



НАУКА И ИННОВАЦИИ
управляющая компания
ПРЕДПРИЯТИЕ ГОСКОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ»



РЕФЕРАТИВНЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

научно-технической и

патентной информации по

УГЛЕРОДНЫМ МАТЕРИАЛАМ

№ 6 – 2020



Москва, АО «НИИграфит»

РЕФЕРАТИВНЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ
научно-технической и патентной информации по
УГЛЕРОДНЫМ МАТЕРИАЛАМ
№ 6 – 2020



Составитель и редактор –
Зам. начальника
Управления продаж,
маркетинга и
коммуникаций –
Шушкова
Ирина Васильевна

ishishkova@niigrafit.org

Раздел «Патенты»

Главный специалист
Группы защиты активов
Шульгина
Людмила Николаевна
lshulgina@niigrafit.org



Перевод –
Шушков
Игорь Викторович

Адрес: 111524, Москва, ул. Электродная, д.2. НИИГрафит
Тел. (495) 278-00-08, доб.21-97

Основан в 1966 г. Выходит 12 раз в год



Содержание №6 – 2020

| | |
|---|-----------|
| 1. Волокна и композиты | 4 |
| 1.1. Углеродные волокна и композиты | 4 |
| 1.2. Целлюлоза, вискоза. УМ в медицине..... | 9 |
| 1.3. Композиты в строительстве. Базальт..... | 12 |
| 2. Атомная и альтернативная энергетика | 14 |
| 3. Наноматериалы, фуллерены, графен | 16 |
| 4. Методы исследования. Сырье..... | 19 |
| 5. Полимеры. Алмазы. Другие виды углеродных материалов | 22 |
| 6. Обзор рынков и производства | 26 |
| 7. Научно-популярные материалы, сообщения..... | 26 |



1. ВОЛОКНА И КОМПОЗИТЫ

1.1. УГЛЕРОДНЫЕ ВОЛОКНА И КОМПОЗИТЫ

1.1.1. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПЛАСТИНЫ ИЗ СТАЛИ И ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА

Лалин В.В., Шегай Р.А. // Материалы научной конференции с международным участием Неделя науки СПбПУ. – 2019. – С.141-144

Структура композитных материалов состоит из матрицы и армирующих элементов, взаимодействие которых определяют свойства самого материала. Задача армирующего элемента – воспринимать внешние усилия. Матрица служит для передачи усилий между армирующими элементами, а также защищает изделие от суровых условий окружающей среды таких, как высокая температура или влажность. Углеродные волокна рассматриваются как наиболее перспективные среди волокнистых материалов, так как обладают высоким модулем упругости и высокой прочностью – до 30 раз больше, чем у конструкционных сталей, высокой удельной устойчивостью к воздействию высоких температур, хорошей работоспособностью в условиях вибрации, высокой усталостной прочностью. Несмотря на то, что стоимость таких материалов крайне высока, в будущем развитие доступности полимерных композитных материалов может оказать сильное влияние на выбор конструкционных материалов.

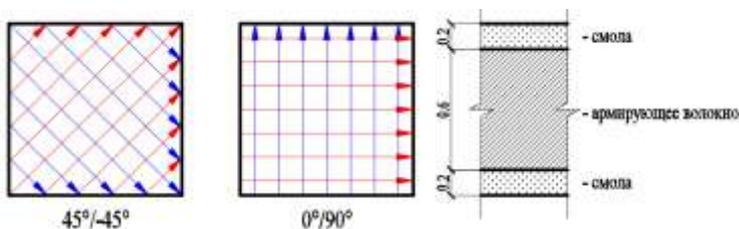


Рис. *Расположение волокон для разных вариантов расчетной модели (слева); сечение слоя композита (справа)*

1.1.2. ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ С МНОГОСЛОЙНОЙ СТРУКТУРОЙ (ОБЗОР)

Сорокин О.Ю., Кузнецов Б.Ю., Лунегова Ю.В. // Труды ВИАМ. – 2020. - №4-5. – С.42-53

Рассмотрены различные конструкционные высокотемпературные материалы с рабочей температурой не менее 1200°C, их основные свойства, методы получения, возможности применения в конструкции газотурбинного двигателя. Показано, что к перспективным материалам следует отнести композиционные материалы с многослойной структурой типа «керамика/углеродный материал», «керамика/керамика» и «керамика/металл». Заметное влияние на прочностные свойства оказывают толщина слоев с высоким и низким модулями упругости, их отношение и взаимное расположение. Данные материалы характеризуются квазипластичным характером разрушения и более высокой трещиностойкостью по сравнению с дисперсно-упрочненными композиционными материалами.



Рис. *Камера сгорания, изготовленная из SiC-материала с*

многослойной структурой

1.1.3. РАЗРУШЕНИЕ ВОЛОКНИСТЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ СИСТЕМЫ *Ti-SiC* ПРИ ЦИКЛИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ (ОБЗОР)

Серпова В.М., Курбаткина Е.И. // Труды ВИАМ. – 2020. - №4-5. – С.108-118

Представлены особенности разрушения волокнистых металлических композиционных материалов (МКМ) системы *Ti-SiC* в условиях действия циклических нагрузок по результатам обзора зарубежной научно-технической литературы. Рассмотрены основные факторы, влияющие на характер разрушения и усталостную долговечность волокнистых МКМ системы *Ti-SiC* при циклических нагрузках с разными коэффициентами асимметрии. Приведены стадии разрушения рассматриваемых МКМ при действии механической и термомеханической усталости. В заключении обзора сделаны выводы и показано, что для достижения высоких эксплуатационных характеристик деталей из МКМ системы *Ti-SiC* необходимо учитывать структурные особенности материала.

1.1.4. ДЕГРАДАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ И ВЛАГОПЕРЕНОС В УГЛЕПЛАСТИКЕ ВКУ-38ТР ПРИ ТЕПЛОВОМ СТАРЕНИИ

Старцев В.О., Валева Е.О. // XII Всероссийская конференция по испытаниям и исследованиям свойств материалов "ТестМат" по тематике "Современные аспекты в области исследований структурно-фазовых превращений при создании материалов нового поколения. - 2020. – С.364-379

Методами термогравиметрии, анализа 3D изображений рельефа поверхности и кинетики влагопереноса проведено исследование механизма теплового старения и физико-химических превращений при действии повышенных температур в углепластике ВКУ-38ТР. Доказано, что поверхностный слой углепластика за 200 часов теплового старения при 330°C разрушает в большей степени, чем за 1000 часов выдержки при 300°C. Высота рельефа поверхности возрастает от 1,2 мкм до 2,2 мкм и 7,3 мкм, соответственно. Термоокислительная деструкция поверхности углепластика ВКУ-38ТР является доминирующей причиной уменьшения его пределов прочности при статическом изгибе и межслойном сдвиге.

1.1.5. УГЛЕПЛАСТИКИ НА ОСНОВЕ БЕНЗОКСАЗИНОВЫХ ОЛИГОМЕРОВ - ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Каблов Е.Н., Валуева М.И., Зеленина И.В. // Труды ВИАМ. – 2020. - №1 (85). – С.68-77

Приводятся результаты исследований препрегов и углепластиков, при изготовлении которых в качестве связующих использованы олигомерные бензоксазины с различным соотношением моно- и диаминов в системе - класс полимерных смол, сочетающих лучшие свойства эпоксидных и фенолформальдегидных смол. Исследованы реакционная активность препрегов, в том числе после длительного хранения, и свойства углепластиков. Увеличение количества диамина позволяет увеличить температуру стеклования со 151 до 220°C, что приводит к увеличению теплостойкости материала. Углепластики на основе олигомерных бензоксазинов обладают достаточно высоким уровнем прочностных свойств и сохраняют не менее 80% механических свойств при повышенных температурах испытаний, имеют низкое водо- и влагопоглощение, устойчивы к воздействию влаги.

1.1.6. ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ДИСИЛИЦИДА МОЛИБДЕНА НА УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛАХ МОЛИБДЕНИРОВАНИЕМ И ПАРОФАЗНЫМ СИЛИЦИРОВАНИЕМ

А. Ф. Ильющенко, Ж. А. Витко, Л. Н. Дьячкова // Конференция: Порошковая металлургия: инженерия поверхности, новые порошковые композиционные материалы. Сварка. – 2019. – С.190-210

Характерными особенностями работы наиболее теплонагруженных элементов конструкций современной техники являются нестационарность одновременного воздействия на их поверхность механических нагрузок и высокотемпературных высокоэнтальпийных потоков. Современные рабочие среды отличаются большой агрессивностью из-за высокой степени их диссоциации и наличия зон с повышенными градиентами скоростей и давлений газового потока. Поэтому важнейшим направлением повышения технических и эксплуатационных характеристик многих изделий современной техники является увеличение рабочих температур теплонагруженных деталей и узлов при сохранении или улучшении физико-механических, а также специальных свойств конструкционных материалов, из которых они изготавливаются

1.1.7. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН

Шайдурова Г.И., Гатина Е.Р., Шевяков Я.С. // Бюллетень науки и практики. – 2020. – Т.6, №3. – С.39-43

В статье отражены результаты исследований по возможности применения вторичного угольного волокна, извлеченного из объема отработанного полимерного композиционного материала методом высокотемпературного пиролиза, для армирования древесно-стружечных плит. В ходе работы были проведены исследования физико-механических характеристик армированных плит, которые показали значительный прирост показателей. Полученные результаты позволяют оценить возможность перспективного применения вторичных волокон, что обеспечит решение проблемы завершения жизненного цикла полимерных композиционных материалов.



