт. на сечение, также в материале присутствуют вытянутые «червеобразные» поры 2×20 мкм, 4×38 мкм, 8×70 мкм. Размеры пор колеблются в пределах от 2 до 60 мкм, а основной размер пор 10×10, 15×15 мкм. По структуре материал кожволона еще более плотный и равномерный чем все остальные исследуемые материалы.

В таблице представлены значения пористости исследуемых материалов.

Таблица 1 – Пористость исследуемых материалов

Материал	Резина ИШ	Резина ВШ	ПУ	ТЭП	Кожволон
Значение пористости, %	68–70	57–59	58–60	7–8	6–7

Следует отметить, что наибольшей пористостью обладают образцы резины ИШ и ВШ, а также ПУ. Данные материалы отличаются высокими амортизационными свойствами и широко используются для изготовления обуви специального назначения, спортивной обуви и повседневной обуви.

Образец ТЭП обладает небольшой пористостью, что определяет их физико-механические свойства (повышенную плотность, повышенное сопротивление агрессивным средам, высокую морозо- и теплостойкость), поэтому данный материал широко используется в обуви демисезонной и зимнего ассортимента.

Материал исследуемого кожволона имеет наименьшую пористость чуть менее 7%. Данный материал имеет сходные физико-механические показатели с натуральной кожей, за счет волокнистого наполнителя.

ЛАЗЕРНЫЙ МИКРОАНАЛИЗ СТЕКЛА

Ермалицкая К.Ф.

УО «Белорусский государственный университет»,
220030, пр. Независимости, 4, Минск, +375-25-972-17-91,
e-mail: emalitskaia@gmail.com

Лазерная атомно-эмиссионная спектроскопия (ЛАЭС) – метод, основанный на испарении вещества образца и возбуждении эмиссионных спектров атомов лазерными импульсами. Благодаря таким преимуществам, как минимальная степень деструкции поверхности (диаметр кратера 30–100 мкм, глубина 30–50 мкм), возможность проведения анализа без предварительной химической и механической подготовки поверхности, исследования в атмосфере воздуха при нормальном давлении, высокая чувствительность, мультиэлементность ЛАЭС получила широкое распространение при количественном анализе металлов и сплавов. Однако достаточно мало изучены возможности ЛАЭС для анализа пористых объектов и аморфных тел, таких как, например стекло.

Исследования проводились на лазерном спектрометре LSS–1 (производство LOTIS Tii, г. Минск). Источник испарения вещества образца и возбуждения спектров – излучение Nd:YAG лазера с длиной волны 1064 нм, длительностью импульса ~ 15 нс, частотой следования импульсов 10 Гц, энергией импульсов 50 мДж. Все эксперименты проводились в атмосфере воздуха при нормальном давлении. В качестве источников испарения вещества могут использоваться как одиночные импульсы, так и сдвоенные, разделенные микросекундными временными интервалами. Под одиночными импульсами понимаются два одновременно воздействующих импульса, так что переход от одноимпульсного к двухимпульсному режиму происходит без изменения суммарной энергии и мощности излучения.

Экспериментально было обнаружено, что переход к сдвоенным лазерным импульсам приводит к увеличению аналитического сигнала в 2–5 раз, причем максимальная интенсивность спектральных линий наблюдается при межимпульсном интервале 3 мкс. Исследования деструкции поверхности с помощью микроинтерферометра Линника МИИ-4, показали, что объем кратера при двухимпульсном режиме больше, чем при одноимпульсном в 1,2–1,3 раза. Таким образом,

можно сделать вывод, что основной причиной увеличения аналитического сигнала является не возрастание испарения, а дополнительное возбуждение первичной плазмы излучением второго импульса.

При воздействии серии из 5 сдвоенных лазерных импульсов с межимпульсным интервалом 3 мкс и энергией 50 мДж диаметр кратера на поверхности стеклянного образца – 70 мкм, глубина – 40 мкм. Отличительной особенностью лазерной абляции стекла в отличие от металла является отсутствие бруствера из застывшего расплава материала вокруг кратера, что делает ЛАЭС предпочтительным методом микроанализа готовых изделий из стекла.

Фрагменты спектров цветного (голубого) силикатного стекла и свинцового стекла (хрусталь), зарегистрированные методом двухимпульсной лазерной атомно-эмиссионной спектроскопии приведены на рисунке 1.

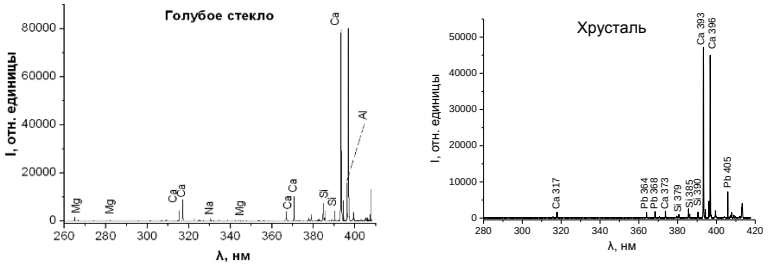


Рисунок 1. Фрагменты спектров цветного (голубого) силикатного стекла и свинцового стекла (хрусталь), зарегистрированные методом двухимпульсной лазерной атомно-эмиссионной спектроскопии

ДВУХИМПУЛЬСНАЯ ЛАЗЕРНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ КРАСОК

Ермалицкая К.Ф.

УО «Белорусский государственный университет»,
220030, пр. Независимости, 4, Минск, +375-25-972-17-91,
e-mail: emalitskaia@gmail.com

Двухимпульсная лазерная атомно-эмиссионная спектроскопия – это метод анализа, основанный на испарении вещества и возбуждении эмиссионных спектров атомов, сдвоенными лазерными импульсами, разделенными микросекунд-

ными межимпульсными интервалами. Исследования показывают, что переход от одноимпульсного к двухимпульсному режиму при неизменной суммарной энергии и мощности излучения приводит к многократному (до 10 раз) увеличению аналитического сигнала, деструкция поверхности при этом возрастает в 1,5 раз. Целью работы было изучение возможностей двухимпульсной лазерной спектроскопии для микроанализа минеральных красок. Объектом исследования был фрагмент картины неизвестного автора, написанной масляными красками.

Исследования проводились на лазерном спектрометре LSS-1 (производство LOTIS Tii, г. Минск). Источник испарения вещества образца и возбуждения спектров – излучение Nd:YAG лазера с длиной волны 1064 нм, длительностью импульса ~ 15 нс, частотой следования импульсов 10 Гц, энергией импульсов 50 мДж. Все эксперименты проводились в атмосфере воздуха при нормальном давлении. В качестве источников испарения вещества могут использоваться как одиночные импульсы, так и сдвоенные, разделенные микросекундными временными интервалами. Под одиночными импульсами понимаются два одновременно воздействующих импульса, так что переход от одноимпульсного к двухимпульсному режиму происходит без изменения суммарной энергии и мощности излучения.

Исследование деструкции образца с помощью микроинтерферометра Линника показало, что воздействие на масляные краски как одиночных, так и сдвоенных импульсов практически не повреждает поверхность. Это связано с тем, что при воздействии излучения с плотностью мощности ~10^{10} Вт/см^2 краска из соседних с местом абляции областей затекает в образующийся кратер. Экспериментально были определены параметры, обеспечивающие максимальный аналитический сигнал – энергия импульса – 50 мДж, межимпульсный интервал – 4 мкс. Фрагменты спектров лазури и темно-зеленой масляных минеральных красок, зарегистрированные методом двухимпульсной лазерной атомно-эмиссионной спектроскопии приведены на рисунке 1.

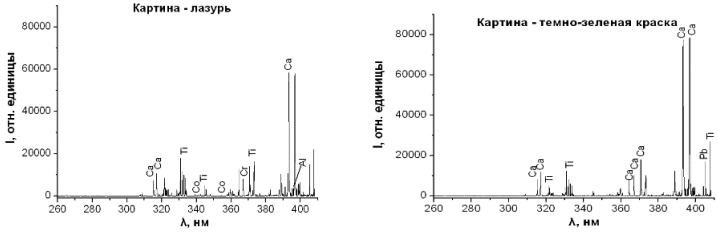


Рисунок 1. Фрагменты спектров лазури и темно-зеленой масляных минеральных красок, зарегистрированные методом двухимпульсной лазерной атомно-эмиссионной спектроскопии

В спектрах красок обнаружены линии кальция и алюминия, что указывает на присутствие таких добавок, как хлорид кальция и алюминиевые квасцы, применяемые для повышения водоудерживающей особенности. Белая краска представляет собой титановые белила, красная – свинцовый сурик (плюмбат свинца Pb_2PbO_4), оранжевая – смесь титановых белил, свинцового сурика и хромата свинца ($PbCrO_4$), имеющего желтый цвет, зеленый – зелень Гинье (гидратированный оксид хрома(III) $Cr_2O_3 \cdot nH_2O$, где n = 1,5–3), синяя и голубая краски – смесь титановых белил кобальта синего, фиолетовая – синяя с добавками свинцового сурика и хромата свинца.

ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ НАЗЕМНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА, КАК ФАКТОР ОЦЕНКИ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ НАТУРНЫХ И ЛАБОРАТОРНЫХ ТРИБОИСПЫТАНИЙ В РАМКАХ КОСМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Кудрицкий В.Г.

ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси», Гомель, ул.Кирова 32а; e-mail: vladukas@mail.ru

Результаты натурных триботехнических испытаний практически всегда отличаются от лабораторных. По ряду объективных причин, а также в силу того, что не все факторы космического пространства известны или могут быть промоделированы, имитационные (лабораторные) испытания следует считать некоторым приближением бортовых (натурных) испытаний. Примером может служить задача моделирования работы пар трения космической техники на околоземной орбите.

