На правах рукописи

# КАДЫКОВА ЮЛИЯ АЛЕКСАНДРОВНА

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНТЕРКАЛЯЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ БАЗАЛЬТО-, СТЕКЛО- И УГЛЕПЛАСТИКОВ

**Специальность 05.17.06 -**

**Технология и переработка полимеров и композитов**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Саратов 2003

Работа выполнена в Технологическом институте Саратовского государственного технического университета.

Научный руководитель:доктор технических наук, профессор Артеменко Серафима Ефимовна

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор Иващенко Юрий Григорьевич

кандидат технических наук Решетникова Лариса Васильевна

Ведущая организация Саратовский государственный университет имени Н.Г.Чернышевского

Защита состоится «20» июня 2003 года в 13 часов на заседании диссертационного совета Д 212.242.09 при Саратовском государственном техническом университете по адресу: 413100, г.Энгельс, Саратовской обл., пл.Свободы, 17, Технологический институт Саратовского государственного технического университета, ауд. 237.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке Саратовского государственного технического университета.

Автореферат разослан « » мая 2003 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета Ефанова В. В.

**ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

Актуальность проблемы. Полимерные композиционные материалы (ПКМ) в последние 50 лет так глубоко проникли в различные сферы промышленности, транспорта, бытового сектора, что степень их использования стала критерием уровня научно-технического прогресса любой страны. Применение их позволяет резко снизить расход остродефицитных материалов (титана, алюминия, бериллия, нержавеющей стали и других), повысить грузоподъемность и обеспечить значительную экономию топлива за счет уменьшения массы конструкций.

Особое место среди них занимают угле- (УП) и стеклопластики (СП), а в последние годы и базальтопластики (БП). Именно базальтопластики являются важными и значимыми в плане создания и развития производств ПКМ большой мощности с выпуском широкого ассортимента продукции, доступной по цене разным отраслям промышленности. Для этого наша страна обладает огромными запасами горных пород габбро-базальтовой группы и разработанными технологиями переработки их в высококачественные минеральные волокна, нити, ровинги, нетканые холсты, сетки и другой ассортимент.

Будущее за базальтопластиками еще и потому, что углеродные волокна очень дороги и количество их ограничено, производство стеклянных и органических (химических) волокон в Российской Федерации не удовлетворяет потребности промышленности. Поэтому разработка современной технологии базальтопластиков является актуальной проблемой.

Целью работы является разработка научных основ интеркаляционной технологии базальто-, стекло- и углепластиков поликонденсационным способом наполнения на основе фенолформальдегидного связующего и базальтовой, стеклянной и углеродной нитей.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

* установление закономерностей и параметров интеркаляционной технологии (ИТ);
* изучение особенностей адсорбции фенола поверхностью базальтовых (БН), стеклянных (СН) и углеродных (УН) нитей;
* установление взаимосвязи структура - свойства ПКМ на основе БН, СН и УН, полученных по интеркаляционной технологии;
* определение физико-химических и механических свойств исходных и модифицированных ПКМ на основе БН, СН и УН.

Научная новизна работы состоит в следующем:

* доказана эффективность получения ПКМ на основе БН, СН и УН и фенолформальдегидного связующего по ИТ;
* изучены свойства ПКМ на основе БН, СН и УН, и показана возможность их регулирования различными способами модификации;
* взаимодополняющими методами исследования установлено, что на основе неорганических нитей по ИТ формируется плотная и сшитая структура БП, СП и УП, обеспечивающая высокие прочностные и физико-химические характеристики материала.

Практическая значимость работы заключается в том, что установлена технико-экономическая эффективность использования ИТ для получения БП, СП и УП, а также эффективность модификации фенолформальдегидного олигомера (ФФО) на стадии синтеза связующего и гибридизации СН с УН.

На защиту выносятся следующие основные положения:

* результаты комплексных исследований влияния наполнителей на формирование структуры, механических и физико-химических свойств ПКМ;
* результаты исследования влияния модифицирующих добавок на свойства БП, СП и УП, сформированных по ИТ и достижения синергизма при гибридизации СН и УН.