а)



б)

Рисунок 1. Образцы древесно-стружечных плит: а) без армирования вторичным волокном, б) с армированием вторичным волокном.

1.1.8. ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПОВЕРХНОСТИ НА КИНЕТИКУ ПРОЦЕССА ХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ ИЗ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ В УСЛОВИЯХ ПОРИСТОЙ СРЕДЫ

Н.В. Ларионов, В.Г. Исаев // Сборник трудов конференции «Инновационные аспекты социально-экономического развития региона». – 2019. – С.323-331

В последние годы все большее применение находят керамические композиционные материалы с матрицей карбида кремния. Добавление в структуру углерод-углеродного композиционного материала тугоплавкого компонента карбида кремния позволяет значительно повысить эрозионную стойкость материала по сравнению с углерод-углеродной матрицей. Одним из распространенных способов получения матрицы является осаждение карбида кремния из газовой фазы монометилсилана в пористую подложку из углерод-углерода. Однако различия в пористой структуре исходных заготовок усложняет проведение качественного процесса насыщения.

1.1.9. ГИБРИДНЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ АВИАЦИИ НА ОСНОВЕ ВОЛОКНИСТЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ (ОБЗОР)

Колпачков Е. Д.1, Курносое А. О.1, Петрова А. П. // Вопросы материаловедения. –2020. - Т.101, №1. - С.126-138

Рассмотрены основные критерии классификации гибридных полимерных композиционных материалов на основе волокнистых наполнителей. Проанализированы их отличительные особенности, приведены примеры создания гибридных ПКМ, рассмотрен опыт ФГУП «ВИАМ» в создании гибридных ПКМ.

1.1.10. ВЛИЯНИЕ РАЗБРОСА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УГЛЕПЛАСТИКА НА ТЕМПЕРАТУРНУЮ ФОРМОСТАБИЛЬНОСТЬ ПАНЕЛИ ГЛАВНОГО ЗЕРКАЛА КОСМИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ "МИЛЛИМЕТРОН"

Филина Е.К., Голубев Е.С., Смирнов А.В. // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2019. – Т.25, №4. – С.509-521

Высокомодульный углепластик является одним из наиболее широко используемых материалов для изготовления прецизионных размеростабильных элементов конструкций космических телескопов. В частности, он применяется при создании панелей главного зеркала космической обсерватории «Миллиметрон». Для обеспечения уникальных характеристик телескопа обсерватории к точности отражающей поверхности панелей, а также к их температурной формостабильности в условиях работы при сверхнизких температурах (до 4,5 К) предъявляются очень высокие требования. Удовлетворить данные требования представляется возможным благодаря тому, что выбранный высокомодульный углепластик характеризуется сочетанием низкого коэффициента линейного термического расширения с высокой удельной жесткостью и низкой плотностью. Однако несмотря на уникальные физико-механические и теплофизические свойства материала, существует ряд факторов, связанных как с его природой, так и с технологическими особенностями, которые могут значительно ухудшить точность отражающей поверхности и температурную формостабильность панелей главного зеркала.

1.1.11. СОРБЦИЯ ВОДЫ УГЛЕРОДНЫМИ ВОЛОКНАМИ

Чалых А.Е., Петрова Т.Ф., Антипов Ю.В. // Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2020. – Т.56, №1. – С.23-32

Методом комбинационного рассеяния определена степень кристалличности углеродных волокон (УВ) разных производителей. Предложена градиентная модель строения УВ типа “ядро–оболочка”. Методом электронно-зондового рентгеноспектрального анализа определен элементный состав УВ. Установлено, что в УВ присутствуют кислородсодержащие группы, концентрация которых изменяется от 2 до 4 мас. %. Методами атомно-силовой зондовой микроскопии и просвечивающей электронной микроскопии идентифицирована фибриллярная структура оболочки УВ. Определены продольные и поперечные размеры фибрилл. Методом низкотемпературной сорбции азота определена удельная поверхность, пористость и размеры пор УВ. Получены изотермы сорбции паров воды УВ в интервале влажности от 10 до 95 мас. %. Показано, что для всех исследованных образцов изотермы сорбции могут быть аппроксимированы с помощью уравнения Дубинина-Радушкевича. Сорбционная емкость паров воды УВ существенно превышает сорбционную емкость азота, что связано с наличием кислородсодержащих функциональных групп.

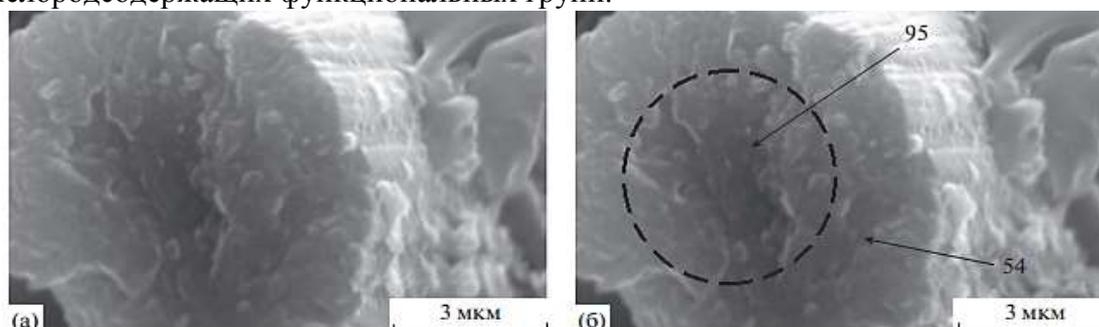


Рис. 2. Внутренняя структура УВ УКН-М-6К. Распределение степени кристалличности (б) между ядром (95%) и оболочкой (54%) углеродного волокна.

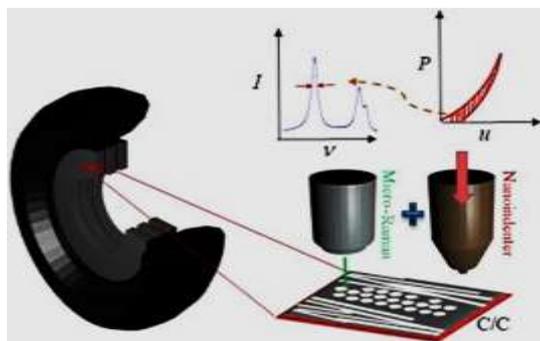
1.1.12. ВЛИЯНИЕ КАУЧУКА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ И УГЛЕПЛАСТИКА (ОБЗОР)

Мейирбеков М.Н., Исмаилов М.Б. // Комплексное использование минерального сырья. – 2020. - №1. – С.11-21

В работе представлены литературные данные по влиянию эластомеров-каучуков на прочностные свойства эпоксидной смолы (ЭС) и углепластика. Введение 10% каучуков в ЭС ЭД-20 приводит к повышению прочности при сжатии на 50%, прочности при растяжении на 51%, ударной вязкости на 133% и относительное удлинение на 128%. Оптимальное содержание каучука с карбоксильными группами для смеси OLDEN составило 10-12,5%, при этом увеличение прочности на сжатии составило 48%, ударной вязкости - 73% и относительного удлинения - 187%. Для смолы DER 331 исследование проводилось с двумя отвердителями Piperidine и ДЭТА. Лучшие результаты для отвердителя Piperidine получены на каучуке с гидроксильными группами, при его оптимальном содержании 2,5 %, ударная вязкость возросла на 170%. Для отвердителя ДЭТА лучшие результаты получены на каучуке с карбоксильными группами при его оптимальном содержании 10%, повышение ударной вязкости составил 66%. При модификации углепластика каучуками приводит к существенному увеличению предела текучести при растяжении на 42%, модуля упругости при изгибе на 63%, и при незначительной потере ударной вязкости.

1.1.13. ИНТЕРФЕЙСНАЯ ГРАФИТАЦИЯ УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИТОВ МЕТОДОМ НАНОИНДЕНТИРОВАНИЯ

Interface graphitization of carbon-carbon composites by nanoindentation / Ahmed Sameer, Khan Mohammed, Huseyin Sehitoglu // Carbon. – 2019. – Vol.150. – September. – P.425-435



В данной работе изучается механическое поведение углерод-углеродных композитов с использованием nanoindentation при небольшой нагрузке. Вдавливания выполняются с использованием плоских штамповочных наконечников и наконечников Берковича перпендикулярно к поперечному сечению одиночной волоконно-матричной нити. Систематический набор испытаний проводится с использованием нескольких нагрузок для критической оценки поведения нагрузки и необратимости нагрузки-разгрузки на уровне филаментов. Реакция на плоское вдавливание четко показывает неустраняемые смещения и потерю энергии, накапливающуюся за несколько циклов. Это сравнивается с характеристикой вдавливания монокристаллического алюминия, где поведение разгрузки-перезагрузки является линейно-упругим. Механический тест сочетается с рамановской микроспектроскопией для корреляции рассеивания энергии со структурными изменениями в углеродных составляющих. Три микроструктурно отличных области определяются с помощью Рамановского микрозонда. Спектры первого порядка отслеживались близко к границе раздела, показывая уменьшение ширины дефектного пика. (Ш.)