Целью данной работы являлось расширение параметрической базы эксперимента с целью обеспечения эквивалентности результатов натурных и имитационных трибоиспытаний.

За основу предполагаемого метода взяли известное положение о том, что системы со многими степенями свободы могут быть приведены в заданное состояние не единственным способом. Применительно к трибоиспытаниям это означает, что эквивалентность функционального поведения материалов при натурных и лабораторных испытаниях может быть достигнута при отличающихся условиях их проведения.

Для определения условий эквивалентности результатов испытаний каждая пара в каждый момент времени описывались вектором S из i-го числа регистрируемых и задаваемых параметров (признаков). Элементы вектора интерпретировались как координаты некоторой точки в многомерном пространстве. Положение точки характеризовало мгновенное состояние системы, а многомерная

кривая соединяющая их последовательность – эволюцию системы в процессе испытаний.

Оценка сходства трибосистем с одинаковыми наборами признаков сводилась к определению расстояния ρ между точками их соответствующих состояний:

$$\rho = [\sum_I (S_{1,i} - S_{2,i})^2]^{1/2}. \quad (1)$$

Сходство трибосистем с частично отличающимися описаниями, оценивалось с помощью процедуры снижения размерности признаковых пространств, при которой редукции подвергались оси несовпадающих параметров. Эта операция равносильна определению некоторого нового пространства сниженной размерности, на которое происходит проецирование точек состояний анализируемых систем. Показано, что для таких систем влияние фактора S_i можно оценить по величине:

$$\Delta\rho = |\rho_1 - \rho_2|, \quad (2)$$

где ρ_1 и ρ_2 – расстояния между сравниваемыми системами в исходном состоянии и при $S_{1,i} = S_{2,i} = 0$ соответственно. Подбор условий S_2, эквивалентных проведению испытаний в условиях S_1 сводится к решению системы уравнений вида:

$$\rho(S_1, S_2) = 0, \quad (3)$$

где, в общем случае, размерность S_1 и S_2 может не совпадать.

Решалась задача сравнения двух трибосистем имитирующих натурные и лабораторные испытания, описываемые разным числом параметров.

Показано, что расхождение между системами в начале эксперимента может быть компенсировано увеличением окружающей температуры в лабораторном тесте приблизительно на 20%.

Расширена параметрическая база наземного эксперимента, а также разработана методика, позволяющая оценить и подобрать параметры, обеспечивающие эквивалентность натурных и лабораторных триботехнических испытаний.

Литература

1. Ярош, В.М., Моишев, А.А., Броновец. М.А. Исследование материалов на трение и износ в открытом космическом пространстве и на орбите вокруг Луны// Трение и износ. – Гомель, 2003.– Т.24. – №6. – С.626–635.

2. Григорьев, А.Я., Кудрицкий, В.Г., Зозуля, А.П. Подбор эквивалентных режимов и анализ результатов испытаний материалов на наземном и бортовом трибометрах/ Второй Белорусский космический конгресс, Минск, 2005.

3. Мышкин, Н.К. Наземные и бортовые испытания материалов на трение в космосе / Н.К. Мышкин, А.Я. Григорьев, В.Г. Кудрицкий, А.П. Зозуля // Информатика, №3 2007

4. Григорьев, А.Я. Методики наземных и орбитальных испытаний материалов в эксперименте «Трибокосмос» / А.Я. Григорьев, В.Л. Басинюк, Е.И. Мардосевич, В.Г. Кудрицкий, И.Н. Ковалева // Поликомтриб – 2011, Гомель.

ТЕРМОАКТИВАЦИОННАЯ ТОКОВАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

Лемешев С.А., Кадолич Ж.В.

УО «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации»; e-mail: lemish91@mail.ru

Применение физических методов анализа, позволяющих получить новую информацию о свойствах пищевых продуктов, является современной тенденцией товароведения и широкого спектра смежных научных дисциплин. При экспертизе качества растительных масел прежде всего оценивают органолептические и физико-химические показатели – кислотность, показатель преломления, содержание влаги, а также числа омыления, кислотное, перекисное, йодное и др. Для оценки физико-химических показателей масел предлагают использовать широкий спектр лабораторных методов анализа (ИК-спектроскопия, термогравиметрия, хроматография, оптические методы, рентгеновская флуоресцентная спектроскопия, спектроскопия ядерного магнитного резонанса, измерение проводимости, вязкости, диэлектрической проницаемости и др.). Поиск новых методов экспресс-теста сохраняет актуальность, поскольку традиционные методы оценки не всегда дают исчерпывающую информацию, особенно в случаях отклонения состава продукта от нормированного вследствие фальсификаций.

Задача работы состояла в том, чтобы продемонстрировать возможности применяемого в физике диэлектриков метода термоактивационной токовой спектроскопии при изучении нестандартного диэлектрического объекта – образцов растительного масла.

Сущность работы состояла в изучении процессов, происходящих в образцах растительных масел в условиях нагрева с постоянной скоростью (2–3°С/мин), путем исследовании отклика на эти процессы, регистрируемого как спектр термостимулированных токов (ТСТ) величиной 10^{-11}–10^{-12} А. Методологическая обоснованность применения термоактивационной токовой спектроскопии состоит в том, что растительное масло представляет собой диэлектрическую среду, компоненты которой при нагревании могут участвовать в физико-химических превращениях, сопровождающихся явлением, сходным с поляризацией-деполяризацией.

Исследовали пробы:

– масла рафинированного дезодорированного подсолнечного «Премиум» товарного знака «Затея», произведенного в России соответствии с ГОСТ Р 52465;

– масла льняного пищевого, выработанного по ТУ BY 290340416.001 на ООО «Клуб «Фарм-Эко» (г. Дрогичин);

– какао-масла, произведенного по ТУ 190239501.774-2010 на СП ОАО «Спартак» (г. Гомель).

Применено несколько экспериментальных вариантов размещения анализируемой среды в измерительной ячейке, из которых выбран наиболее оптимальный.

Установлено, что в ходе анализа образцы демонстрируют индивидуальные для каждого вида масла спектры ТСТ, отличающиеся расположением экстремумов (токовых пиков). Выделены и охарактеризованы типичные экстремумы для подсолнечного масла. Сделано предположение, что в составе масла имеются ассоциативные структуры – определенным образом связанные между собой фрагменты молекул ненасыщенных жирных кислот (линолевой, олеиновой и линоленовой), – которые содержат локальные диполи. С участием подобных структур в анализируемой диэлектрической среде идут процессы разориентации локальных диполей. Аналогичный образец, предварительно подвергнутый нагреванию до кипения с последующим охлаждением, демонстрирует несколько видоизмененный спектр ТСТ, что может иллюстрировать образование в термообработанном масле новых полярных соединений и частичную релаксацию заряда, связанного с дипольной ориентацией. Выделены и охарактеризованы типичные экстремумы на спектре льняного масла. Спектр льняного масла, подвергнутого термообработке, также содержит дополнительные токовые пики, что согласуется с приведенными выше рассуждениями о возникновении новых электрически неравновесных структур. Это же подтверждается спектрами какао-масла.

Также высказаны предположения:

1) о различной способности ненасыщенных жирных кислот образовывать ассоциативные структуры;

2) о возможности по различиям в спектрах ТСТ идентифицировать наличие и относительную концентрацию этих кислот в исследуемом образце, т.е. видовую принадлежность растительного масла.

Полученные результаты демонстрируют важность изучения электрофизических свойств применительно не только к классическим полимерным диэлектрикам, но и к продукции пищевой промышленности.

Работа выполнена в рамках договора по линии Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований № Т14-005 от 23 мая 2014 г.

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА НА УПРУГИЕ СВОЙСТВА МЕМБРАНЫ ЭРИТРОЦИТОВ

Мельникова Г.Б. [1]***, Дрозд Е.С.*** [1]***, Кужель Н.С.*** [1]***,***
Мычко М.Е. [1]***, Шишко О.Н.*** [2]

[1]*ГНУ «Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси», г. Минск, ул. П. Бровки, 15, 210072, тел. 2842132, тел./факс 2841056, e-mail: galachkax@gmail.com;*
[2]*УО «Белорусский государственный медицинский университет», г. Минск.*

Золото в чистом виде – инертный материал, однако наночастицы золота могут обладать уникальными свойствами и проявлять химическую активность. Наночастицы золота могут быть использованы как консервирующие добавки к косметической продукции. Широко изучается воздействие наночастиц золота на клетки организма человека в аспекте применения их в лечении ревматоидного артрита [1] и других тяжелых аутоиммунных заболеваний, в диагностике раковых заболеваний [2], а также в качестве контрастирующего агента. Одно из перспективных направлений - использование наночастиц золота в качестве структурной основы нанокомпозитов, применяющихся для доставки в клетки молекул с лечебным эффектом [3].

Известны работы по разработке вакцины против сахарного диабета (СД) 1 типа, состоящей из наночастиц золота, покрытых фрагментами белков, стимулирующих иммунную систему [4]. Один из ведущих патологических факторов при СД - нарушение реологических свойств крови, что является одной из причин микроциркуляторных расстройств и снижения эффективности транспорта кислорода к тканям. Поэтому в лечении данного вида заболевания важную роль играет восстановление функций эритроцитарной мембраны.

Цель работы – определить влияние исходных наночастиц золота на упругие характеристики эритроцитов при сахарном диабете 1 и 2 типа.

