



НИИГРАФИТ
РОСАТОМ

№ 8 – 2022

**РЕФЕРАТИВНЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ И
ПАТЕНТНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО
УГЛЕРОДНЫМ МАТЕРИАЛАМ**



Содержание №8 – 2022

1. Волокна и композиты	3
1.1. Углеродные волокна и ткани, углепластики.....	3
1.2. Целлюлоза, вискоза, сорбенты. УМ в медицине.....	7
1.3. Композиты в строительстве. Базальт.....	8
2. Атомная и альтернативная энергетика	10
3. Наноматериалы, фуллерены, графен	11
4. Методы исследования. Сырье.....	15
5. Полимеры. Алмазы. Другие виды углеродных материалов	18
6. Обзор рынков и производства	22
7. Научно-популярные материалы, сообщения.....	23
8. Патенты.....	24



*Составитель и редактор,
перевод
Шишкова
Ирина Васильевна
IVShishkova@rosatom.ru*

*Раздел «Патенты»
Шульгина
Людмила Николаевна
LNShulgina@rosatom.ru*



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

1. ВОЛОКНА И КОМПОЗИТЫ

1.1. УГЛЕРОДНЫЕ ВОЛОКНА И ТКАНИ, УГЛЕПЛАСТИКИ

1.1.1. ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН К ОКИСЛЕНИЮ

Сидорина А.И., Сафронов А.М. // Труды ВИАМ. – 2022. - №7 (113). – С.63-73

Представлены результаты исследования устойчивости углеродных волокон различных типов и разных производителей к окислению методом воздействия заданной температуры в течение определенного времени. Исследованы высокопрочные углеродные волокна со стандартным и средним модулем упругости. Рассмотрены результаты краткосрочных и долгосрочных испытаний и термогравиметрического анализа. Показано, что среди исследуемых волокон наибольшим термоокислительным сопротивлением обладают высокопрочные углеродные волокна со средним модулем упругости.

1.1.2. ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ РАЗЛИЧНЫХ МАРОК УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ОБРАБОТКИ МЕТОДОМ РЕНТГЕНОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА

Маркова И.Ю., Вербец Д.Б., Бубненко И.А. // Международная конференция «Углерод: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, технология». Тезисы докладов. – 2022. – С.115-116

Ранее были опубликованы данные об изменении физико-механических характеристик УВ на основе ПАН от степени вытяжки при использовании высокотемпературной обработки (ВТО при $T=3000\text{ }^{\circ}\text{C}$). В работе был отмечен рост модуля Юнга в зависимости от содержания кремния в исходном высокопрочном (ВП) УВ (рис 1а), зависимость прочности на растяжение УВ от содержания кремния в исходном ВПУВ, а также предложен механизм формирования структуры УВ при ВТО 3000°C с учетом присутствия кремния в исходном ВПУВ. Прочностные характеристики УВ сильно зависят от степени вытяжки УВ на стадии формирования ПАН – волокна, содержания стабилизирующих добавок, входящих в состав ПАН-прекурсора, добавленных в ПАН-полимер на стадии его изготовления, которые способствуют линейной полимеризации ПАН-полимера, а также построению лестничной фибриллярной структуры окисленного ПАН-волокна.

1.1.3. ИЗМЕНЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО РАЗМЕРА ПОР УУКМ В ПРОЦЕССЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОКИСЛЕНИЯ

Астапов А.Н., Погодин В.А. // Электromеталлургия. – 2021. – №.10. – С.23-29

Разработана аналитическая модель для получения качественных и полуколичественных оценок изменения интегрального размера пор в процессе окисления гетерофазных материалов. Выполнена апробация модели при исследовании окисления УУКМ с пироуглеродной матрицей при 600°C вплоть до потери массы 75% (мас.). Проанализирован характер изменения размера образующихся пор для количественной оценки структурной деградации композита.

1.1.4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ УПРУГИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЛОИСТОГО ТКАНЕВОГО КОМПОЗИТА

Комаров В. А., Павлов А. А., Павлова С. А. // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. – 2022. – Т.21, №2. – С.65-79

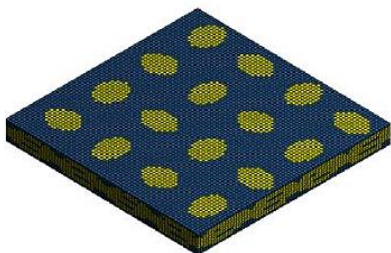


Рис. 4. Конечно-элементная модель GG200P/SR8100-SD8824

В аэрокосмических конструкциях широкое применение находят слоистые композиционные материалы, где в качестве армирующего материала выступают угле- и стеклоткани различного плетения. Они удобны в технологическом отношении и способны эффективно работать в плоскости слоёв на различные случаи нагружения. Рассматривается задача об определении девяти упругих