1.2. ЦЕЛЛЮЛОЗА, ВИСКОЗА. УМ В МЕДИЦИНЕ

1.2.1. РЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ВОДНЫХ СУСПЕНЗИЙ НАНОЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Атаханов А.А., Холмунинов А.А., Мамадиёров Б.Н. // Высокомолекулярные соединения. Серия А. – 2020. – Т.62, №3. – С.189-194

Сопоставлены реологические свойства водных суспензий частиц наноцеллюлозы сферической и игольчатой форм в диапазоне 25-70°C. Образцы наноцеллюлозы получены путем кислотного гидролиза волокон хлопковой целлюлозы в H_2SO_4 (6-65%) при 25-5°C. Форма частиц наноцеллюлозы влияет на предел текучести и неньютоновский характер течения суспензий. В области напряжения сдвига более 100 Па происходит снижение эффективной вязкости, зависящее от формы частиц и температуры суспензии. Энергия активации вязкого течения суспензий сферических частиц в области скорости сдвига, близкой к пределу текучести, составляет 12 кДж/моль, игольчатых частиц – 18 кДж/моль. Особенности реологических свойств обусловлены тем, что сферические частицы участвуют преимущественно во вращательно-поступательном движении, а игольчатые частицы ориентируются по направлению потока.

1.2.2. КАРБОНИЗОВАННЫЙ УГЛЕРОДНЫЙ ПОРИСТЫЙ СОРБЕНТ С БАКТЕРИЦИДНЫМ ЗАЖИВЛЯЮЩИМ СВОЙСТВОМ

Амзеева У.М., Акназаров С.Х., Головченко О.Ю. // Новости науки Казахстана. – 2019. - №3 (141). – С.33-43

В последние десятилетие при лечении гнойных ран большие перспективы связывают с использованием различного рода медицинских сорбентов, местное применение которых привело к развитию целого направления - сорбционно-аппликационной терапии. При этом во внимание берутся сорбенты, которые оказывают активное воздействие на рану, либо за счет избирательной сорбции микрофлоры, либо за счет обеспечения активного оттока раневого отделяемого. К числу таких специфических сорбентов, относится ряд полимерных и неорганических материалов, в том числе, углеродные материалы различной структуры и формы. На сегодняшний день наноструктурированный углеродный материал используется в качестве основного компонента раневой адсорбирующей повязки. В работе представлены результаты измерений сорбционной способности и адгезивные свойства углеродных перевязочных материалов.

1.2.3. НОВЫЕ ПОЛИМЕРНО-ВОЛОКНИСТЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ С ИММОБИЛИЗОВАННЫМ АНТИСЕПТИКОМ КАТАПОЛОМ

Караваева А. В., Дубкова В. И., Панарин Е. Ф. // Полимерные материалы и технологии – 2020. – Т.6, №1. – С.54-65

Разработаны новые полимерно-волокнистые композиционные материалы на основе фосфорсодержащих целлюлозных и фосфоруглеродных волокон с привитым к их поверхностям антисептиком Катапол, обеспечивающим пролонгированное антимикробное действие, что предопределяет возможность их использования в качестве длительно действующих микродозаторов антибактериального препарата. Разработаны высокоэффективные антимикробные полимерно-волокнистые композиционные материалы с использованием в качестве матрицы подложки промышленно выпускаемого углеродного войлока «Карбопон-22», активированного войлока «Карбопон-Актив» и нетканого полотна «АкваСпан». Показано, что все разработанные составы полимерно-волокнистых композиционных материалов характеризуются ярко выраженными антибактериальными свойствами в отношении грамположительных бактерий *Staphylococcus aureus* ATCC 209P, *Staphylococcus aureus* 6538, *Bacillus subtilis* 168 и грамотрицательных бактерий *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* PAO1. Разработанные новые антисептические полимерные композиционные материалы широкого спектра антимикробного действия могут найти применение в медицинской практике при борьбе с гнойной инфекцией.

1.2.4. ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗЦОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭФИРИМИДА И ЕГО НАНОКОМПОЗИТОВ ДЛЯ БИМЕДИЦИНСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ТРЕХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ

Поляков И. В., Ваганов Г. В., Юдин В. Е. // Высокмолекулярные соединения. Серия А. – 2020. – Т.62, №4. – С.250-255

Исследованы наномодифицированные полиэфиримидные образцы, полученные методом послойного наплавления с использованием экспериментальной установки для трехмерной

печати высокотермостойких пластиков. Изучены их структура и термические свойства с помощью методов пикнометрического анализа, сканирующей электронной микроскопии, дифференциальной сканирующей калориметрии, термогравиметрического и дилатометрического анализов. Установлено, что при модификации полиэфиримида углеродными нановолокнами значительно снижается пористость напечатанных образцов.

1.2.5. ОДНОСТАДИЙНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ СИНТЕЗИРОВАННЫЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ НАНОКОМПОЗИТЫ СЕРЕБРО-ГРАФЕНОКСИД / ПОЛИ (ВИНИЛОВЫЙ СПИРТ)

One-step eco-friendly synthesized silver-graphene oxide/poly(vinyl alcohol) antibacterial nanocomposites / Mónica Cobos, Iker De-La-Pinta, Guillermo Quindós // Carbon. – 2019. – Vol.150. – September. – P.101-116

В связи с ростом распространения патогенных микроорганизмов, резистентных к антибиотикам, разработка антимикробных материалов стала стратегией контроля бактериальной активности и передачи. В данной работе нанокomпозиты поли(виниловый спирт)/ наночастицы серебра-оксид графена (*PVA/AgNPs-GO*) были синтезированы одностадийным способом с l-аскорбиновой кислотой в качестве экологически чистого восстановителя из смеси *AgNO₃*, *GO* и *PVA* водных растворов. Нанокomпозиты *PVA/GO* также были подготовлены для сравнения. Структура, морфология, термические, механические, антибактериальные свойства и водостойкость образцов были исследованы в зависимости от содержания *GO* и серебряного прекурсора. Листы *GO*, декорированные сферическими *AgNP*, были равномерно распределены в полимерной матрице. Диапазон размеров большинства *AgNP* был ниже 10 нм. Нанокomпозиты демонстрировали более высокие температуры стеклования и кристаллизации. Термостойкость, механические и водостойкие свойства *PVA* улучшались при включении *GO*, и это было более заметно в присутствии *AgNPs-GO*.

1.2.6. МЕХАНИЗМ ЭВОЛЮЦИИ СТРУКТУРЫ ВЫСОКОУПОРЯДОЧЕННОГО ГРАФИТА ПРИ КАРБОНИЗАЦИИ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ НАНОКРИСТАЛЛОВ

Structure evolution mechanism of highly ordered graphite during carbonization of cellulose nanocrystals / Youngho Eom, Sung Min Son, Yea Eun Kim // Carbon. – 2019. – Vol.150. – September. – P.142-152

Микроструктурная эволюция высокоупорядоченного графита при высокотемпературной карбонизации нанокристаллов целлюлозы (НКЦ) прослеживалась в интервале температур 1000-2500°C. Интересно отметить, что прямая карбонизация НКЦ в инертной среде приводила к нерегулярной морфологии из-за молекулярного синтеза, тогда как окисление при температуре 250°C на воздухе и последующая карбонизация сохраняли первичную игольчатую структуру НКЦ во время карбонизации. Различные способы определения свойств, такие как просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения (ПЭМВР), спектроскопия комбинационного рассеяния и рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФС), показали, что карбонизация НКЦ претерпевает три отличительные стадии структурных изменений в зависимости от температуры карбонизации: (1) образование турбо-стратифицированной графитовой структуры при температуре ниже 1500°C (1-я ступень), (2) фазовое превращение в поликристаллический графит между 1500 и 2000°C (2-я ступень) и (3) гомогенизация в плоскости с высокоупорядоченным графитом при температуре выше 2000°C (3-я ступень).

1.3. КОМПОЗИТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ. БАЗАЛЬТ

1.3.1. МЕХАНИЗМ РЕГУЛИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ, ФОРМИРУЕМЫХ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИЙ ИЗ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ ПОРОШКОВ И БАЗАЛЬТОВЫХ ВОЛОКОН

С. М. Азаров, Е. Е. Петюшик, А. А. Дробыш // Конференция: Порошковая металлургия: инженерия поверхности, новые порошковые композиционные материалы. Сварка. – 2019. – С.388-402

Как известно, армирование керамических материалов волокнами позволяет получать высокопрочные композиты. Армирование керамики дисперсными волокнами приводит к новым материалам с повышенной стойкостью, устойчивостью относительно тепловых ударов, с повышенной теплопроводностью [1]. Предположительно, армирование пористой алюмосиликатной керамики керамическими волокнами к указанным выше преимуществам добавит и увеличение коэффициента проницаемости. Однако ассортимент волокон, пригодных для армирования керамики, ограничен свойствами исходного материала. При производстве базальтовых волокон в качестве сырья используются горные породы, химический состав которых близок по составу к алюмосиликатным порошкам. Следовательно, такие характеристики, как коэффициент термического расширения, температуры плавления и спекания алюмосиликатных материалов и базальтового волокна будут близки. Поэтому спекание композиции «алюмосиликатный порошок – базальтовое волокно» будет происходить с участием жидкой фазы. Таким образом, могут создаваться пористые материалы, характеризующиеся композиционной структурой, на основе порошков и волокнистой матрицы – композиционные пористые материалы (КПМ).