Эритроциты выделяли из венозной крови, стабилизированной этилендиаминтетраацетатом калия путем центрифугирования в течение 3 минут при 1500 об. / мин на центрифуге miniSpin («Eppendorf», Германия). Полученный осадок трехкратно отмывали в буферном растворе («Sigma-Aldrich», США) при комнатной температуре. Для исследования воздействия наночастиц использовали 0,5 мл выделенных эритроцитов, к которым добавляли 20 мкл раствора наночастиц золота. Инкубацию красных клеток крови с наночастицами золота проводили в течение 20, 40 и 60 мин. При подготовке образцов для исследования методом атомно-силовой микроскопии (АСМ) каплю эритроцитов (10–12 мкл) – нативных и после инкубации с наночастицами золота - фиксировали

0,5 % раствором глутарового альдегида («Sigma-Aldrich», США) в фосфатном буфере в течение 30 минут при комнатной температуре. Затем эритроциты отделяли от фиксатора путем центрифугирования в течение 3 мин при 1500 об/мин. Полученный осадок двукратно отмывали от фиксатора в буферном растворе при комнатной температуре, а затем два раза – в дистиллированной воде. Клетки наносили на слюду и высушивали на воздухе при комнатной температуре.

Изменение упругих характеристик мембраны клетки фиксировали путем измерения модуля упругости по модели Герца на АСМ NT-206 с использованием стандартных кремниевых зондов NSC 11 с жесткостью 3 Н/м («MikroMash»).

В результате проведенной работы установлено, что после инкубации клеток с наночастицами золота значения модуля упругости мембраны эритроцитов в большинстве случаев уменьшаются, но не более, чем на 20 % по сравнению с контрольными образцами. То есть значимых изменений упругих свойств мембран эритроцитов под влиянием наночастиц золота не происходит. Таким образом, результаты исследования указывают на возможность безопасного использования наночастиц золота в качестве носителя лекарственного средства при лечении СД 1 и 2 типа.

Литература:

1. Chen Y.H., Tsai C.Y., et. all. Applications of gold nanoparticles in cancer nanotechnology // Mol. Pharm. 2007. Vol. 4. Pp. 713–722

2. Дыкман Л.А., Хлебцов Н.Г. Золотые наночастицы в биологии и медицине: достижения последних лет и перспективы // Acta Nature. Т.3. №2 (9). – 2011.– С. 36-58

3. Ивонин А.Г., Пименов Е.В., и др. Направленный транспорт лекарственных препаратов: современное состояние вопроса и перспективы // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2012. Вып. 1(9), С. 46–55

4. Наволокин Н.А., Скворцова В.В., и др. Влияние внутривенного введения золотых наностержней на степень выраженности аутоинтоксикации у крыс с моделированным сахарным диабетом // Всероссийская научно-практическая интернет-конференция студентов и молодых учёных с международным участием «YSRP-2013» «Медицинская и биологическая физика». Т.3, №11. – 2013. – С. 1195.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИДА КОНТАКТНОЙ ДЕФОРМАЦИИ В ТОНКИХ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЯХ МЕТАЛЛА ПО РАБОТЕ ВЫХОДА ЭЛЕКТРОНА

Пантелеев К.В., Жарин А.Л.

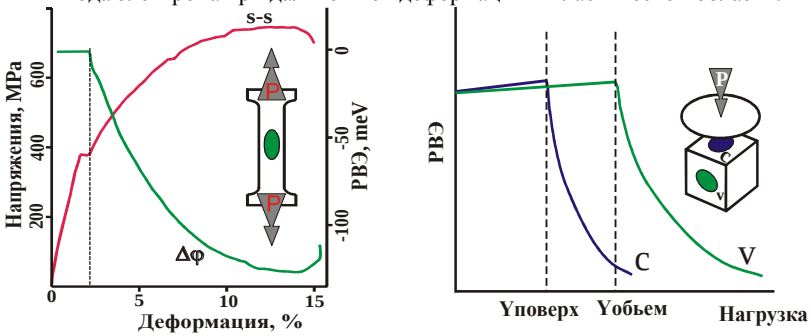
УО «Белорусский национальный технический университет»,
пр. Независимости, 65, 220013 Минск, Беларусь,
e-mail: k.pantsialeyeu@live.ry

Большинство способов определения вида поверхностных контактных деформаций основаны на регистрации изменения геометрии размеров материала вблизи контакта. Для их реализации используют тензодатчики, индукционные датчики, различные пневматические и оптические устройства, в которых определение вида деформации основано на изменениях линейных размеров. Простейшие оценки показывают, что для определения 10%-ной деформации поверхностного слоя толщиной 1 мкм необходимо линейные размеры измерять с точностью менее 0,1 нм, что трудно осуществить на практике. В то же время толщина поверхностного слоя металла, который участвует в измерениях работы выхода электрона, равна дебаевской длине экранирования и для большинства металлов и сплавов составляет величину порядка межатомного расстояния.

Целью работы является исследование зависимости работы выхода электрона контактной поверхности от приложенной нагрузки для определения вида деформаций в тонких поверхностных слоях металлов.

Нагружение производилось по схемам растяжения и сжатия. В первом случае использовалась испытательная машина «Instron». Образцы устанавливались в испытательную машину, а у их боковой поверхности устанавливался бесконтактный датчик изменения работы выходы электрона. В процессе рабочего цикла испытательной машины одновременно регистрировались удлинение образца и работа выхода электрона в зависимости от приложенной нагрузки. Во втором случае образцы кубической формы нагружались через гладкую стеклянную пластину. Через 30 с. нагрузка снималась и измерялась работа выхода электрона боковой и контактной поверхности. Измерялся также параметр шероховатости контактной поверхности (Ra). Описанные выше действия повторялись с постоянно увеличивающейся удельной нагрузкой, что позволило получить зависимости работы выхода электрона боковой и контактной поверхностей, а также Ra контактной поверхности от приложенной удельной нагрузки. В этом случае результаты измерения работы выхода электрона с боковой поверхности образца отражают поведение объема материала.

Результаты по изменению работы выходы электрона при постоянном одноосном растяжении для случая стали 45 представлены на рисунке 1а. Установлено, что в области упругих деформаций, работа выхода электрона изменяется незначительно от увеличения нагрузки в пределах 1-1,5 мэВ и объясняется сдвигом уровня Ферми металла за счет дилатации кристаллической решетки, что вызывает увеличение работы выхода электрона. Дальнейшая деформация приводит к резкому понижению работы выхода электрона с последующей тенденцией к насыщению. Такое понижение работы выхода электрона связано с образованием и движением дислокаций в поверхностных слоях образца и выходом дислокаций на поверхность. Очевидно, этим объясняется насыщение работы выхода электрона при дальнейшей деформации в пластической области.



а б

Рисунок 1. Зависимости изменения работы выхода электрона образца из стали 45 при испытаниях на растяжение и сжатие:
а – испытание на растяжение, изменение РВЭ боковой поверхности;
б – испытание на сжатие, регистрация РВЭ боковой и контактной поверхностей

На рисунке 1б показаны схематичные зависимости изменения работы выхода электрона боковой и контактной поверхностей от удельной нагрузки. Как показали проведенные исследования, характер зависимостей работы выхода электрона контактной (С) и боковой (V) поверхностей от приложенной нагрузки подобен. Наблюдается резкий перегиб зависимостей при каком-то значении удельной нагрузки. Для контактной поверхности перегиб происходит при значительно меньшей удельной нагрузке, чем для боковой. Это объясняется прежде всего деформацией микровыступов шероховатой контактной поверхности, для которой, вследствие уменьшения площади фактического контакта, пластические процессы в тонком поверхностном слое начинаются при значительно меньших нагрузках, чем для объема материала.

ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛОВ ПРИ ГРАНИЧНОМ ТРЕНИИ ПО РАБОТЕ ВЫХОДА ЭЛЕКТРОНА

Пантелеев К.В., Жарин А.Л.

УО «Белорусский национальный технический университет»,
пр. Независимости, 65, 220013 Минск, Беларусь,
e-mail: k.pantsialeyeu@live.ry

Вследствие сложности разграничения факторов, вносящих вклад в изменение работы выхода электрона, вопрос о применимости методов, основанных на измерении работы выхода электрона, для поверхностей граничного трения представляет особый интерес. На значение работы выхода электрона при взаимодействии поверхности трения со смазочным материалом влияют адсорбция молекул смазки, химическое взаимодействие смазки с окислами и с материалом, образование дипольного слоя на границе раздела металл-смазка и другие. Указанные факторы представляют интерес с точки зрения изучения процессов трения и износа как самостоятельно, так и через их влияние на общее изменение работы выхода электрона при изменении дефектности поверхности трения. В общем случае толщина слоя смазки в значительной степени изменяется при изменении условий трения, что может вносить вклад в погрешность результатов измерений.

Цель работы заключается в установлении потенциальных возможностей исследования поверхности металлов при граничном трении по работе выхода электрона.

Известно, что работа выхода электрона металлической поверхности, покрытой слоем диэлектрика или полупроводника существенно не изменяется, если толщина слоя намного меньше дебаевской длины экранирования L_D. Следовательно, метод, основанный на измерении работы выхода электрона, может быть применен для контроля поверхности при трении со смазкой если толщина слоя смазки h существенно меньше ее дебаевской длины экранирования, т.е:

$$L_D >> h \qquad (1)$$

Теоретические расчеты показали, что условие (1) выполняется практически для всех реальных случаев исследования процессов граничного трения.

Для экспериментальной проверки был проведен эксперимент. На поверхность образцов из меди, бронзы Бр.ОФ 6,5–0,15 и чугуна наносился относительно толстый слой масла МВП и производилось измерение работы выхода электрона. Затем образцы укладывались исследуемой поверхностью на фильтровальную бумагу и выдерживались до впитывания масла. После этого произ-

водились повторные измерения работы выхода электрона исследуемой поверхности.