Достоверность и обоснованность результатов исследования подтверждается комплексом независимых и взаимодополняющих методов исследования: термогравиметрического, рентгеноструктурного анализа, оптической, сканирующей туннельной и растровой электронной микроскопии, газовой и пиролитической хроматографии, методами определения физико-химических и механических свойств материалов.

Апробация результатов работы. Результаты работы доложены на 8 Международных и Всероссийских конференциях, в том числе: Международной конференции «Композит-98» (Саратов, 1998), I Всероссийской научной конференции "Физико-химия процессов переработки полимеров" (Иваново, 1999), Международной конференции «Современные технологии в образовании и науке. Высшая школа–99» (Саратов, 1999), Международной конференции по химии и химической технологии «МКХТ-2000» (Москва, 2000), Международной конференции по химическим волокнам "Химволокна-2000" (Тверь, 2000), ХХХI Научно-технической конференции "Актуальные проблемы современного строительства" (Пенза, 2001), Международной конференции «Композит–2001» (Саратов, 2001), Международной конференции "Стеклопрогресс-ХХI" (Саратов, 2002).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 6 печатных работ, в том числе три статьи в центральных изданиях.

## Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов; списка использованной литературы (192 источника); изложена на 121 странице, содержит 26 рисунков и 21 таблицу.

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Введение содержит обоснование актуальности темы, цели и задачи исследований, научную новизну и практическую значимость работы.

**Глава 1. Литературный обзор**

Проведен анализ литературы по современному состоянию проблемы использования БН, СН и УН и ПКМ на их основе. Анализ и обобщение литературных данных свидетельствуют об эффективности применения поликонденсационного способа наполнения, разработанного на кафедре СГТУ (Пат. №1616930; №2021301, РФ), для повышения физико-химичес-ких и механических характеристик ПКМ; о практической целесообразности и эффективности производства БП, СП и УП, однако отсутствуют сведения о результативности использования БН и СН для ПКМ, сформированных поликонденсационным способом наполнения по ИТ; о технико-экономической эффективности применения модификации БП, СП и УП.

**Глава 2. Объекты, методики и методы исследования**

Представлены характеристики используемых материалов, методы и методики испытаний. В качестве исходных мономеров использовались: формальдегид (40%-й водный раствор) ГОСТ 1625-89, фенол ГОСТ 23519-93 и щелочной катализатор NаОН ГОСТ 11078-78. Для сравнения синтезировали в лабораторных условиях фенолформальдегидную смолу (ФФС). В качестве наполнителей использовали базальтовую нить (производства Украины), стеклянную нить (ЭЗ-200, ГОСТ 19907-83), углеродную нить (УКН –2,5/П). В качестве модифицирующих добавок применялись вторичный поливинилбутираль ("Solutia company", Бельгия), капролактам (ГОСТ 7850-86), лапрол (ТУ 2226-023-104880-57-95).

Основное содержание экспериментальной части

Глава 3. Физико-химические основы технологии поликонденсационного наполнения базальто-, стекло- и углепластиков

Сущность процесса поликонденсационного наполнения заключается в том, что для формирования полимерной матрицы пропитка нитей осуществляется не ФФС (традиционный способ), а смесью мономеров–фенола с формальдегидом и катализатором NaОН. Речь идет о принципиально новом процессе взаимодействия полимерное связующее-армирующие нити, основанного на интеркаляции (внедрении) смеси мономеров в структуру нитей с последующим синтезом олигомеров в виде ультратонких по-листруктур в порах, дефектах, трещинах и на поверхности нитей, что обеспечивает формирование плотной структуры и повышенные свойства ПКМ. Такая технология получила название интеркаляционной.