1.3.2. ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ БАЗАЛЬТОВОГО И УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ НАМОТКИ

А. Ф. Ильющенко, О. А. Прохоров, Н. В. Кривуленко // Конференция: Порошковая металлургия: инженерия поверхности, новые порошковые композиционные материалы. Сварка. – 2019. – С.485-492

В настоящее время в промышленности (авиастроение, машиностроение и т. д.) отмечается тенденция к переходу от применения классических конструкционных материалов, таких как сталь, алюминий и различные сплавы, к использованию композиционных материалов (КМ). Особое место среди методов изготовления КМ занимает метод намотки, широко используемый для формирования оболочечных конструкций, прежде всего в форме тел вращения, применяемых в самых различных отраслях промышленности. Особенность этого метода заключается в том, что он позволяет укладывать волокна армирующего материала в строго заданном направлении, что обуславливает достижение КМ максимально возможных механических свойств. Быстрые темпы развития данной технологии позволили создать высоконагруженные изделия, работающие под внутренним давлением. Эффективность применения КМ для таких изделий в настоящее время является неоспоримым фактом. Особенно широкое применение нашли сосуды высокого давления [1]. Баллоны, изготовленные методом намотки, являются типовыми узлами пневмогидравлической системы двигательных установок ракетной и космической техники. Объем таких изделий варьируется в диапазоне от единиц до сотен литров, а выдерживаемое давление – от 20 до 30 МПа

1.3.3. ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ РЕМОНТЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

Зуев А.В., Шутова О.А. // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2020. – Т.2, С.193-108

Усиление строительных конструкций композиционными материалами в связи с реконструкцией и расширением производства является весьма актуальным, так как в условиях стесненности отсутствует возможность выполнить работы по усилению более распространенными способами, такими как увеличение сечения конструкций путем бетонирования либо устройство стальной обоймы. Поэтому использование композитных материалов в качестве внешнего армирования имеет высокую значимость в решении нестандартных задач для усиления железобетонных конструкций. Рассматривается метод нанесения углеродного холста на железобетонные балки «мокрым» способом, с описанием технологии монтажных работ по устройству внешнего армирования из композитного материала. Обоснована возможность увеличения несущей способности железобетонной балки путем монтажа элементов внешнего армирования из углеродного холста.

1.3.4. ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ФИБРОЦЕМЕНТНЫХ ПАНЕЛЕЙ ПРИ ДЕЙСТВИИ РАВНОМЕРНО РАСПРЕДЕЛЕННОЙ НАГРУЗКИ

Егоров Д.В., Галямичев А.В. // Материалы научной конференции с международным участием Неделя науки СПбПУ. – 2019. – С.91-93

На сегодняшний день навесные фасадные системы (НФС) широко используются при строительстве и реконструкции зданий и сооружений различного назначения и высотности. Одним из материалов, применяемых в качестве облицовки НФС, являются фиброцементные панели. Фиброцементная панель – это плоская прямоугольная плита, изготовленная из целлюлозных волокон, минеральных заполнителей и цемента, с ровной или рельефной лицевой поверхностью, на которую нанесено защитно-декоративное полимерное покрытие.

1.3.5. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПРИМЕРЕ ТЕКСТОЛИТОВ

Лукачевская И.Г., Лебедев М.П., Кычкин А.К. // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2019. – Т.1, №4. – С.69-73

В строительстве проявляется повышенный интерес к использованию базальтовых волокон как альтернативы традиционным полимерным композиционным материалам на основе стеклянных, органических и углеродных волокон. В связи с этим представляет интерес новая информация, раскрывающая возможности базальтопластиков как материалов конструкционного назначения. В настоящей работе исследовано влияние типа наполнителя на физико-механические свойства базальтотекстолита и стеклотекстолита. Приводится описание композитов на основе базальтового волокна и стекловолокна, получения базальтового непрерывного волокна.

1.3.6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Петлина Е.В., Саканов К.Т. // Наука и техника Казахстана. – 2019. - №1. – С.86-93

В статье рассматриваются вопросы реконструкции зданий путём применения современных инновационных технологий, в частности композитных материалов - углеродных волокон. Приведены основные характеристики углеродных волокон. Рассматриваются результаты сравнения двух вариантов усиления конструкции: классический и с применением углеродных волокон. Приведены примеры усиления конструкции с применением стальных элементов и систем внешнего армирования. Даны результаты расчёта стоимости усиления рассматриваемых вариантов.

2. АТОМНАЯ И АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

2.1. АНАЛИЗ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УГЛЕПЛАСТИКОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ В СВЧ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ

Злобина И.В., Бекренев Н.В.// XII Всероссийская конференция по испытаниям и исследованиям свойств материалов "ТестМат" по тематике "Современные аспекты в области исследований структурно-фазовых превращений при создании материалов нового поколения. - 2020. – С.252-262

Проведены исследования эффективности влияния СВЧ электромагнитного поля на микроструктуру и прочностные характеристики углепластиков с молниезащитным покрытием. Осуществлен сравнительный анализ результативности использования различных режимов обработки. Наиболее уязвимыми детали из слоистых углекомпазитов оказываются в тех случаях, когда направление прикладываемой механической нагрузки не совпадает с направлением углеродных волокон в армирующих слоях.

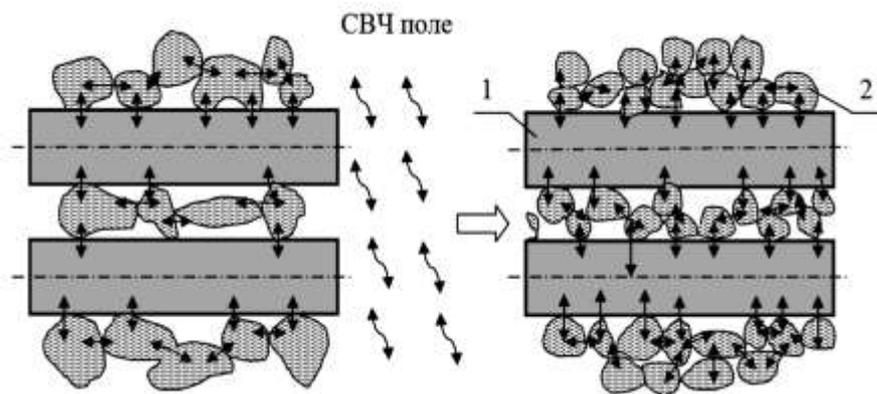


Рис. *Качественная модель изменений в структуре матрицы ПКМ под действием СВЧ электромагнитного поля. 1 – армирующее волокно; 2 – фрагмент матрицы (агломерат). Стрелками показаны физико-механические связи в контактных областях*

2.2. ФОРМИРОВАНИЕ МАТРИЦЫ КАРБИДА КРЕМНИЯ ИЗ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ МОНОМЕТИЛСИЛАНА В ПОРИСТЫХ УГЛЕРОДНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПРЕФОРМАХ В РЕАКТОРЕ С ХОЛОДНЫМИ СТЕНКАМИ

И.А. Коломийцев, А.Н. Тимофеев // Сборник трудов конференции «Инновационные аспекты социально-экономического развития региона». – 2019. – С.288-296

Проведены экспериментальные процессы формирования матрицы карбида кремния из газовой фазы монометилсилана в тонкостенных углеродных цилиндрических преформах, нагрев которой осуществляется прямым пропусканием электрического тока, в реакторе с холодными стенками за существенно меньшее время по сравнению с изотермическими процессами. Полученные образцы обладают низкой газопроницаемостью, малой остаточной открытой пористостью и плотностью, близкой к теоретической. Во всех экспериментах в качестве пористой преформы использовались переуплотнённые пиролитическим углеродом плетеные углеродные каркасы с внутренним диаметром $\varnothing 40$ мм, с толщиной стенки 4 мм, длиной 200 мм, плотностью $0,9 \text{ г/см}^3$ и открытой пористостью $37\% \pm 0,5\%$.

2.3. ВОЗДЕЙСТВИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЛАВСАНОВУЮ ТКАНЬ, ПОКРЫТУЮ УГЛЕРОДОМ

Анисович А. Г., Залесский В. Г., Маркевич М. И. // Полимерные материалы и технологии – 2020. – Т.6, №1. – С.72-77

Несмотря на большой прогресс в понимании физических процессов, которые происходят в полимерном материале в результате лазерного воздействия, практически неизученными остаются процессы формирования морфологии поверхности в двухимпульсном режиме. Особый интерес представляют работы по воздействию лазерного излучения на полимерные материалы с дополнительно нанесенными на них различными покрытиями. Теоретические модели для данного случая находятся на стадии разработки. Таким образом, актуальность изучения этих вопросов определяется как потребностями фундаментальных исследований, так и многочисленными важными практическими приложениями. Цель работы - установить особенности лазерного воздействия в режиме сдвоенных импульсов на морфологию композиционного материала лавсан-углеродное покрытие и на магниторезонансное поглощение композитом энергии СВЧ. Исследования образцов проводили методом энергодисперсионного (EDS) микроанализа, реализованного на сканирующем электронном микроскопе SEM 515, оптической микроскопии на инвертированном микроскопе МИ-1 и методом электронного парамагнитного резонанса.