Установлено, что разница результатов измерений с относительно толстым и тонким слоями смазки несущественна (~ 2 мВ) и сравнима с погрешностью экспериментальной установки. Поэтому влиянием изменения толщины пленок смазки на результаты измерения работы выхода электрона можно пренебречь.

Адсорбционные процессы сильно изменяют работу выхода электрона из-за перераспределения электронов в процессе образования адсорбционной связи между свободным атомом или молекулой и поверхностным дипольным слоем. Изменение работы выхода электрона металлической поверхности адсорбированными атомами или молекулами прямо пропорционально их эффективному дипольному моменту и степени заполнения поверхности. При адсорбции возникает дополнительный поверхностный двойной электрический слой, при этом изменения в распределении заряда происходит таким образом, что с каждым атомом адсорбата можно связать дипольный момент. Сказанное выше следует учитывать при исследованиях поверхности трения со смазкой, адсорбция которой создает двойной электрический слой на границе раздела металл-смазка. Для исследования поверхностей при граничном трении по работе выхода электрона целесообразно вклад от такого двойного электрического слоя сделать постоянным, что может быть достигнуто созданием постоянных условий смазки.

Таким образом, метод непрерывного контроля работы выхода электрона применим практически во всех случаях трения со смазкой. В таких случаях регистрируется информация о состоянии поверхности металла, когда слой смазки создает лишь некоторый постоянный вклад в регистрируемую величину.

НАВЕДЕНИЕ ТЕРМОКИНЕТИЧЕСКОЙ ЭДС В СПЛАВАХ TINI ПРИ ПРЯМОМ ФАЗОВОМ ПРЕВРАЩЕНИИ

Рубаник В.В., Рубаник В.В. мл., Легкоступов С.А., Лесота А.В.

ГНУ ««Институт технической акустики НАН Беларуси»,
г.Витебск, пр. Людникова, 13, тел. (0212) 55-63-89,
факс.(0212) 55-39-53б, e-mail: ita@vitebsk.by;
УО «Витебский технологический университет», г. Витебск

Ранее было установлено, что перемещение локальной зоны нагрева с температурой, превышающей температуру фазового превращения вдоль однородного изотропного образца [1], в том числе и сплаве TiNi [2], обуславливает возникновение ЭДС.

Естественно предположить, что в результате охлаждения до температуры $\leq M_к$, вдоль проволочного TiNi образца в зоне охлаждения будет протекать фазовый переход, который также позволит сгенерировать термокинетическую ЭДС. Подтверждение возникновения термокинетической ЭДС при перемещении проволочного образца через зону охлаждения ($T \leq M_к$) является целью данной работы.

Исследование проводили на проволочных образцах Ti-50,77 ат.% Ni, диаметром 0,25 мм, проволочные образцы предварительно отожгли при температуре 700˚С в течение двадцати минут и закалили в воде. После отжига характеристические температуры мартенситных переходов определенные по температурным зависимостям теплового потока методом дифференциальной сканирующей калориметрии на DSC822e (METLER TOLEDO) составили: Мн = –21˚С, Мк = –30˚С, Ан=–9˚С, Ак= –1˚С.

При проведении исследования проволочные образцы никелида титана длиной 420 мм закрепляли на специальной установке, позволяющей перемещать их со скоростью 2,5 мм/с. В процессе перемещения часть проволочного образца охлаждали жидким азотом до температуры заведомо меньше $M_к$. В результате в зоне охлаждения проходил прямой фазовый переход. Места контакта с подводящими проводами термоизолировали, данные с вольтметра поступали на компьютер.

В результате исследования было установлено, что в сплавах никелида титана при прямом фазовом превращении в процессе перемещения проволочного образца TiNi через зону охлаждения с постоянной скоростью, возникает термокинетическая ЭДС (рисунок 1). Величина наведенной термокинетической ЭДС находится в интервале от 0,17 до 0,21 мВ. Знак наведенной термокинетической ЭДС зависит от направления движения образца TiNi.

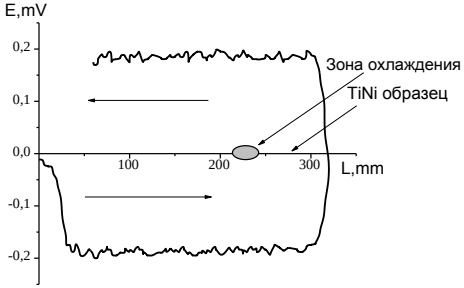


Рисунок 1. Зависимость величины термокинетической ЭДС от местоположения зоны охлаждения. Стрелками указано направление перемещения зоны охлаждения

В данной работе также рассмотрено влияние деформированных участков проволоки на значение наведенной термокинетической ЭДС. Проволочный образец TiNi, как и в первом случае, перемещали с постоянной скоростью 2,5 мм/с поочередно в двух направлениях, при этом в зоне охлаждения протекал прямой фазовый переход. Образец TiNi предварительно был локально деформирован изгибом. В результате эксперимента было установлено, что в месте деформации значение термокинетической ЭДС резко возрастает до 0,37 мВ. Увеличение количества деформированных участков не меняет кинетику процесса.

Таким образом, можно констатировать, что термокинетическая ЭДС в сплавах никелида титана возникает при прямом фазовом превращении в процессе перемещения проволочного образца через участок охлаждения. Знак, возникающей термокинетической ЭДС, зависит от направления движения проволочного образца TiNi. При перемещении деформированного участка через зону охлаждения наблюдается резкое увеличение значения термокинетичесокой ЭДС, количество деформированных участков на значение и знак термокинетической ЭДС не влияет.

Литература:

1. Фурмаков, Е.Ф. Фундаментальные проблемы естествознания. – Т.1, вып.21 – СПб, 1999. –С.377-378.

2. Рубаник В.В., Рубаник В.В. мл., Петрова-Буркина О.А. Письма о материалах. – Т.2, №2. – Уфа, 2012. – С.71–73.

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИИ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН НА ИХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И АДСОРБЦИОННУЮ АКТИВНОСТЬ

Самойленко О.А., Хаминец С.Г., Радкевич В.З.

ГНУ «Институт физико-органической химии НАН Беларуси»,
г. Минск, ул. Сурганова,13, e-mail: oksana-230881@tut.by

Углеродные материалы отличаются разнообразной химией поверхности, на которой имеются как гидрофильные, так и гидрофобные участки, также как и различные функциональные группы: кислотные – хиноидные, карбоксильные, лактонные; слабокислые – фенольные, карбонильные, эфирные; осно́вные – пироновые и участки в повышенной π-электронной плотностью с сорбированными протонами [1].

Целью данной работы явилось получение однородных по поверхностному составу углеродных материалов, в частности, функционализированных, пре-

имущественно, слабокислотными термостабильными фенольными группами. Такого рода углеродный материал представляет интерес не только как адсорбент, но и как носитель для приготовления металлнанесенных катализаторов с монодисперсным нанокластерным распределением активного компонента с высокой каталитической активностью [2].

В качестве исходных углеродных материалов использовали углеродные волокнистые материалы: ткань «бусофит» и нетканый материал «карбопон», производимые на Светлогорском ПО “Химволокно” (Республика Беларусь).

Методика поверхностной функционализации углеродных волокон заключалась в следующем. Предварительно отмытые углеродные волокна подвергали окислительной обработке 10, 20 и 30%-ными водными растворами пероксида водорода, азотной и фосфорной кислот. Окисление водными растворами H_2O_2 и H_3PO_4 проводили при комнатной температуре. Окисление водными растворами HNO_3 осуществляли кипячением углеродных волокон в течение 2 часов. Окисленные углеродные волокна отмывали дистиллированной водой до pH 5,5, сушили на воздухе при 60–70°С, а затем прокаливали в токе инертного газа при 500^0С в течение 1,5 ч.

С применением методов элементного анализа, термогравиметрии и ИК-спектроскопии определен химический состав синтезированных образцов. Текстурные характеристики (удельная поверхность и микропористость) и адсорбционные свойства по йоду и метиленовому голубому определены в заводской лаборатории Светлогорского ПО “Химволокно”. Основные результаты исследования свойств исходных и функционализированных углеродных волокон показаны в таблице.

По данным ИК-спектроскопии, кислород в функционализированных образцах обусловлен, главным образом, наличием поверхностных фенольных групп. Подтверждением этому являются полосы в ИК-спектрах при 3430, 1580 и 1210 $см^{-1}$. Их наибольшая концентрация регистрируется в образцах, окисленных 10 и 20%-ными водными растворами азотной кислоты. Поверхностная функционализация бусофита H_2O_2 практически не изменяет его текстурные характеристики; уменьшение объема микропор наиболее заметно после обработки бусофита HNO_3. Удельная поверхность образцов карбопона более чем на 30% ниже, чем для соответствующих образцов бусофита. В наибольшей степени к ухудшению текстурных характеристик и адсорбционных свойств карбопона по метиленовому голубому, йоду и бензолу приводит обработка HNO_3.

Таблица – Физико-химические свойства и адсорбционная активность исходных и функционализированных углеродных волокон.