Пористая структура нитей определяет их сорбционные свойства, а также кинетические и динамические характеристики сорбционных процессов. В исследованиях для изучения сорбционных свойств БН, СН и УН использовали теорию объемного заполнения микропор (ТОЗМ), которая описывается уравнением lg nil = lg ni0l–(0,434/En)\*An, где nil, ni0l –факти-ческая и предельная величина адсорбции, ммоль/г; E–характеристическая энергия, Дж/моль; A=RTlnCS/C–дифференциальная мольная работа адсорбции, Дж/моль; n–ранг уравнения ТОЗМ.

Применение ТОЗМ для описания адсорбционных равновесий в системе нить-фенол-растворитель дало возможность описать процессы адсорбции при различных температурах на УН, БН и СН и рассчитать параметры пористой структуры этих нитей (табл.1), используя основное уравнение этой теории. По величине пор, предельно адсорбируемым объемам и характеристической энергии изучаемые нити образуют ряд УН>БН>СН.

#### Таблица 1

#### Параметры пористой структуры БН, СН и УН, рассчитанные по уравнению ТОЗМ для систем нить-фенол-растворитель

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  Нить | Температура, 0С | nil, ммоль/г | Е, кДж/моль | W0, см3/г | X, 0А |
| УН | 20 | 0,150 | 13,130 | 0,0107 | 9,34 |
| 30 | 0,156 | 13,290 | 0,1165 | 10,74 |
| 40 | 0,158 | 13,430 | 0,0134 | 10,96 |
| ССН | 20 | 0,07 | 12,000 | 0,0072 | 3,24 |
| 30 | 0,10 | 12,100 | 0,0089 | 3,78 |
| 40 | 0,11 | 12,120 | 0,0089 | 3,88 |
| ББН | 20 | 0,08 | 12,120 | 0,0081 | 3,88 |
| 30 | 0,10 | 12,130 | 0,0113 | 3,94 |
| 40 | 0,11 | 12,136 | 0,0113 | 3,97 |

Примечание: nil - предельная величина адсорбции, W0 - предельно адсорбируемый объем, Е - характеристическая энергия адсорбции, Х - полуширина поры для всех исследуемых нитей.

Данные по адсорбции фенола из его разбавленных растворов хорошо согласуются с данными по смачиванию УН, СН и БН смесью мономеров из фенола и формальдегида методом капиллярного поднятия. Для кинетических кривых смачивания характерна высокая скорость поднятия в первые 10-90 секунд от начала эксперимента, с последующим замедлением смачивания до установления равновесия. Отмеченные значения показателей для СН и БН свидетельствуют о близости значений поверхностной энергии этих нитей.

Способность ФФО к формированию сетчатых структур в системе с БН начинает проявляться уже на ранних стадиях реакции – степень отверждения через 35 мин составляет 60 масс.%, в то время как система с СН за этот временной период отверждается лишь на 38 масс.%, и только через 120 мин процесс синтеза для обеих систем выравнивается, достигая степени отверждения 95-96 масс.%. Этими исследованиями установлено, что способность к формированию сетчатых структур композитов на основе БН и УН близка. Видимо, кластерная (негладкая) структура поверхности БН увеличивает их удельную поверхность и ее сорбционную емкость, определяя способность формировать сетчатые структуры.

Изучение оптической микроскопии структуры поверхности образцов УП, БП и СП показало, что они отличаются различной шероховатостью, бугристостью и неровностями рельефа. Возникновение неровностей обусловливается как термическими, так и механическими воздействиями при формовании, а также, в первую очередь, структурной неоднородностью и микрогетерогенностью, связанной с разным сложным многокомпонентным составом БН и СН.

Исследование срезов образцов полученных материалов проводили с помощью растрового электронного (РЭМ) (Hitachi-HU12A) и сканирующего туннельного (СТМ) микроскопов. Из представленных РЭМ изображений среза УП (рис.1,а) заметно равномерное распределение полимерной пленки по поверхности УН и имеет место относительно равномерное распределение нитей в сечении образца материала. На изображении СТМ произвольного участка УП видно, что поверхность УН имеет характерные наноразмерные продольные однонаправленные неровности. Из приведенного РЭМ изображения срезов образца СП заметна большая толщина полимерной пленки на поверхности СН (рис.1,б) с характерными бугристыми заполнениями неровностей в рельефе поверхности нитей в отличие от УП. Учитывая, что пористость СН на порядок меньше пористости УН, большая часть полимера формируется на поверхности нитей и представляет собой объемный слой полимерной матрицы между нитями. Из изображения РЭМ поперечного срезов БП отмечено практическое отсутствие раздавленных нитей, а сформированная на поверхности нитей тонкая полимерная пленка (рис.1,в) имеет четко выраженную ориентацию по ее рельефу.