2.4. ЭРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ВЫСОКОПЛОТНЫХ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ И ЛУЧИСТЫХ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ

Захаров Н.С., Корчинский Н.А. // Двойные технологии. – 2019. - №2. – С.24-30

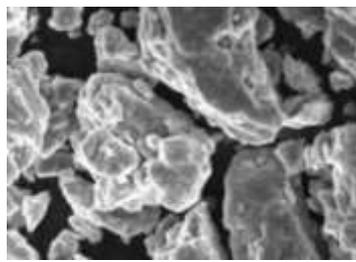
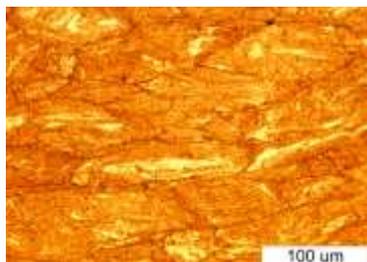
Расчетно-теоретическими методами проведены оценки эрозионной стойкости высокоплотных углеродных материалов к действию тепловых потоков высокой интенсивности. С использованием имеющихся в литературе экспериментальных данных по взаимодействию оптического излучения с углеродными материалами проведены оценки теплового действия лучистых потоков энергии на углерод-углеродные композиционные материалы.

3. НАНОМАТЕРИАЛЫ, ФУЛЛЕРЕНЫ, ГРАФЕН

3.1. АЛЮМОМАТРИЧНЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ, МОДИФИЦИРОВАННЫЙ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОСТРУКТУРАМИ, ДЛЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ И АВИАКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Евдокимов И.А., Хайруллин Р.Р., Баграмов Р.Х. // XII Всероссийская конференция по испытаниям и исследованиям свойств материалов "ТестМат" по тематике "Современные аспекты в области исследований структурно-фазовых превращений при создании материалов нового поколения. - 2020. – С.197-211

Получены и исследованы наноструктурные алюмоматричные композиционные материалы, модифицированные углеродными нанокластерами. Композиты получены методом совместной механоактивации исходных материалов, с последующей горячей экструзией порошковых смесей. Для полученных композитов исследованы структурно-фазовый состав и физико-механические свойства в зависимости от концентрации углеродных наноструктур, параметров механоактивации и экструзии. Полученные композиты демонстрируют



увеличение прочностных характеристик и стабильность структурно-фазового состава в широком интервале температур. Рис. *Исследование структуры НКМ АМг₆ + 0,3% С₆₀ а) после экструзии методом оптической микроскопии; б) после МА методом СЭМ*

3.2. ВЛИЯНИЕ ПРОКАТКИ НА МЕХАНИЗМ РАЗРУШЕНИЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИОННО-НАПОЛНЕННОГО КОМПОЗИТА ПОЛИПРОПИЛЕН–ГРАФЕНОВЫЕ ПЛАСТИНЫ

Ефимов А.В., Недорезова П.М., Баженов С.Л. // Высокмолекулярные соединения. Серия А. – 2020. – Т.62, №3. – С207-219.

Исследовано влияние прокатки на механические характеристики полипропилена, насыщенного частицами, состоящими из трех-пяти монослоев графена (степень наполнения 0.2-3.5 мас. %). Нанокompозиты получены полимеризационным наполнением, т.е. синтезом полипропиленовой матрицы на частицах, позволив более однородно распределить наполнитель по объему матрицы. Наполнение позволило увеличить модуль упругости материала. Некоторая доля частиц собиралась в агломераты, а другая – распределялись в матрице однородно. Агломераты приводили к охрупчиванию непрокатанного полипропилена уже при степени наполнения 0.2 мас. %. Прокатка подавляла хрупкое поведение композита вне зависимости от способа восстановления частиц оксида графита (химического или термического восстановления). В результате предварительной прокатки резко увеличивались удлинение при разрыве и прочность наполненного полипропилена (в зависимости от степени прокатки и содержания наполнителя удлинение при разрыве увеличивается в 50–100 раз, прочность в 1.5-2.0 раза). В исходном материале агломераты инициировали появление локальных микрзон текучести, где зарождались ромбовидные микротрещины, разрушающие композит. При степени прокатки $\Lambda = 1.25$ микрзоны не возникали, при $\Lambda = 1.9$ не наблюдалась и шейка. После прокатки до значения $\Lambda = 1.25$ исчезло порообразование при последующем растяжении.

3.3. СТАБИЛЬНЫЕ УГЛЕРОДНЫЕ СТРУКТУРЫ: ФУЛЛЕРЕН + CN + ГРАФЕН, ГДЕ CN - ЛИНЕЙНЫЙ КЛАСТЕР

Стельмах В.Г., Ядгаров И.Д. // Письма о материалах. – 2019. – Т.9, №3. – С.344-348

В данной работе методами компьютерного моделирования исследуются структуры, образованные фуллереном и графеном, которые соединены между собой либо линейным углеродным кластером с количеством атомов от 2 до 5, либо только одним атомом углерода. Для сравнения результатов также было рассмотрено простое ковалентное взаимодействие фуллерена с графеном без связывающих атомов и кластеров и были рассчитаны характеристики только нековалентного взаимодействия фуллерена с графеном. Стабильность структур фуллерен-кластер-графен определяется ковалентными связями атомов углерода, которые мы задаем в рамках потенциала Бреннера второго поколения (REBO), и нековалентным взаимодействием фуллерена с графеном, которое задаем межатомным потенциалом Леннарда-Джонса. Фуллерен в структуре фуллерен-кластер-графен хорошо закреплен к определенному месту графена благодаря ковалентным связям, и такое свойство структуры выгодно отличает от случая легко перемещающегося фуллерена по поверхности графена, если требуется жестко фиксировать фуллерен на графене.

3.4. ДЕФОРМАЦИОННОЕ ПОВЕДЕНИЕ КОМПОЗИТА ГРАФЕН-НИКЕЛЬ, ПОЛУЧЕННОГО ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Сафина Л.Р., Баимова Ю.А. // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2019. – Т.25, №4. – С.531-542

Композиты, получаемые путем комбинирования двух или более материалов, часто демонстрируют ряд уникальных свойств. В последние десятилетия большой интерес вызывают композиты на основе углеродных структур и наночастиц металлов. В данной работе методом молекулярной динамики изучено деформационное поведение композита графен-никель при температурах близких к 0 К и повышенных температурах. Моделирование проводилось с использованием простого парного межатомного потенциала Морзе. Для формирования композита на основе скотированного графена и наночастиц никеля, применялось гидростатическое сжатие при температурах от 0 до 2000 К. Чтобы оценить прочность полученного материала, к структуре прикладывалось гидростатическое растяжение. Показано, что гидростатическое сжатие при температуре близкой 0 К не приводит к образованию композита. Между соседними чешуйками графена не возникают химические связи, в следствии чего, полученный материал после растяжения возвращается в свое исходное состояние. Деформация структуры при 2000 К, способствует образованию ковалентных связей между соседними структурными элементами и происходит формирование единой композитной структуры.

3.5. ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ СНИЖЕНИЯ АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛ/УГЛЕРОДНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ И УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ПРИ ПОДГОТОВКЕ К МОДИФИКАЦИИ ИМИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Кодолов В.В., Кодолова-Чухонцева В.В., Першин Юрий Витальевич // Химическая физика и мезоскопия. – 2020. – Т.22. №1. – С.16-24

В статье приведены и обсуждены результаты изучения возможных причин уменьшения влияния углеродных нанотрубок и металл/углеродных мезоскопических композитов на жидкие среды и полимерные композиции, а также снижения положительного эффекта от наноструктур при их введении при определенных условиях в полимерные материалы. Одной из основных причин, как считают авторы, является нарушение фазовой когерентности. В статье приведены примеры изменений размеров мезочастиц и их распределения в соответствующих суспензиях в зависимости от дзета-потенциала (полярности) среды, в которой приготовлена суспензия. Предложена методика оценки изменения поляризуемости сред по изменениям интенсивностей пиков в ИК-спектров суспензий мезочастиц. Отмечено нарушение характера изменения поляризуемости сред по интенсивности пиков полярных групп в зависимости от количества мезочастиц в суспензии, а также от времени ультразвуковой обработки, проводимой для улучшения распределения мезочастиц в объеме суспензии. Эти результаты объясняются нарушением фазовой когерентности за счет энергетических воздействий поля мезочастиц или ультразвукового поля. Снижение положительного эффекта увеличения прочности наноструктурированных углеродными нанотрубками газобетона и тяжелого бетона при высушивании объясняется снижением поляризуемости и нарушением фазовой когерентности из-за удаления полярного компонента из материалов.

3.6. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МОДИФИКАТОРА НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК С СУРФАКТАНТАМИ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ

Ткачев А.Г., Слдозян Р.Д.А., Михалева З.А. // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2019. - №4. – С.660-670

Данное исследование направлено на разделение и выявление аспектов эффективности модификаторов на основе многослойных углеродных нанотрубок (УНТ) и поверхностно-активных веществ (ПАВ) на композитах цементно-вяжущих материалов. Углеродные нанотрубки предварительно диспергированы с добавлением в состав ПАВ - поливинилпирролидона, при различных концентрациях нанодобавок. Процесс диспергирования нанодобавки в ультразвуковой установке выполнен двумя способами с использованием ПАВ и без него. Время воздействия не изменялось, и количество водной составляющей было идентичным при каждом варианте. Обнаружено, что наномодификатор на основе углеродных наноструктур способен увеличивать как напряженность, так и деформационную способность композита, контролируя процесс распространения трещин. Физико-механические испытания показали прирост прочностных характеристик относительно контрольных образцов.