Углеродный материал	SБЕТ, $м^2/г$	Объем микропор, см3/г	Результаты элементного анализа, мас. %		Адсорбционная активность по	
			C	O	воде (α=0,75), %	парам бензола, $см^3/г$
Бусофит исходный	1202,40	0,494	88,8	9,34	37,7	0,650
Бусофит/ 20% H_2O_2	1186,46	0,490	86,2	11,56	47,8	0,632
Бусофит/ 20% HNO_3	1157,37	0,397	80,0	15,90	47,7	0,598
Бусофит/ 20% H_3PO_4	1120,89	0,456	87,7	10,39	45,5	0,625
Карбопон исходный	852,50	0,324	88,4	9,90	23,5	0,520
Карбопон/ 20% H_2O_2	723,79	0,292	86,8	11,22	27,3	0,468
Карбопон/ 20% HNO_3	740,20	0,293	78,0	18,69	29,3	0,392
Карбопон / 20% H_3PO_4	734,74	0,296	85,3	12,79	23,4	0,430

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант Х 14Р-090).

Литература:

1. Rodriguez-Reinoso F. // Carbon. 1998. Vol. 36, № 3. P. 159–175.

2. Radkevich V.Z., Senko T.L., Wilson K., Grishenko L.M., Zaderko A.N., Diyuk V.Y. // Appl. Catal. A: General. 2008. Vol. 335, № 2. P. 241–251.

АНИЗОТРОПНАЯ ПРОВОДИМОСТЬ ПЛЕНОК АЗОКРАСИТЕЛЕЙ

Станкевич А. В.

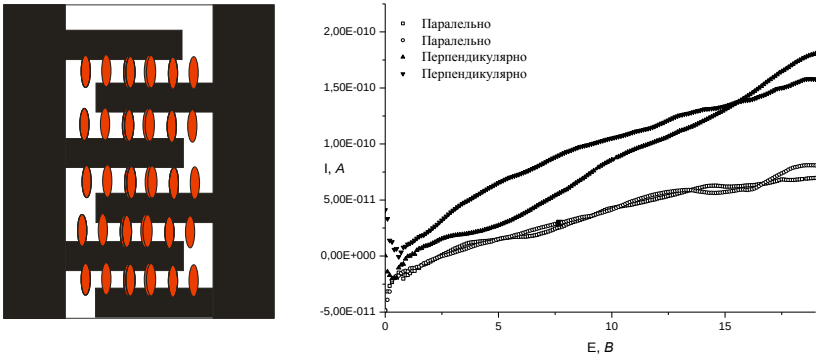
ГНУ «Институт химии новых материалов НАН Беларуси», Беларусь, г. Минск ул Ф. Скорины, 36, 8017 237-67-88, email: andr.stankevich@gmail.com

Упорядоченность органических молекул в плёнках влияет на их физические свойства [1–3], так упорядоченность молекул изменяет потенциалы ионизации [4] и поглощение света анизотропными тонкими пленками. При этом значительно изменяется подвижность носителей заряда, стабильность пленок и их люминесценция [3, 5–7]. Такие тонкие плёнки находят применение в органических светодиодах [2], органических транзисторах [8] и фотодиодах с поляризационной чувствительностью. Описан ряд подходов для получения ориентированных покрытий: механическая ориентация, осаждение ЛБ пленок, самоорганизация ЖК материалов, нанесение на специфические ориентирующие поверхности [3, 9]. Наиболее используемые методы - нанесение на предварительно натертый слой ориентанта полиимида, полианилина, производных полиметакрилатов; и фотоориентируемые слои азокрасителей. [9–11].

Для изучения влияния анизотропии на проводимость получены упорядоченные тонкие плёнки из растворов красителя FtF-1 в диметилформамиде, анизотропия которых была индуцирована облучением поляризованным светом. Оценку зависимости проводимости плёнки от упорядоченности молекул проводили для двух граничных случаев: при параллельной либо перпендикулярной ориентации молекул к прилагаемому электрическому полю (рисунок 1а). Для удаления периодических шумов сигнала использовали быстрое двукратное обратное Фурье преобразование, с фильтрацией высокочастотной составляющей (частота отсечки более 0,01 Гц).

Из измеренных вольтамперных характеристик (рисунок. 1 б) определены сопротивления образцов (плёнки толщиной порядка 100 нм): $2{,}08\times10^{13}\Omega cm^2$, $1{,}01\times10^{13}\ \Omega cm^2$ при параллельной и перпендикулярный ориентации молекул относительно приложенного поля соответственно.

Полученные результаты свидетельствуют, что проводимость органических плёнок зависит от пространственной ориентации молекул, и, в случае азокрасителей, увеличивается при перпендикулярной ориентации к приложенному полю в 2 раза. Следовательно, проводимость осуществляется за счёт переноса заряда между π системами красителя.



а б

Рисунок 1 : а – схема резистора;
б – ВАХ резистора с параллельной и перпендикулярной ориентацией молекул

Литература:

1. Yokoyama D. Molecular orientation in small-molecule organic light-emitting diodes // Journal of Materials Chemistry. – 2011. – Т. 21, № 48. – С. 19187-19202.

2. Tsao H. N. [et al.] The Influence of Morphology on High-Performance Polymer Field-Effect Transistors // Advanced Materials. – 2009. – Т. 21, № 2. – С. 209-212.

3. Grell M., Bradley D. D. Polarized luminescence from oriented molecular materials // Advanced Materials. – 1999. – Т. 11, № 11. – С. 895-905.

4. Chen W. [et al.] Molecular orientation-dependent ionization potential of organic thin films // Chemistry of Materials. – 2008. – Т. 20, № 22. – С. 7017-7021.

5. Biniek L. [et al.] High-Temperature Rubbing: A Versatile Method to Align π-Conjugated Polymers without Alignment Substrate // Macromolecules. – 2014.

6. Hourani W. [et al.] Anisotropic charge transport in large single crystals of π-conjugated organic molecules // Nanoscale. – 2014. – Т. 6, № 9. – С. 4774-4780.

7. Molenkamp W. C. [et al.] Highly polarized luminescence from optical quality films of a semiconducting polymer aligned within oriented mesoporous silica // Journal of the American Chemical Society. – 2004. – Т. 126, № 14. – С. 4476-4477.

8. Wu W., Liu Y., Zhu D. π-Conjugated molecules with fused rings for organic field-effect transistors: design, synthesis and applications // Chemical Society Reviews. – 2010. – Т. 39, № 5. – С. 1489-1502.

9. Stöhr J. [et al.] Microscopic origin of liquid crystal alignment on rubbed polymer surfaces // Macromolecules. – 1998. – Т. 31, № 6. – С. 1942-1946.

10. Photoalignment of liquid crystalline materials: physics and applications. / Chigrinov V. G., Kozenkov V. M., Kwok H.-S.: John Wiley & Sons, 2008.

11. Chigrinov V. [et al.] Anchoring properties of photoaligned azo-dye materials // Physical Review E. – 2003. – Т. 68, № 6. – С. 061702.

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ И КАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГЛАУКОНИТА ПРИ КИСЛОТНОЙ ОБРАБОТКЕ

Утенкова Д.Б., Сидоренко А.Ю.

ГНУ «Институт химии новых материалов НАН Беларуси», Беларусь, г. Минск ул Ф. Скорины, 36, 8017 237-67-88

Природные алюмосиликаты (в частности глины) являются эффективными катализаторами процессов изомеризации терпеновых углеводородов [1]. При обработке глин минеральными кислотами возрастает их удельная поверхность, а также происходит замещение обменных катионов на протоны, вследствие чего повышается кислотность алюмосиликатов. Это приводит к увеличению их каталитической активности.

В качестве объекта исследования выбран глауконит (Лоевское месторождение, Республика Беларусь) следующего химического состава, мас. %: SiO_2 – 58,3, FeO – 20,8, Al_2O_3 – 11,6, K_2O – 4,6, MgO – 3,6, TiO_2 – 0,5. Навески глауконита обрабатывали 50 мл/г 10 % HCl при 30, 50, 70 и 90 °С, затем промывали до отсутствия ионов хлора в промывных водах, сушили при 105 °С и прокаливали при 150 °С. В отработанных растворах кислоты определяли количество катионов Al^{3+}, Fe^{3+}, Mg^{2+}, K^+ и Ca^{2+}. ИК-спектры образцов катализаторов снимали на ИК-Фурье спектрометре Bruker Tensor 27. Низкотемпературную (77К) физическую адсорбцию-десорбцию азота на катализаторах осуществляли на анализаторе поверхности NOVA 2200 (Quantachrome Corp. США). Удельную поверхность образцов рассчитывали по методу БЭТ [2]. Активность полученных катализаторов оценивали по начальным скоростям расходования 3-карена в процессе его изомеризации.

Удельная поверхность исходного глауконита составляет 29,0 $м^2/г$ и возрастает после его кислотной активации при 30, 70 и 90 °С до 53,0, 77,0 и 162,0 $м^2/г$ соответственно.

Данные ИК-спектроскопии показали, что в процессе кислотной обработки глауконита происходит частичное разрушение его каркаса, причем степень деструкции возрастает с увеличением температуры активации. При температуре модифицирования 90 °С происходит удаление значительной части катионов Mg^{2+}, $Fe^{2+/3+}$, находящихся в октаэдрических слоях глауконита, осуществляется

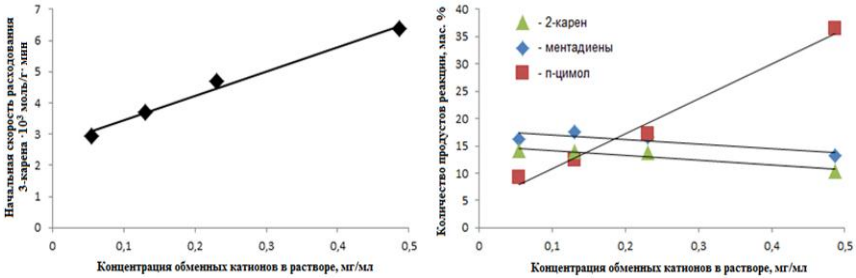
разрыв части связей Me–O–Si (Me = Al^{3+}, Mg^{2+}, $Fe^{2+/3+}$) и образование аморфного SiO_2.