## Таким образом, в отличие от углепластика на стеклонитях и базальтовых нитях формируется более толстая полимерная пленка с бугристыми заполнениями шероховатостей в рельефе поверхности нити и четко выраженной ориентацией по их рельефу.

Глава 4. Структура и свойства ПКМ на основе БН, СН и УН, полученных по интеркаляционной технологии

Анализ полученных экспериментальных данных (табл.2) свидетельствует о том, что физико-химические и механические свойства ПКМ, полученных по ИТ, значительно превышают аналогичные свойства ПКМ, сформованных по традиционной технологии пропиткой нитей ФФС. В целом БП поликонденсационного способа наполнения по всем изучаемым характеристикам превосходят СП. Важным показателем таких материалов является высокая устойчивость к горению: кислородный индекс для БП составляет 60%, СП-50%, УП-70%. При поджигании на воздухе образцы не поддерживают горения. Такие материалы относятся к трудногорючим. Эти свойства привносятся в структуру материала также и фенолформальдегидной матрицей, которая относится к углеродообразующему материалу.

Физико-механические свойства УП, СП и БП, сформированных по ИТ, практически не изменяются после двухчасового кипячения в дистиллированной воде. Это свидетельствует о плотной структуре композитов, сформированных интеркаляцией мономеров в микродефекты и поры нитей, с образованием при последующем отверждении тонких пленок на их поверхности. При этом происходит ориентация по рельефу поверхности пор и нитей.

Результат исследования ПКМ методом рентгеноструктурного анализа (табл.3) показал, что степень кристалличности и размер кристаллитов ПКМ, полученных по ИТ, по сравнению с традиционно наполненными пластиками уменьшается. Это связано с проникновением в микроструктуру нитей мономеров, которые вызывают разупорядочивание макромолекул как в структуре самих нитей, так и в их объеме. Однако относительно небольшое разупорядочивание не оказывает значительного влияния на прочностные характеристики.

Таблица 2

Сравнительные характеристики ПКМ, полученных по ИТ и традиционному способу на УН, СН и БН

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид наполнителя  | Твердость по Бринеллю, МПа | Разрушающее напряжение при сдвиге, МПа | Разрушающее напряжение при изгибе, МПа | Модуль упругости при изгибе, ГПа | Плотность, кг/м3 | Водопоглощение при 2х часовом кипячении, % |
| БН | 420/376 | 26/22 | 635/520 | 45/37 | 20301710 | 0,21/0,33 |
| СН | 400/355 | 28/24 | 400/206 | 28/15 | 19001650 | 0,28/0,38 |
| УН | 632/596 | 23/14 | 840/600 | 56/42 | 16001350 | 0,39/0,55 |

Примечание: В числителе значения по ИТ, в знаменателе – при традиционной пропитке нитей готовой смолой.

Таблица 3

Данные рентгеноструктурного анализа

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ПКМ | Степень кристалличности, % | Размер кристаллитов, нм |
| Базальтопластик | 40 / 42 | 17,84 / 25,04 |
| Стеклопластик | 34 / 47 | 12,25 / 29,25 |
| Углепластик | 77,5 / 82 | 9,63 / 9,97 |

Примечание: В числителе значения по ИТ, в знаменателе – при традиционной пропитке нитей готовой смолой.