характеристик ортотропного тканевого композита. На тестовом примере приводится оценка влияния трансверсальных упругих характеристик на результаты расчёта напряжённо-деформированного состояния композитных конструкций. Для определения трансверсальных упругих констант ортотропного тканевого композита предлагается использовать представительный объём повторяющейся структуры материала. Рассматриваются особенности создания конечно-элементной модели представительного объёма слоистого тканевого композита. Для определения упругих свойств ортотропного тканевого композита предлагаются кинематические граничные условия специального вида и расчётные соотношения, виртуально имитирующие механический эксперимент с представительным объёмом материала.

1.1.5. СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ УГЛЕНАНОКОМПОЗИТА ВКУ-18ТР И УГЛЕПЛАСТИКА КМУ-4-2М-3692

Стрижиус В.Е. // Материаловедение. Энергетика. – 2022. – Т.28, №1. – С.67-77

При модификации углепластиков углеродными наночастицами особое значение приобретает оценка эффективности такой модификации с точки зрения повышения показателей механических свойств по сравнению с аналогом. Особый интерес вызывает сравнение характеристик усталостной прочности модифицированных углепластиков и аналогов, так как именно эти характеристики определяют эксплуатационные качества материалов. Рассмотрены прочностные свойства угленанокомпозита ВКУ-18тр и аналога - углепластика КМУ-4-2м-3692. Отмечено, что детальное сравнение ключевых характеристик усталостной прочности этих пластиков в открытых публикациях отсутствует. С целью проведения такого сравнения выбрано три метода и три вида сравнения: сравнение усталостной долговечности материалов при симметричном цикле нагружения; сравнение усталостной долговечности материалов до достижения определенного уровня деградации остаточной прочности; сравнение усталостной долговечности материалов до достижения определенного уровня деградации жесткости. Несмотря на определенную условность проведенных сравнений отмечено значительное преимущество основных характеристик усталостной прочности угленанокомпозита ВКУ-18тр по сравнению с аналогом - углепластиком КМУ-4-2м-3692. Квоты превосходства достигают значений 125-536%. Очевидно, что подобное преимущество может оказаться крайне важным свойством при проектировании особо ответственных силовых элементов конструкций (например, композитных панелей крыльев самолетов).

1.1.6. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛИИМИДНЫХ УГЛЕПЛАСТИКОВ. ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ (ОБЗОР)

Валуева М.И., Зеленина И.В., Начаркина А.В. //Труды ВИАМ. – 2022. - №6 (112). – С.80-95

Представлен обзор научно-технической информации в области технологических особенностей процесса получения высокотемпературных углепластиков на основе термореактивных полиимидных связующих. Приведены параметры формования и проведен их сравнительный анализ, области применения и рекомендуемые температуры эксплуатации высокотемпературных полиимидных углепластиков, разработанных и выпускаемых зарубежными компаниями, продукция которых успешно внедрена на практике в элементы конструкций изделий авиационно-космической техники. Рис. *Внешний вид связующего РЕТІ-330*



1.1.7. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ СИСТЕМЫ ZrB_2 - $MoSi_2$ - SiC НА УУКМ

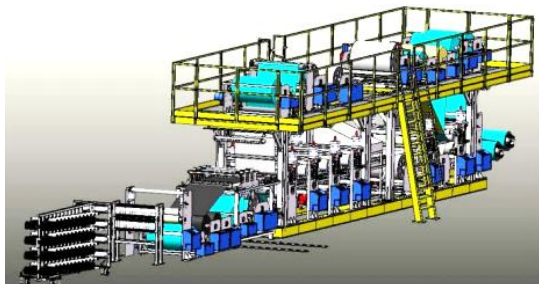
Синицын Д.Ю., Бубненко И.А., Аникин В.Н. // Международная конференция «Углерод: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, технология». Тезисы докладов. – 2022. – С.157-158

В настоящее время одной из наиболее актуальных задач аэрокосмической отрасли (АКО) является создание защиты сильнонагруженных деталей летательных и космических аппаратов, работающих одновременно в условиях износа и воздействия коррозионно-активных сред. Поэтому на смену использовавшимся ранее жаростойким сплавам, оксидной керамике в чистом виде и материалам класса **C-SiC**, которые способны работать при температурах не выше 1650°C, приходят монокристаллическая ультравысокотемпературная керамика (УВТК) и различные углеродные композиционные материалы (УКМ). При всех своих достоинствах (высокие удельные характеристики, которые способны повышаться с ростом температуры) УКМ активно окисляются кислородом выше 400°C. Поэтому необходимо наносить защитное покрытие, которое должно обладать высокой теплопроводностью, коэффициентом линейного термического расширения (КТЛР) близким к КТЛР основы, высокой прочностью и трещиностойкостью.