При изменении температуры кислотной обработки от 30 до 90 °С суммарная концентрация структурных катионов глауконита (Al^{3+}, Mg^{2+}, $Fe^{2+/3+}$) в отработанном растворе кислоты увеличивается от 0,35 до 2,46 мг/мл (таблица 1), что подтверждает рост степени деструкции каркаса алюмосиликата. При этом количество обменных катионов глауконита (K^+ и Ca^{2+}) в растворе увеличивается с 0,06 до 0,48 мг/мл (таблица 1), что свидетельствует о протекании ионного обмена и, как следствие, о повышении кислотности катализатора.

Таблица 1 – Количество катионов металлов в отработанных растворах 10 % HCl

Температура кислотной обработки, °С	Концентрация катионов в растворе, мг/мл				
	Al^{3+}	Fe^{3+}	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}
30	0,07	0,24	0,03	0,05	0,01
50	0,17	0,48	0,08	0,127	0,01
70	0,38	0,90	0,14	0,21	0,02
90	0,65	1,54	0,28	0,45	0,03

Результаты каталитических исследований показали, что начальная скорость расходования 3-карена возрастает от $3{,}0\cdot10^{-3}$ до $6{,}4\cdot10^{-3}$ моль/г·мин при увеличении концентрации обменных катионов в отработанном растворе кислоты от 0,06 до 0,48 мг/мл (рисунок 1,*а*).



а б

Рисунок 1. Зависимость начальной скорости расходования 3-карена (а) и концентрации продуктов реакции (б) от количества обменных катионов в растворе

При этом количество промежуточных продуктов реакции в изомеризате – 2-карена и ментадиенов – за 6 ч опыта уменьшается с 16,2 и 14,1 до 13,3 и

10,4 мас. % соответственно, а содержание в смеси конечного продукта – *п*-цимола – возрастает с 9,2 до 36,4 мас. % (рисунок 1,*б*).

Таким образом, обработка глауконита 10% HCl при 30–90 °С приводит к частичному разрушению его структуры и удалению из его состава катионов Al^{3+}, Mg^{2+}, Fe^{3+}, K^{+} и Ca^{2+}. Степень деструкции каркаса глауконита и количество удаляемых катионов возрастает при увеличении температуры модифицирования глауконита, что приводит к повышению его каталитической активности в реакции изомеризации 3-карена и увеличению выхода *п*-цимола.

Литература:

1. Volcho K.P., Salakhutdinov N.F. Mini-Reviews in Org. Chem. 2008. Vol.5. P. 345–354.

2. Карнаухов А. П. Адсорбция. Текстура дисперсных и пористых материалов. – Новосибирск: Наука, 1999. – 470 с.

ВЗАИМОСВЯЗЬ НОРМАЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ЗВУКОПОГЛОЩЕНИЯ С КОЭФФИЦИЕНТОМ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРОДУВАНИЮ ВОЗДУШНЫМ ПОТОКОМ В ВОЛОКНИСТО-ПОРИСТЫХ КОМПОЗИТАХ

Хмара А.С.

ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси», г. Гомель, ул. Кирова 32 а,
e-mail: AnastasiaXmara@gmail.com

Основной целью применения звукопоглощающих материалов является снижение слышимых шумов в промышленных и общественных зданиях, а также в кабинах транспортных средств.

Звукопоглощающие материалы должны обладать следующими свойствами: высоким звукопоглощением в требуемом диапазоне частот; малым удельным весом; негорючестью и стойкостью по отношению к агрессивным средам; безвредностью; биостойкостью; малой гигроскопичностью; долговечностью; экономичностью. В наибольшей мере этим требованиям соответствуют нетканые материалы.

В настоящей работе предпринята попытка оценить возможность определения звукопоглощения пористых нетканых материалов по перепаду давления воздушного потока, проходящего через исследуемый образец, и найти регрессионные уравнения, связывающие удельное сопротивление протеканию воз-

душного потока через образец с нормальным коэффициентом звукопоглощения на разных частотах.

Измерение сопротивления образцов пористого материала продуванию потоком воздуха осуществляли по ГОСТ Р ЕН 29053–2008 «Материалы акустические. Методы определения сопротивления продуванию потоком воздуха». Сущность метода заключается в прохождении регулируемого однонаправленного потока воздуха через образец, имеющий форму кругового цилиндра или прямоугольного параллелепипеда, и измерении перепада давления между двумя свободными лицевыми поверхностями образца.

Использованная в работе система для проведения акустических испытаний материалов (производства компании «Брюль и Къер», Дания) представляет собой комплекс средств измерений, предназначенный для экспериментального анализа акустических характеристик материалов и компонент композитов с целью создания новых звукопоглощающих материалов, проектирования энергосберегающих технологий, моделирования акустических полей в шумопонижающих конструкциях, применяемых в машиностроении и строительстве.

Образцы в форме кругового цилиндра были вырезаны из материалов, изготовленных в рамках выполнения научно-технической программы Союзного государства по теме «Разработка звукопоглощающих композитов на основе льняных и полимерных волокон для шумопонижающих конструкций салонов транспортных средств и строительных сооружений» в ИММС НАН Беларуси в 2013 г. Разработан технологический регламент на процесс получения указанных композитов.

Экспериментально установлено, что образцы на основе волокон льна и полиэфира в целом оказывают большее сопротивление потоку воздуха, чем образцы на основе волокон льна и полипропилена. В каждой из указанных групп сопротивление потоку воздуха увеличивается с ростом содержания волокон льна в образце (от 30% до 70 %).

Получены регрессионные уравнения, связывающие коэффициент сопротивления продуванию потоком воздуха (R) и коэффициент звукопоглощения (α). При частоте 50 Гц уравнения связи для всех составов образцов являются линейными и не зависят от толщины образца. На более высоких частотах уравнения связи линейно зависят от толщины образцов в диапазоне толщин от 0 до 50–70 мм. А для более толстых образцов уравнения связи практически не зависят от толщины образца и определяются только составом материала.

Таким образом, зная толщину образца и коэффициент сопротивления продуванию воздушным потоком, можно определить коэффициент звукопоглощения материала неизвестного состава на основных диапазонах звуковых частот.

Секция 3 ТРИБОЛОГИЯ, ФИЗИКА, ХИМИЯ И МЕХАНИКА ПОВЕРХНОСТИ

ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ АНТИФРИКЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ГРАНИЧНОГО ТРЕНИЯ

Ануфриенко М.С., Купреев А.В.

ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси», г. Гомель, ул. Кирова 32а. Республика Беларусь, e-mail: Kweit2014@mail.ru

Полимерные материалы и композиты на их основе антифрикционного назначения широко применяются в узлах трения машин и механизмов, работающих в условиях смазки. В подавляющем большинстве узлов при этом реализуется граничный вид трения, а основными факторами определяющими выбор материала являются скорость, нагрузка и температура эксплуатации. Также немаловажное значение имеет используемый при трении смазочный материал (СМ), а в случае определения ресурса пары трения, деградация свойств СМ является определяющим фактором.

Для режима граничного трения характерно наличие на поверхности трущихся тел адсорбированных пленок смазки (граничный слой толщиной 0,01…0,1 мкм) [1]. При таких условиях природа сил трения зависит от состояния и свойств взаимодействующих тел: шероховатости поверхностей трения; наличие пластических или упругих деформаций, а также от режима нагружения пары трения (скорость, нагрузка, температура) [2].

Целью данной работы является установление закономерности трения и изнашивания полимерных материалов антифрикционного назначения в условиях граничного трения при воздействии факторов эксплуатационной деградации смазочного материала.

В качестве объекта для проведения исследований был использован полиамид-6 марки 210/310 (ТУ РБ 50048054.009-2001). При проведении испытаний использовались масло индустриальное И-20А (ГОСТ 20799-88) и масло моторное М-10$Г_2$ (ГОСТ 8581-78).

Триботехнические испытания проводились на машине трения 2070 СМТ–1 с использованием схемы «вал – частичный вкладыш». Технические характеристики машины трения СМТ–1 позволяют проводить испытания при скоростях до 3 м/с и нагрузках до 2000 Н. В качестве контртела были использованы ролики из стали 45 (ГОСТ 1050-88) твердостью $HRC_э$ 32…36 и шероховатостью поверхности R_a=0,32 мкм. Коэффициент взаимного перекрытия пары трения вкладыш – ролик составлял 0,125. Контроль температуры трения образца полимерного материала осуществляли хромель-копелевыми термопарами на расстоянии 1мм от поверхности трения. Условия граничного трения моделировались путем введения в зону контакта дозированного количества СМ.

В качестве параметров контроля функциональных свойств смазочного материала определены вязкость, содержание механических примесей и воды (оптическая плотность), цвета масла как показатель термической деструкции (изменение флуоресценции масла как показатель степени окисления и полярности масла) [3].

Для пары трения сталь 45 – полиамид-6 (ПА-6) получены экспериментальные зависимости влияния нормальной нагрузки на коэффициент трения (*f*) в условиях граничного трения. Установлено, что полученные результаты полностью согласуются с теорией граничного трения твердых тел в присутствии СМ. Наблюдается снижение *f* с ростом нагрузки, далее стабилизация значений *f* в некотором интервале нагрузок и последующий резкий рост, сопровождающийся быстрым повышением температуры на контакте до температуры деструкции (~220°С) СМ, что свидетельствует о разрушении граничного слоя, при этом наблюдается оплавление поверхности трения образца из ПА-6 и потеря его работоспособности.