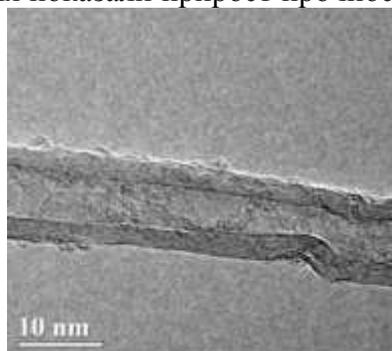
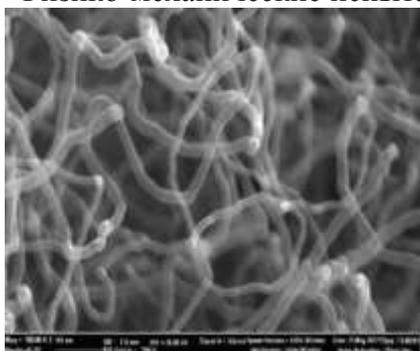


Рис. 1. *Электронные изображения структуры УНТ «Таунит», полученные с помощью сканирующей (а) и просвечивающей (б) микроскопии*

4. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. СЫРЬЕ

4.1. ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ БАРЬЕРНОГО ПОКРЫТИЯ НА ПРОЧНОСТЬ КОМПОЗИТОВ С МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ МАТРИЦЕЙ

Соловьев П.В., Галлямова Р.Ф, Гомзин А.И. // Письма о материалах. – 2019. – Т.9, №3. – С.360-365

Ввиду перспективности использования композитных материалов на металлической матрице для различного рода конструкционных применений (в частности, термонагруженных элементов авиационной и ракетно-космической техники), в последнее время все больше исследований направлено на изучение возможности управления связью на границе «волоконно-матрица», которая, как правило, является слабым местом для композиционных материалов такого типа. В случае углеалюминиевых композитов, для полного раскрытия их прочностных свойств необходимо решить проблему с образованием хрупкого карбида алюминия на межфазной границе, резко снижающего механические характеристики композиционных материалов. Существует несколько способов решения данной проблемы, однако наиболее перспективным является нанесение на поверхность волокон барьерных покрытий, в частности оксидных. В настоящей работе было исследовано влияние однослойного, двуслойного и трёхслойного покрытий из диоксида титана TiO_2 , нанесенных на углеродные волокна при помощи золь-гель метода, и термической обработки при $150^\circ C$, $350^\circ C$ и $550^\circ C$ в течение 1 часа на прочность углеалюминиевых композитов при трехточечном изгибе.

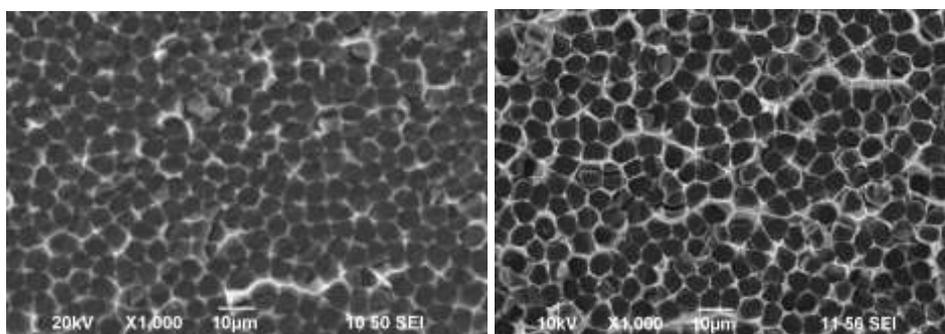


Рис. Поверхности разрушения образцов углеалюминия после отжига при $550^\circ C$ без покрытия (а), с тройным покрытием (б).

4.2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, АРМИРОВАННЫХ УГЛЕРОДНЫМИ ТКАНЯМИ. ЧАСТЬ 5. МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИИ СТРУКТУРЫ УГЛЕРОДНОЙ ТКАНИ

Примаченко Б. М., Строкин К. О. // Вопросы материаловедения. –2020. - Т.101, №1. - С.148-153

В результате моделирования и экспериментальных исследований были получены значения основных характеристик деформации структуры углеродной ткани. Экспериментальные данные были обработаны по стандартным методикам Государственной системы обеспечения единства измерений. Сравнение прогнозируемых и экспериментальных данных показало достаточно высокое качество разработанной механико-аналитической модели деформации структуры ткани.

4.3. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН НА КРИСТАЛЛИЧНОСТЬ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНОВОЙ МАТРИЦЫ

Башлакова А. Л., Шелестова В. А., Гракович П. Н. // Полимерные материалы и технологии – 2020. – Т.6, №1. – С.78-84

Методами широкоугольной рентгенографии (РСА) и дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) исследованы особенности надмолекулярной структуры композитов на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ) и измельченных углеродных волокон (УВ) на основе вискозы, модифицированных в низкотемпературной плазме тлеющего разряда в среде фторорганических соединений. Получены следующие значения массовой степени кристалличности для композитов со степенью наполнения УВ от 1 до 17 мас. %: 23-26% (метод ДСК) и 47-54% (метод РСА). Зависимости степени кристалличности от содержания УВ, определенные обоими методами, являются экстремальными, однако значения максимумов по данным РСА и ДСК отличаются. Расхождение в показаниях двух методов авторы объясняют тем, что метод РСА регистрирует суммарный отклик - дифракцию рентгеновских лучей, как от полностью кристаллической фазы, так и от упорядоченных участков аморфной фазы полимера, называемой паракристаллической. Метод ДСК регистрирует плавление только термодинамически стабильных кристаллов.

4.4. ЭЛЕКТРОННО-МИКРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УГЛЕРОДНЫХ ПОРОШКОВ И ИХ КОМПОЗИТЫ

Жогаштиев Н.Т. // Бюллетень науки и практики. – 2020. – Т.6, №3. – С.44-48

Первичные ультрадисперсные углеродные порошки получали с использованием золь-гель метода и сушки в сверхкритической жидкости с использованием различных углеродных сырьевых ресурсов. Путем термообработки при 1000-1100°C были получены ультрадисперсные углеродные порошки. Свойства первичных ультрадисперсных углеродных порошков и продуктов их отжига были исследованы с помощью сканирующего электронного микроскопа Tescan Vega 3 SEM (СЭМ). Результаты показывают, что исходные материалы влияют на структуру получаемых ультрадисперсных углеродных порошков.

4.5. ПРИМЕНЕНИЕ ОПТОАКУСТИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ПУСТОТ НА ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ КОНСТРУКЦИОННЫХ УГЛЕПЛАСТИКОВ

Воробьев Р.И., Сергеичев И.В., Карабутов А.А. // Акустический журнал. – 2020. – Т.66, №2. – С.148-153

Представлены результаты экспериментального анализа влияния объемного содержания пустот в интервале 0.25–5% на трещиностойкость конструкционных углепластиков. Для получения вариации объемного содержания пор образцы изготавливались методом вакуумной инфузии с вариацией глубины вакуума от –760 до –150 мм рт. ст. Объемное содержание пор определялось методами оптоакустической структуроскопии, сканирующей электронной микроскопии и химическим травлением для получения сравнительных данных. Получены экспериментальные зависимости характеристик межслоевой трещиностойкости от объемного содержания пустот при статическом и циклическом нагружении образцов в режиме нормального отрыва.

4.6. ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМАЦИИ СТЕКЛО- И УГЛЕПЛАСТИКОВ С МАТРИЦЕЙ Т-107 ПРИ РАСТЯЖЕНИИ

Калинин Ю.Е., Караева О.А, Косилов А.Т. // Письма о материалах. – 2020. – Т.1-. №1 (37). – С.22-26

В статье представлены результаты исследования механических свойств стекло- и углепластиков с наполнителем Т-10-14 и Formosa ТС-35 12К, соответственно, в эпоксидной матрице Т-107. Установлено, что углепластики по механическим свойствам превосходят стеклопластики. Независимо от состава композита, на деформационных кривых экспериментальных образцов, как на основе углеродных волокон, так и стеклянных волокон, наблюдаются две ярко выраженные стадии, соответствующие упругой деформации и стадии разупрочнения, связанной с разрушением волокон композита. Принимая во внимание существенную величину разницы между модулями упругости и пределом прочности углеродных и стеклянных волокон, с одной стороны, и полимерной матрицы с другой, в работе предположено, что наблюдаемый эффект разупрочнения композитов связан с процессом последовательного разрыва волокон по мере роста приложенной нагрузки. С учетом предложенной идеи разработана модель деформации полимерного композиционного материала, основанная на последовательном разрыве волокон наполнителя по мере роста приложенной нагрузки.

4.7. ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ СМЕШЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ НА ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПТФЭ И УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН

Петрова П.Н., Маркова М.А., Аргунова А.Г. // Трение и износ. – 2019. – Т.40, №2. – С.159-167

Приведены результаты исследования по разработке материалов триботехнического назначения на основе политетрафторэтилена и углеродного волокнистого активированного материала марки УВИС-АК-П. Исследованы влияние технологий смешения компонентов на физико-механические и триботехнические характеристики полимерных композитов. Показано, что технологический приём смешения компонентов с использованием совместной механической активации позволяет достичь значительного повышения триботехнических свойств полимерных композиционных материалов.