Подтверждением более плотной и более сшитой структуры БП, СП и УП являются данные по термостабильности образцов, изученных термогравиметрическим анализом. По увеличению коксового остатка, снижению скорости термолиза, существенно меньшей потере массы (более чем в 2 раза) вплоть до 6000С/г, значительному возрастанию энергии активации можно утверждать о более полном химическом и физическом взаимодействии функциональных групп ФФО с БН по сравнению с СН. Деструкция образцов, полученных по ИТ, смещается в область более высоких температур по сравнению с традиционно наполненными ПКМ. По возрастанию величины энергии активации изучаемые материалы образуют ряд УП>БП>СП, причем одинаково как для интеркаляционного, так и для традиционного метода формирования изучаемых ПКМ.

Учитывая, что БП и СП представляют собой интерес, для расширения области их применения (в том числе в области повышенных температур) проводили изучение токсичности выделяемых газообразных веществ на хроматографе "Кристалл" (Россия). Полученные результаты при 200С свидетельствуют, что в образцах БП и УП свободный фенол отсутствует. Обнаружено содержание фенола в СП (табл.4); однако эти значения ниже ПДК фенола (0,005мг/м3).

#### Таблица 4

#### Показатели газовой хроматографии на хроматографе "Кристалл" при 200С

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ПКМ | Время выхода, мин | Площадь пика, мВ·с | Высота пика, мВ | Концентрация фенола, мг/м3 |
| СП трад. | 3,4 | 14,663 | 0,96321 | 0,00050655 |
| СП поликонд. | 3,4 | 6,8535 | 0,26703 | 0,00032086 |

Дополнительно токсичность газов, выделяемых при высоких температурах, анализировали на хроматографе НР 5890 (США). Для этого все образцы подвергались термической обработке в муфельной печи при 5500С. Выделяющиеся газообразные соединения сорбировались и направлялись в капиллярную колонку хроматографа, где происходила их десорбция. Разделение микропримесей проводили в интервале от 50 до 2800С. Были получены хроматограммы для БП, СП и УП, сформированных по ИТ и традиционной технологии, анализ которых в области времени выхода 1-19 минут показал, что выделение свободного фенола для всех образцов происходило в течение первых 5-6 минут при нагреве термостата колонки до1200С.

Потери массы образцов после термической обработки в муфельной печи хроматографа при Т=5500С больше для ПКМ, полученных по традиционной технологии по сравнению с ИТ (табл.5), что подтверждает химическое взаимодействие функциональных групп в системе нить-ФФО, с образованием плотной структуры ПКМ, сформированных по ИТ.

По результатам исследования обнаружено, что содержание свободного фенола в образцах, сформированных по ИТ ~ в 2 раза меньше, чем в традиционно наполненных ПКМ, что объясняется более полным превращением фенола в процессе поликонденсации в трехмерную структуру в объеме образцов. Кроме того, в образцах обнаружены о-, п- замещенные фенола. Эти данные представляют интерес для расширения области возможного применения БП, СП и УП, полученных по ИТ.

Таблица 5

Потери массы образцов после термической обработки при 5500С

|  |  |
| --- | --- |
| ПКМ | Потери массы, % |
|  Базальтопластик | 24,27/65,74 |
| Стеклопластик | 29,43/79,50 |
| Углепластик | 22,38/45,53 |

Примечание: В числителе значения по ИТ, в знаменателе – при традиционной пропитке нитей готовой смолой.

## Глава 5. Модификация ПКМ, армированных БН, СН и УН

## На кафедре химической технологии СГТУ накоплен большой опыт по модификации связующего низкомолекулярными соединениями на стадии синтеза ФФО, что резко улучшает структуру и свойства сформированных ПКМ. Анализ экспериментальных данных (табл.6) свидетельствует о том, что прочностные и физико-химические свойства модифицированных ПКМ, сформированных по ИТ, превышают аналогичные свойства немодифицированных образцов. Это связано с улучшением подвижности, гибкости и текучести образующихся макромолекул ФФО и лучшей их ориентации по рельефу поверхности и, как следствие, формирование более плотной структуры ПКМ.