Проведены экспериментальные исследования влияния скорости скольжения на *f* для пары сталь 45 – ПА-6 при условии соблюдения граничного режима трения. Определены предельные значения скоростей при нагрузках 50…1000Н, при которых в присутствии СМ на контактных поверхностях стабильно обеспечивается граничное трение. Установлено, что при скоростях скольжения более 1,5 м/с определяющим фактором роста *f* является увеличение температуры в зоне трения, что приводит к разориентации молекул СМ на отдельных участках контакта и разрушению граничных слоев.

Отмечено, что нагрузочная способность пары трения сталь 45 – ПА-6 существенно зависит от функциональных свойств СМ. Показано, что изменение вязкости СМ в результате длительного термического воздействия, а также увеличение содержания механических примесей и воды приводят к снижению предельной нагрузки и линейной скорости скольжения, при которых сохраняется режим граничного трения.

Таким образом, определены диапазоны нагрузок и скоростей, при которых соблюдаются условиях граничного трения для пары сталь 45 – ПА-6. Показано, что основной причиной нарушения граничного режима трения, сопровождающегося резким ростом коэффициента трения, является увеличение температуры в зоне трения вызывающее разрушение граничных слоев адсорбированныхпленок СМ на поверхности трущихся тел.

Литература

1. Мышкин, Н.К. Трибология. Принципы и приложения / Н.К.Мышкин, М.И. Петроковец – Гомель: ИММС НАНБ, 2002. – 310 с.

2. Богданович, П. Н. Трение, смазка и износ в машинах / П.Н. Богданович, В.Я. Прушак, С.П. Богданович. – Мн. Изд «Технология». 2011. – 528 с.

3. Маркова, Л.В. Трибодиагностика машин / Л.В. Маркова, Н.К. Мышкин ; НАН Беларуси, Ин-т механики металлополимер. систем им. В.А. Белого. – Минск : Белорус. наука, 2005. – 251 с.

АНОМАЛЬНОЕ ПОВЕДЕНИЕ ЭНЕРГИИ СЦЕПЛЕНИЯ ОРИЕНТИРУЮЩИХ СЛОЕВ АЗОКРАСИТЕЛЯ ПРИ УВЕЛИЧЕНИИ СТЕПЕНИ УПОРЯДОЧИВАНИЯ МОЛЕКУЛ

Безрученко В.С., Микулич В.С., Муравский А.А.

ГНУ «Институт химии новых материалов НАН Беларуси»,
г. Минск, ул. Фр. Скорины, 36, 220141, тел./факс: (017) 237-68-28,
e-mail: Veronika.Bezruchenko@gmail.com

Существуют различные способы ориентации молекул жидких кристаллов (ЖК) поверхностью анизотропных материалов, в качестве которых распространены натираемые полиимиды [1]. Прогресс в области ЖК устройств требует создания новых ориентирующих материалов допускающих бесконтактную обработку – фотоориентантов. Существует актуальная задача разработки легкодоступных, простых в обращении, недорогих и эффективных оптически функциональных материалов.

В настоящее время разработан ряд азокрасителей, способных ориентировать ЖК, которые обладают фото- и термостабильностью, а также высокой энергией сцепления [2].

В работе представлено изучение фотоориентации нового азокрасителя AtA-2, который разработан и синтезирован в ЛМТЖКУ ИХНМ. Одним из ключевых параметров, описывающих качество фотоориентанта является азимутальная энергия сцепления с жидким кристаллом, которая определяет качество

ориентации ЖК и контраст. Известно, что значения азимутальной энергии сцепления связаны с упорядочиванием молекул в слое материала. Обычно с увеличением дозы облучения при фотоориентации наблюдается рост энергии сцепления. А степень упорядочивания молекул в объеме пленки тем больше, чем выше доза облучения фотоориентанта.

Для определения азимутальной энергии сцепления были изготовлены жидкокристаллические ячейки. ЖК ячейка разделена на зоны, которые экспонировались поляризованным светом с разной дозой облучения. Степень упорядочивания определялась из спектров фотоиндуцируемого дихроизма. На графике представлены кривые азимутальной энергии сцепления и параметра порядка молекул в зависимости от дозы облучения.

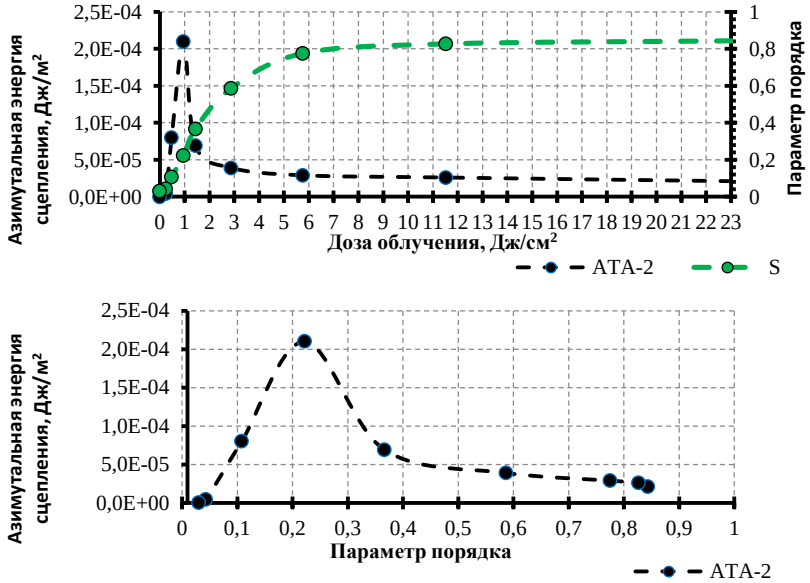


Рисунок 1. Кривые азимутальной энергии сцепления
и параметра порядка молекул в зависимости от дозы облучения

Полученные зависимости показывают, что в тонких пленках азокрасителя AtA-2 наблюдаются высокие значения азимутальной энергии сцепления $2{,}1 \times 10^{-4}$ Дж/м^2 при небольших значенияхпараметра порядка (S = 0,2), и при дальнейшем облучении материала наблюдается аномальное снижение азимутальной энергии сцепления при увеличении параметра порядка.

Причина наблюдаемой зависимости до конца не ясна и может быть связана с особенностями взаимодействия красителя AtA-2 с молекулами жидкого кристалла. Что имеет фундаментальный характер и требует более детального изучения ориентационных эффектов в приповерхностных слоях.

Проведенные исследования разработанного азокрасителя AtA-2 показали его высокую фоточувствительность, что выражается в достигаемых значениях параметра порядка, а также в высокой энергии сцепления с жидким кристаллом, сравнимой с коммерческими полиимидами. Материал AtA-2 перспективен для использования в качестве фотоориентанта жидких кристаллов.

Литература:

1. E. Akiyama, Y. Miyama, Y. Nagase, N. Nemoto, H. Endo, T. Nihira, H. Fukuro, N. Kohtoh. Novel photoinduced alignment phenomenon of liquid crystals on aromatic polyamide films. Journal of the SID, 8/4, 2000, 259-267

2. J. Osterman, C. Adas, L. Madsen, K. Skarp, A. P. Tong, L. Xihua, V. Chigrinov. AU Ping Tong, Li Xihua and Vladimir Chigrinov. SID DIGEST,2005, 772–775

МЕХАНИЗМ УПРОЧНЕНИЯ ПОЛИАМИДНЫХ ПОКРЫТИЙ ПОЛИДИСПЕРСНЫМИ ЧАСТИЦАМИ СТРУКТУРИРОВАННОГО УГЛЕРОДА С ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Валенков А.М., Тимошенко В.В.

ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАН Беларуси», ул. Кирова 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь,
e-mail: Valenkov_and@mail.ru

Исследование влияния различных способов модифицирования поверхности частиц наполнителя на механические свойства полимерных композитов является весьма актуальной задачей при создании высокопрочных изделий конструкционного назначения, в том числе покрытий [1–2].

Целью работы является установления механизма повышения механических характеристик полиамидных покрытий содержащих полидисперсные частицы структурированного углерода с плазмохимически модифицированной поверхностью.

В качестве полимерного связующего использовали порошок ПА6 с размером частиц не более 200 мкм, полученный криогенным измельчением гранулированного продукта ОСТ 6-06-09-83. В качестве наполнителя использовали частицы структурированного углерода (ЧСУ)ТУ BY 690654933.001-2011 (рисунок 1).

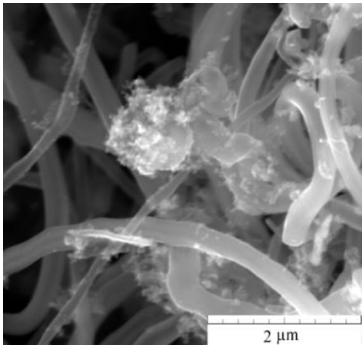


Рисунок 1. Электронно-микроскопическое (СЭМ) изображение частиц наполнителя

Плазмохимическое модифицирование поверхности ЧСУ осуществляли в вакуумной установке при давлении 50 Па. Для возбуждения низкотемпературной плазмы использовали высокочастотный электрический разряд (5,47 МГц). В качестве плазмообразующей среды применяли кислород, озон, диоксид углерода и уксусный ангидрид.

Образцами для испытания на разрушающее напряжение и модуль упругостипри растяжении служили лопатки из композиционной пленки, полученные с помощью вырубного штампа. Композиционную пленку получали вибровихревым способом на алюминиевой подложке предварительно обработанную полиметилсилоксановым маслом. После формирования покрытия, полученное покрытие отслаивали. Исследование химических процессов в композиционной системе осуществляли при помощи ИК спектрометрией с Фурье преобразованием фирмы NEXUSE.S.P. (ThermoNicolet, USA), а так же методом ДСК.