4.8. ВЛИЯНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА СВОЙСТВА ФТОРОПЛАСТОВЫХ КОМПОЗИТОВ

Васильев А. П., Стручкова Т. С., Охлопкова А. А. // Полимерные материалы и технологии – 2020. – Т.6, №1. – С.46-53

В данной работе приведены результаты исследования влияния комбинированных наполнителей, содержащих углеродные волокна, механоактивированный вермикулит и ультрадисперсный политетрафторэтилен (УПТФЭ) на прочностные свойства, триботехнические характеристики, структурные особенности композиционных материалов на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ). Показано, что введение комбинированных наполнителей углеродное волокно + вермикулит приводит к увеличению твердости и снижению интенсивности изнашивания полимерных композитов до 730-970 раз по сравнению

с исходной полимерной матрицей из ПТФЭ. Дополнительное введение УПТФЭ позволяет снизить коэффициент трения композитов по сравнению с материалами, содержащими бинарный наполнитель. Методами электронной микроскопии и ИК спектроскопии исследованы поверхности трения полимерных композитов. Выявлено, что в результате фрикционного контакта на поверхности трения полимерных композитов, содержащих комбинированный наполнитель, между отдельными волокнами формируются вторичные структуры, которые не характерны для композитов, содержащих только углеродные волокна. Вероятно, образование износостойких вторичных структур в процессе трения и обуславливает увеличение износостойкости композитов.

4.9. ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА, СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ НОВОГО КОМПОЗИЦИОННОГО ФРИКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Ким В.А., Фадеев В.С., Афанасьева А.А. // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2019. – Т.1, №4. – С.62-68

Разработан новый композиционный фрикционный материал, изготавливаемый методом порошковой металлургии на основе железной матрицы с медными включениями, а также трёх видов наполнителей: оксида кремния для повышения фрикционных свойств, меди и графита в качестве твёрдых смазок и сульфата бария для повышения технологичности порошковой смеси. В результате реализации факторного планирования эксперимента установлена роль каждого компонента фрикционного материала на его функциональные свойства. Показано, что фрикционные и диссипативные свойства материала определяются плотностью зёрнистых и субзёрнистых границ.

5. ПОЛИМЕРЫ. АЛМАЗЫ. ДРУГИЕ ВИДЫ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. КЕРАМИЧЕСКИЕ ТЕЛА КАЧЕНИЯ ДЛЯ ПОДШИПНИКОВ

А.В. Кириллов, Е.А. Богачев // Сборник трудов конференции «Инновационные аспекты социально-экономического развития региона». – 2019. – С.244-255

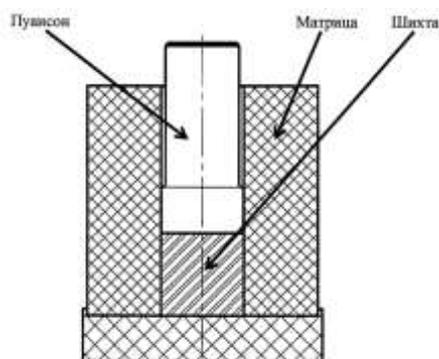


Рисунок 1 – графитовая пресс-форма

Ужесточение требований к изделиям авиационной промышленности ставит задачу повышения эффективности и увеличения ресурса работы газотурбинных двигателей. Одним из путей решения этих задач является применение в конструкции двигателей гибридных подшипников с керамическими телами качения, способными работать в жёстких условиях, предъявляемых к изделиям. Установлено, что наиболее перспективной является керамика на основе нитрида кремния (Si_3N_4). Рассмотрены основные способы получения керамических материалов. Горячее прессование нитрида кремния может осуществляться в газостате или в высокотемпературном прессе. При этом используется специальная высокотемпературная оснастка. В случае использования в качестве оборудования пресса горячего прессования применяют графитовые пресс-формы. В матрицу пресс-формы засыпается материал шихты, а сверху устанавливается пуансон.

5.2. УГЛЕПЛАСТИКИ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭФИРЭФИРКЕТОНОВ

Кирин Б.С.1, Сорокин А.Е.1, Бойчук А.С. // Труды ВИАМ. – 2020. - №4-5. – С.22-31

Представлена разработка полимерных композиционных материалов (ПКМ) на основе углеродных тканей саржевого плетения и полиэфирэфиркетонев. Опробованы пленочная и препреговая технологии получения термопластичных ПКМ на основе полиэфирэфиркетонев зарубежного производства. Сформулированы требования к свойствам полиэфирэфиркетонев для получения углепластика. Для оценки потенциала листовых углепластиков как конструкционных материалов проведены исследования дефектности их структуры и определены прочностные характеристики образцов из дефектных и бездефектных зон.

5.3. ВЛИЯНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА СВОЙСТВА ФТОРОПЛАСТОВЫХ КОМПОЗИТОВ

Васильев А. П., Стручкова Т. С., Охлопкова А. А. // Полимерные материалы и технологии. – 2020. – Т.6, №1. – С.46-53

В данной работе приведены результаты исследования влияния комбинированных наполнителей, содержащих углеродные волокна, механоактивированный вермикулит и ультрадисперсный политетрафторэтилен (УПТФЭ) на прочностные свойства, триботехнические характеристики, структурные особенности композиционных материалов на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ). Показано, что введение комбинированных наполнителей углеродное волокно + вермикулит приводит к увеличению твердости и снижению интенсивности изнашивания полимерных композитов до 730-970 раз по сравнению с исходной полимерной матрицей из ПТФЭ. Дополнительное введение УПТФЭ позволяет снизить коэффициент трения композитов по сравнению с материалами, содержащими бинарный наполнитель. Методами электронной микроскопии и ИК спектроскопии исследованы поверхности трения полимерных композитов. Выявлено, что в результате фрикционного контакта на поверхности трения полимерных композитов, содержащих комбинированный наполнитель, между отдельными волокнами формируются вторичные структуры, которые не характерны для композитов, содержащих только углеродные волокна. Вероятно, образование износостойких вторичных структур в процессе трения и обуславливает увеличение износостойкости композитов.

5.4. ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА В КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОРИСТЫХ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛАХ НА ИХ СТРУКТУРНЫЕ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ПРИМЕРЕ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ КИСЛОРОДА ДО ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА

Колягин Г. А., Корниенко В. Л. // Электрохимия. – 2020. – Т.56. №6. – С.520-527

Проведен анализ результатов исследований по влиянию политетрафторэтилена (ПТФЭ) на структурные и электрохимические характеристики пористых композитных материалов на основе печной сажи СН600, ацетиленовой сажи А437Э и мезоструктурированного углерода СМК-3. Углеродные материалы различаются методом изготовления, текстурой, способностью смачиваться водным электролитом и величиной площади удельной поверхности. Структурные характеристики исходных углеродных материалов и их смесей с ПТФЭ (5-70 мас. %) были определены по низкотемпературной адсорбции азота. Композиционные материалы

использовались в качестве электродной массы рабочих слоев газодиффузионных электродов (ГДЭ). Рассмотрено влияние ПТФЭ на объем и размер пор, величину площади поверхности углеродных материалов, объем пор занятых электролитом, емкость двойного слоя и параметры процесса электросинтеза H_2O_2 из O_2 в водном сернокислом растворе при плотности тока 150 mA/cm^2 . Показано, что степень влияния концентрации ПТФЭ в композиционных материалах на их характеристики определяется свойствами углеродных материалов. Все перечисленные углеродные материалы можно использовать в ГДЭ для восстановления O_2 до H_2O_2 . На ГДЭ с оптимальным соотношением ПТФЭ и углеродного материала в течение 5 ч получены растворы H_2O_2 с концентрацией 1.9-2.4 М и выходом по току 65-87%.

5.5. МИКРО-МЕЗОПОРИСТЫЙ УГЛЕРОДНЫЙ МАТЕРИАЛ, ПОЛУЧЕННЫЙ ИЗ СТЕБЛЕЙ БОРЩЕВИКА (HERACLEUM) КАК ЭЛЕКТРОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ

Табаров Ф.С., Астахов М.В., Калашник А.Т. // Электрохимия. – 2019. – Т.55. №4. – С.406-413

В работе представлены данные по исследованию карбонизации и поверхностной активации борщевика (Heracleum). Изучены структурные и электрохимические свойства полученных углеродных материалов, которые могут быть использованы в качестве электродных материалов для суперконденсаторов. Образцы борщевика предварительно подвергали карбонизации при 400°C , а затем активировали гидроксидом калия (KOH) при температурах 700 , 800 и 900°C в атмосфере аргона. Согласно данным изотерм адсорбции азота и уравнения БЭТ, удельные площади поверхности образцов, активированных при 700 , 800 и 900°C , составляли 913 ± 22 , 1215 ± 70 и $1929 \pm 99 \text{ m}^2/\text{g}$, соответственно. При увеличении температуры активации удельная площадь поверхности и объем мезопор образцов увеличивается, а доля микропор уменьшается. В качестве электролита использовали соль тетрафторборат 1,1-диметилпирролидиния в ацетонитриле. Величина удельной емкости образцов, активированных при 700 , 800 и 900°C , при плотности тока 1 A/g , составляла 51 ± 4 , 114 ± 2 и $108 \pm 3 \text{ F/g}$, соответственно. Увеличение удельной поверхности на 40% и объема фракций мезопор до 35% приводило к увеличению удельной емкости. Дальнейшее увеличение удельной площади поверхности и объема фракций мезопор до 70% не приводило к росту удельной емкости.