Таблица 6

Изменение физико-химических и механических свойств УП, СП и БП при модификации

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ПКМ | Твердость по Бринеллю, МПа | % увеличения модифицированных ПКМ | Разрушающее напряжение при сдвиге, МПа | % увеличения модифицированных ПКМ | Разрушающее напряжение при изгибе, МПа | % увеличения модифицированных ПКМ | Водопоглощение, % | % уменьшения модифицированных ПКМ |
| УП | 632650 | 3,0 | 2325 | 8,7 | 840870 | 3,6 | 0,390,33 | 15,4 |
| СП | 400419 | 4,7 | 2830 | 7,1 | 400433 | 8,2 | 0,240,18 | 25 |
| БП | 420444 | 5,7 | 2633 | 26,9 | 635720 | 13,4 | 0,200,13 | 35 |

Примечание: В числителе значения для немодифицированных ПКМ, в знаменателе – для модифицированных.

Для БП в качестве модифицирующих добавок применялись лапрол, поливинилбутираль и капролактам. Наиболее эффективной модифицирующей добавкой является лапрол (табл. 7). По данным термогравиметрического анализа определено, что лапрол тормозит деструкцию модифицированных БП за счет формирования более плотной структуры и, следовательно, большей термостойкости. В то же время для БП, модифицированных поливинилбутиралем и капролактамом, термостойкость остается на уровне немодифицированного БП.

Таблица 7

Сравнительные характеристики модифицированных базальтопластиков

| Модифицирующая добавка | Твердость по Бринеллю, МПа | Разрушающее напряжение при сдвиге, МПа | Разрушающее напряжение при изгибе, МПа |
| --- | --- | --- | --- |
| Без модификации | 420 | 26 | 635 |
| Лапрол | 444 | 33 | 720 |
| Капролактам | 440 | 30 | 680 |
| Поливинилбутираль | 432 | 31 | 690 |

## Таким образом, полученные результаты доказывают перспективность и целесообразность применения модификации связующего на стадии синтеза для повышения физико-химических и механических характеристик БП, СП и УП.

## Одним из путей направленного регулирования свойств ПКМ является использование гибридных волокнистых наполнителей. Представляет интерес сочетание широко распространенных СН с УН, что может обеспечить повышение физико-механических показателей гибридного ПКМ и придать материалу специфические свойства. Полученные экспериментальные данные (табл.8) свидетельствуют о том, что применение гибридных наполнителей позволяет достигнуть эффекта синергизма и формировать ПКМ с необходимым комплексом свойств в соответствии с их функциональным назначением путем варьирования соотношения УН:СН. В пользу гибридных наполнителей свидетельствует и то, что стоимость ПКМ резко сокращается по сравнению с углепластиками.

## Сравнительный анализ полученных БП, СП и УП с наиболее часто применяемыми ПКМ на основе БН, СН и УН, выпускаемыми в промышленном масштабе, показал (табл. 9), что разработанные БП, СП и УП не уступают, а по σ i и Εi значительно превосходят известные аналоги.

Таблица 8

Сравнительные характеристики ПКМ с гибридными наполнителями

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Состав наполнителя | Твердость по Бринеллю, МПа | Разрушающее напряжение при изгибе, МПа | Водопоглощение при двухчасовом кипячении, % |
| СНСН + 1 слой УНСН + 2 слоя УНСН + 3 слоя УНУН | 400432447469632 | 400435508542840 | 0,280,290,320,340,39 |