Установлено, что плазмохимическое модифицирование поверхности частиц структурированного углерода позволяет повысить механические характеристики полиамидных композитов, прежде всего за счет улучшения адсорбционного взаимодействия между модифицированной поверхностью частиц наполнителя,с приданными ей гидрофильными свойствами и проходных цепей полимерной матрицы, находящихся в аморфных областях. При этом сопряжение компонентов композиции не сопровождается образованием общих ковалентных связей, а обусловлено ван-дер-ваальсовым взаимодействием. Влияние наполнителя преимущественно на аморфную область полимерной матрицы подтверждается повышением ее степени кристалличности. Так, исходный ПА6 имеет степень кристалличности 30%, при введении ЧСУ в количественном диапазоне 0,2–0,6 мас.% кристалличность полимера возрастает до 37–45% соответ-

ственно. Дальнейшее повышение концентрации наполнителя в интервале 0,8–1 мас. % не обеспечивает последующего роста кристалличности ПА6.

Литература:

1. Ананьева, Е.С. Влияние поверхности углеродного наполнителя на структурообразование в матрице / Е.С. Ананьева, Л.М. Аникеева, В.Б. Маркин // СКМ – 2001: тез. докл. Междунар. конф. / Волгогр. гос. техн. ун-т. – Волгоград, 2001. – С. 18–20.

2. Липатов, Ю.С. Физическая химия наполненных полимеров / Ю.С. Липатов. – М.: Химия, 1977. – 304 с.

ОБЗОР НАПРАВЛЕНИЙ ТРИБОЛОГИИ ЗА 2005–2014 ГГ. В ПУБЛИКАЦИЯХ ЖУРНАЛА «ТРЕНИЕ И ИЗНОС»

Домасик В.В., Ковалёва И.Н.

ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси», Кирова 32а, 246050 Гомель, e-mail: victory-mpri@mail.ru

Важнейшим условием обеспечения непрерывности и преемственности в развитии науки является распространение информации о результатах научных исследований. Благодаря научным изданиям результаты исследовательского труда включаются в научно-информационный поток и становятся достоянием ученых и специалистов. Наиболее полным в странах СНГ источником информации о событиях в области трибологии является издаваемый с 1980 года журнал «Трение и износ». Только за последние 10 лет (2005 – 2014 гг.) в журнале опубликовано 702 статьи, в которых освещаются результаты исследований, проводимых в России, Беларуси, Украине и других странах ближнего зарубежья. В зависимости от темы исследования все работы можно разделить на 6 групп:

В работах I группы представлены исследования структуры, механических и трибологических свойств перспективных материалов и покрытий, влияние этих свойств на износ узлов трения. Рассмотрены различные технологии получения и модифицирования покрытий и материалов, их влияние на трибологические характеристики. На эту тему в период 2005–2014 гг. проведено 252 исследования, опубликованных в журнале.

Следующая по многочисленности, II группа работ (136 статей) описывает механизмы, виды и особенности изнашивания трибоспряжений в различных условиях.

В III группе рассмотрено моделирование механизмов изнашивания и фрикционного взаимодействия. Предложены кинетические и математические модели

взаимного влияния компонентов, устройств и механизмов, а также процессов трения и изнашивания. Проведено численное моделирование режимов работы машин и оборудования. Данное направление описано в 87 статьях.

В 74 статьях IV группы особое внимание уделено численному анализу процессов трения и изнашивания. Разработаны способы исследования параметров повреждаемости и разрушения поверхностей, методы расчета различных трибоспряжений. Проведены экспериментальные исследования видов изнашивания материалов и предложены наиболее точные способы измерения коэффициента трения и других численных характеристик.

Работы V группы описывают приборы и оборудования, применяемые в трибологии. В 71 исследовании рассмотрены способы повышения точности определения коэффициента трения на различных машинах трения, разработаны и рассмотрены экспериментальные установки для изучения процессов трения и износа, способствующие дальнейшему развитию трибологии.

Значительную роль в развитии трибологии играет изучение трибологических и реологических свойств смазок и анализ противозадирных и антифрикционных свойств пластичных смазочных материалов. На решение этих задач направлено 62 исследования, представленных в VI группе. В них описано влияние смазочных материалов, примесей и присадок на триботехнические характеристики твердых тел. К тому же, большая часть работ направлена не столько на изучение антифрикционных свойств, сколько на изучение методов и способов улучшения этих свойств. Разработаны новые виды смазок, присадок и связующих.

В данной работе выделены лишь основные направления исследований. Некоторое количество опубликованных работ лишь косвенно относятся к основным вопросам трибологии, однако имеют большую ценность для развития науки.

СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОДИФИЦИРОВАННЫХ СЛОЕВ СТАЛЕЙ 25ХГСА, 60С2А, 65Г

Рехлицкая Д.В., Соловей Н.Ф.

ОАО «Научно-технический центр комбайностроения»
г. Гомель, ул. Ефремова 61, тел. 59-38-76, факс 54-14-83 ,
e-mail:ja.dianka@mail.ru

Эксплуатационные свойства деталей машин и механизмов определяются не только физико-механическими свойствами металлов и сплавов, из которых они изготовлены, но и состоянием поверхностного слоя. В настоящее время в производственном объединении «Гомсельмаш» детали, подвергающиеся повышен-

ному износу, изготавливаются преимущественно из сталей марок 25ХГСА, 60С2А, 65Г.

В данной работе рассматривались вопросы, связанные со структурообразованием и изменением механических свойств поверхностных слоев деталей машин и механизмов после воздействия на поверхность трения теплового источника. При использовании лазера на основе CO_2 в процессе упрочнения перенос тепла осуществляется лазерным лучом диаметром 0,8–1,5 мм при плотности мощности до 10^7 Вт/м^2. В наших исследованиях использовался оптоволоконный итербиевый лазер LaserCut-3015-2, максимальная выходная мощность которого составляет 2 кВт. При использовании установки LaserCut-3015-2 ширина дорожки (в данном случае – 6мм) определяется динамическим сканированием луча, т.е. перемещением с определенной частотой влево, вправо и возможностью моментального регулирования мощности. Таким образом, в центре дорожки мощность представляет одну величину, по краям – другую. Варьирование частоты и мощности позволяет добиться того, что между дорожками упрочнения будет минимальное различие по структуре и механическим свойствам.

В результате экспериментальных исследований установлено, что при использовании оптических систем на основе оптоволоконного интербиевого лазера при мощности излучения 50 и 70% от максимальной (Р50 и Р70) и скорости перемещения луча 600 мм/с., максимальная глубина упрочнения по центру дорожки для стали 65Г составляет ~0,5мм. Кривые изменения микротвердости имеют волнообразный характер. При этом максимальная твердость на глубине 150 мкм от поверхности для этой марки стали при мощности лазерного излучения Р50 и Р70% достигает значений 766 HV (59 HRC) и 810 HV (63 HRC) соответственно (рисунок 1).

Установлено, что различие в химическом составе и исходной структуре исследуемых сталей определяет конечное состояние зоны упрочнения. Трансформация структур при использовании лазерного излучения происходит в соответствии с диаграммой состояния Fe-C. Мартенситные превращения в упрочненном слое осуществляются в соответствии с содержанием углерода в стали и одновременным образованием переходных зон между слоями со структурными составляющими смежных областей.

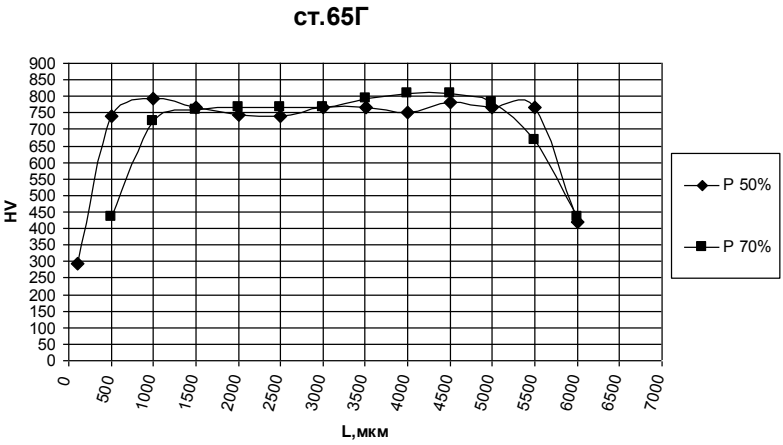


Рисунок 1. Распределение микротвердости на глубине 150мкм при мощности лазерного излучения Р50 и Р70 для стали 65Г

Следует отметить, что неравномерность упрочнения может быть улучшена путем увеличения тепловложений (энергии лазерного излучения), однако при этом высока вероятность снижения твердости.

На основе полученных результатов ведутся работы по изготовлению износостойких серийно выпускаемых деталей сельскохозяйственной кормоуборочной техники.

Научное издание

III Республиканская научно-техническая
конференция молодых ученых

НОВЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

4–6 ноября 2014 г.

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Ответственный за выпуск: *И.Н. Ковалева*
Составитель: *В.В. Шевченко*

Подписано в печать 28.10.14. Формат издания $60\times84^{1}/_{16}$.
Бумага офсетная. Гарнитура Newton. Отпечатано на ризографе.
Усл. печ. л. 6,0. Тираж 70 экз. Заказ №. 13-14

Государственное научное учреждение «Институт механики металлополимерных систем
им. В. А. Белого Национальной академии наук Беларуси»
Регистрация № 1/244 от 25.09.14
246050 г. Гомель, Беларусь, Кирова, 32а