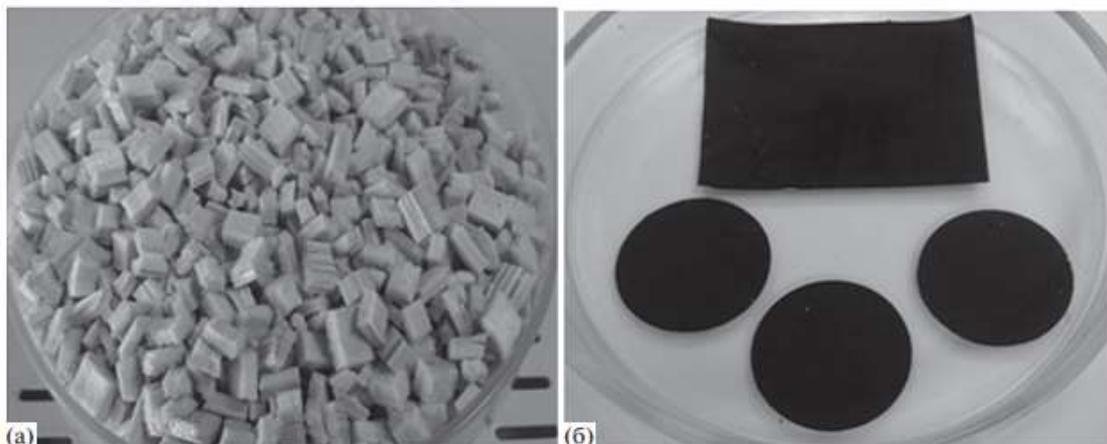


Рис. 1. Внешний вид сушеного борщевика (а) и углеродная электродная лента (б), полученная из борщевика.

5.6. КЕРАМИКА НА ОСНОВЕ КАРБИДА КРЕМНИЯ, ПОЛУЧЕННАЯ СПЕКАНИЕМ ГРАНУЛИРОВАННОГО ПОРОШКА

Житнюк С.В., Сорокин О.Ю., Журавлева П.Л. // Труды ВИАМ. – 2020. - №1. – С.50-59

Методом искрового плазменного спекания при температуре обжига 2000°C синтезирована керамика на основе карбида кремния с добавкой 1% (по массе) карбида бора. Полученный материал обладал пределом прочности при трехточечном изгибе 420 ± 20 МПа, относительной плотностью 98,7% и открытой пористостью 0,2%. Проведено сравнение микроструктуры, фазового состава, открытой пористости и относительной плотности керамики, полученной методами спекания без приложения давления в атмосфере аргона и искрового плазменного спекания.

5.7. ОСОБЕННОСТИ ТРЕНИЯ РЕЗИНЫ ПОВЕХНОСТНО-МОДИФИЦИРОВАННОЙ УГЛЕРОДНЫМ ПОКРЫТИЕМ

Гетикова М.А. // Трение и износ. – 2019. – Т.40, №2. – С.238-244

В работе рассмотрено поведение коэффициента трения исходной и модифицированной поверхности бутадиен-нитрильной резины по стальному контртелу при триботехнических испытаниях. Произведена оценка адгезионных и гистерезисных потерь, происходящих в процессе трения. Показано, что в процессе трения модифицированной поверхности вклад гистерезисных потерь в коэффициент трения практически постоянен, а адгезионная составляющая силы трения возрастает.

5.8. ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЧАСТИЦ ГРАФИТА НА СТРУКТУРУ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ АРОМАТИЧЕСКОГО ПОЛИАМИДА

Буря А.И., Набережная О.А., Волнянко Е.Н. // Полимерные материалы и технологии. – 2019. – Т.5, №4. – С.71-77

Известно, что существенное изменение свойств полимерных композиционных материалов на основе термопластичных связующих может быть обусловлено реорганизацией надмолекулярной структуры полимера. Цель работы - исследование структуры графитопластов на основе термостойкого ароматического полиамида и ее влияния на физико-механические свойства композитов. Методом рентгеноструктурного анализа установлено, что графитопласты, в отличие от базового полимера, имеют частично кристаллическую структуру. Методом оптической микроскопии изучена микроструктура графитопластов как в продольном, так и в поперечном сечении. Выявлено равномерное распределение наполнителя в полимерной матрице, что обуславливает изотропность свойств полимерных композиционных материалов. Сравнительный анализ физико-механических свойств графитопластов и известного аналога антегмита показал, что аналог уступает разработанным материалам по прочности в 1,14-1,48 раза; ударной вязкости - 2-5,2 раза; твердости - 1,03-1,3 раза, при одновременном снижении плотности, следовательно, и удельного веса до 25%. Это свидетельствует о перспективности внедрения графитопластов на основе полиамида в качестве композиционных материалов конструкционного назначения взамен существующих аналогов.

6. ОБЗОР РЫНКОВ И ПРОИЗВОДСТВА

РЫНОК РОССИЙСКИХ УГЛЕРОДНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ СЕГОДНЯ (обзор)

Валуева М.И., Сидорина А.И., Гуляев И.Н. // Новости материаловедения. Наука и техника. – 2016. - №4 (22). – С.77-87

Статья посвящена рассмотрению ассортимента и свойств углеродных волокон (УВ) российского производства и перспективам их применения в качестве армирующих наполнителей полимерных композиционных материалов в сравнении с зарубежными аналогами в рамках реализации политики импортозамещения. Работа выполнена в рамках реализации комплексного научного направления 13. «Полимерные композиционные материалы (ПКМ)» по проблеме 13.2. «Конструкционные ПКМ» («Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года»)



Рис. 6. Ткацкое оборудование для производства углеродных волокнистых материалов (УВМ) [20]

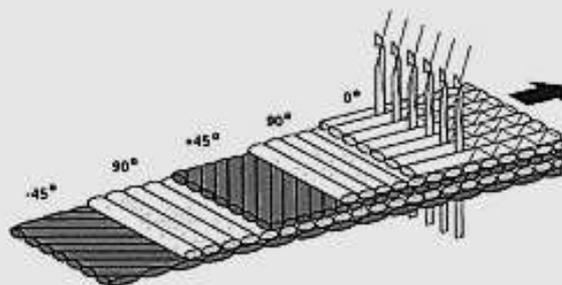


Рис. 7. Схема получения мультиаксальных тканей из углеродных волокон [20]

7. НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, СООБЩЕНИЯ

7.1. АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УСИЛЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОБЪЕКТЕ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

Черных В.А., Шутова О.А. // Современные технологии в строительстве. теория и практика. – 2020. – Т.2. – С.119-126

Рассмотрена актуальная проблема - усиление строительных конструкций в связи с потерей прочности и эксплуатационной надежности. Авторами описаны особенности проведения ремонтных работ на объекте культурного наследия «Усадьба Семеновых: дом жилой с флигелем», расположенного в городе Тобольске Тюменской области. На основании поверочных расчетов выявлена необходимость усиления деревянных балок чердачного перекрытия данного объекта. Проведен анализ применения как традиционных, так и

современных методов усиления деревянных конструкций. Показана возможность повышения несущей способности изгибаемого деревянного элемента за счет использования системы внешнего армирования композитными материалами. Выполнен расчет элемента перекрытия, усиленного лентой из углеволокна по нижней грани, сделаны выводы об эффективности применения данной технологии.

7.2. СИЛИКОНЫ - ДОРОГА В БУДУЩЕЕ

<http://www.nanometer.ru/> 2020. – июнь

В рамках проекта "[Академия - университетам](#)" 18 июня 2020 г. академик Азиз Мансурович Музафаров представил лекцию «Силиконы - дорога в будущее».

Видеозапись лекции - [ЗДЕСЬ](#).

В лекции рассматриваются особенности строения, получения, вехи развития отрасли и блестящие перспективы широко известного и незаменимого в науке и технике уникального класса кремнийорганических полимеров – силиконов.

Научные интересы академика А.М. Музафарова связаны с синтезом кремнийорганических соединений. Он принадлежит к числу пионеров в новой области высокомолекулярных соединений — химии кремнийорганических дендримеров и сверхразветвленных полимеров. С помощью разработанных им методов были получены разнообразные молекулярные нанообъекты: многолучевые функциональные полимерные звезды, молекулярные щетки, наногели. В своих работах А.М. Музафаров сформулировал критерии сверхразветвленности, обосновал получение нового поколения кремнийорганических материалов, распространил идеологию синтеза сверхразветвленных полимеров на макромолекулы.

7.3. ПОЛИМЕРНОЙ ПОСТУПЬЮ

Вестник Атомпрома. – 2020. - №4 (май). – С.28-31

Что нужно нефтехимии, чтобы стать экологичной отраслью



С тем, что приход новой «зеленой» идеологии требует резких изменений, сталкиваются самые различные промышленные отрасли. От тяжелой промышленности и транспорта хотят снижения выбросов, от сельского хозяйства - экологических технологий, от розничной торговли - использования упаковки, не вредящей окружающей среде, от финансовых компаний - проверки экологической политики заемщиков и инвесторов. Экобезопасность превыше всего - этот лозунг в ближайшем будущем придется заучивать любой отрасли, и поэтому опыт, наработанный крупными компаниями, важен не только для их конкурентов или смежников, но и для других сфер индустрии. «Вестник Атомпрома» попробует показать, как в экологическую реальность встраивается нефте-химическая отрасль, имидж которой традиционно был далек от идеалов «зеленого мира».

РБНТИПИ-06-2020