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

* Впервые разработана принципиально новая технология БП, СП и УП, базирующаяся на интеркаляции мономеров в пористую структуру базальтовых, стеклянных и углеродных нитей с формированием при дальнейшем синтезе и отверждении тонких полиструктур сетчатого полимера в порах, дефектах и на поверхности нитей, что обеспечивает однородность и повышенные свойства получаемым ПКМ. Так, БП, СП и УП, сформированные по интеркаляционной технологии, характеризуются по сравнению с аналогами, полученными по традиционной технологии, более высокими механическими и физико-химическими характеристиками: σi на 11-57%, Εi на 47%.
* Определены научные основы интеркаляционной технологии БП, СП и УП. Доказано, что увеличивается адсорбция мономеров, ускоряется реакция синтеза ФФО и его отверждение, увеличивается степень превращения фенола, формируется более термо- и водостойкая структура ПКМ.
* Определены сорбционные характеристики пористой структуры БН, СН и УН. Применение теории объемного заполнения микропор для описания адсорбционных равновесий в системе нить-фенол-раство-ритель позволило описать процессы адсорбции при различных температурах на БН, СН и УН и рассчитать параметры пористой структуры этих нитей, используя основное уравнение этой теории. По величине пор, предельно адсорбируемым объемам, характеристической энергии изучаемые нити образуют ряд УН > БН > СН.
* Установлена взаимосвязь структуры и свойств БП, СП и УП, сформированных по интеркаляционной технологии. Методами РЭМ и СТМ подтверждено формирование тонких полимерных прослоек между нитями и их ориентация по рельефу поверхности.
* Установлено, что гибридизацией армирующей волокнистой системы (СН + 1-3 слоев УН) расширяется ассортимент ПКМ со специфическими свойствами и снижается их стоимость.
* Доказано, что наиболее эффективной модифицирующей добавкой в производстве БП является лапрол, вводимый в количестве 4% в смесь мономеров.

Основные положения и результаты диссертационной работы изложены в следующих публикациях:

1. Артеменко С.Е. Альтернативная технология получения углеродного композита / С.Е.Артеменко, Л.Г.Глухова, Н.И.Загоруйко, Ю.А.Кадыкова // Химические волокна. - 2002. - №5. - С.35-37.

2. Кадыкова Ю.А. Полимерные композиционные материалы на основе волокон различной химической природы / Ю.А.Кадыкова, А.Н.Ле-онтьев, О.Г.Васильева, С.Е.Артеменко // Строительные материалы, оборудование, технологии ХХI века. - 2002. - №6. - С.10-11.

1. Кадыкова Ю.А. Влияние сорбционных характеристик неорганических волокон на свойства полимерных композиционных материалов / Ю.А.Кадыкова, И.С.Родзивилова, С.Е.Артеменко, А.Н.Леонтьев // Строительные материалы, оборудование, технологии ХХI века. - 2002. - №11. - С.42-43.
2. Артеменко С.Е. Будущее за базальтовыми волокнами и композиционными материалами на их основе / С.Е.Артеменко, О.Г.Васильева, Ю.А.Кадыкова, А.Н.Леонтьев // Стеклопрогресс-ХХI: Доклады первой Междунар. конф. - Саратов, 2002. - С.196-199.

5. Артеменко С.Е. Влияние поверхности углеродных волокон на структурообразование в композиционном материале поликонденсационного способа получения / С.Е.Артеменко, Л.Г.Глухова, Ю.А.Кадыкова, Н.И.Загоруйко // Химволокна-2000: Докл. Междунар. конф. по химическим волокнам, Тверь, 16-19 мая 2000г. - Тверь, 2000. - Т. 2, С. 561-564.

6. Кадыкова Ю.А. Гибридные композиционные материалы / Ю.А.Кадыкова, О.Г.Васильева, С.Е.Артеменко // Композит–2001: Докл. Междунар. конф., Саратов, 3–5 июля 2001г. - Саратов, 2001. - С. 84 - 87.

Научные консультации по применению стекло- и базальтопластиков осуществлялись к.т.н., доцентом Васильевой О.Г.

КАДЫКОВА Юлия Александровна

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНТЕРКАЛЯЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ БАЗАЛЬТО-, СТЕКЛО- И УГЛЕПЛАСТИКОВ

Автореферат

Корректор Л.А.Скворцова

Лицензия ИД № 06268 от 14.11.01

Подписано в печать Формат 60х84 1/16

Бум. тип. Усл. печ. л. 1,0 Уч.-изд. л. 1,0

Тираж 100 экз. Заказ Бесплатно

Саратовский государственный технический университет

410054, Саратов, ул. Политехническая, 77

Копипринтер СГТУ, 410054, Саратов, ул. Политехническая, 77.