1.1.8. СРАВНЕНИЕ ОНЛАЙН- И ОФЛАЙН-ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРЕПРЕГОВ И СВОЙСТВ УГЛЕПЛАСТИКОВ

Гуляев И.Н., Сафронов А.М., Сатдинов Р.А. // Труды ВИАМ. – 2022. - №6 (112). – С.49-57

Проведено сравнение технологических свойств препрегов, произведенных по онлайн- и офлайн-технологиям, а также физико-механических свойств углепластиков марок ВКУ-29/ВТкУ-3 и ВКУ-39/ВТкУ-2.200 на основе расплавленного связующего ВСЭ-1212. Оценены преимущества и недостатки рассматриваемых технологий изготовления препрегов и их влияние на свойства углепластиков. Показано, что различие в технологии получения полуфабрикатов (препрегов) не оказывает влияния на конечные свойства углепластиков, изготовленных автоклавным формованием. Рис. *Схема пропиточной установки для изготовления препрегов по офлайн-технологии*



1.1.9. СВОЙСТВА УГЛЕПЛАСТИКА НА ОСНОВЕ БИАКСИАЛЬНОЙ ОБЪЕМНО-АРМИРУЮЩЕЙ ПЛЕТЕНОЙ ПРЕФОРМЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ТРУБЧАТЫХ КОНСТРУКЦИЙ

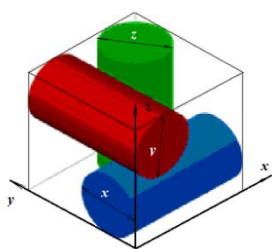
Донецкий К.И., Караваев Р.Ю., Быстрикова Д.В. // Конструкции из композиционных материалов. – 2022. - №2 (166). – С.8-14

Рассмотрены пути снижения стоимости полимерных композиционных материалов (ПКМ). Один из них - замена достаточно дорогого и ресурсоёмкого автоклавного формования на альтернативные безавтоклавные процессы, позволяющие получать высокопрочные материалы. Замена часто используемых в авиастроении трубчатых частей конструкций на углепластиковые, которые выполнены с использованием объемно-армирующих плетеных преформ, обеспечит снижение весовых характеристик изделий и позволит внедрить автоматизированные процессы производства. Приведены свойства углепластика на основе объемно-армирующей плетеной преформы и расплавленного эпоксидного связующего как на плоских плитах, так и трубчатых элементах.

1.1.10. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ОБЪЕМНОГО ЗАПОЛНЕНИЯ 3D-ТКАНЕЙ УГЛЕРОДНЫМИ НИТЯМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОКСЕЛЬНОГО ПОДХОДА К ИХ ПРОЕКТИРОВАНИЮ

Киселёв Н.В., Киселев М.В., Балашов А.Б. // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. - №6 (396). – С.237-241

Статья посвящена исследованию влияния объемного заполнения преформы композиционного материала углеродной нитью с точки зрения его механической прочности. Наиболее актуальна данная задача для технологии 3D-ткачества, где заполнение углеродной нитью происходит по всем трем координатным осям. Для построения аналитической модели объемного заполнения 3D-тканей использован воксельный подход. Разработана математическая модель заполнения объема вокселя углеродными нитями для 3D-ткачества. В качестве упрощающих допущений при построении модели выбран один тип поперечного сечения углеродной нити в форме окружности. Выполнено исследование разработанной модели с точки зрения выбора различных диаметров армирующих нитей для получения наибольшего объемного заполнения вокселя углеродными нитями. Сделаны выводы по работе. Постановка задачи графически представлена на рис. - *геометрическая модель вокселя с тремя армирующими нитями для процесса 3D-ткачества.*



1.1.11. К ВЫБОРУ ОПТИМАЛЬНОЙ ТОЛЩИНЫ ОБРАЗЦА УГЛЕПЛАСТИКА ПРИ ИЗМЕРЕНИЯХ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ИМПУЛЬСНЫМ МЕТОДОМ

Баринов Д.Я. // Авиационные материалы и технологии. – 2022. - № 2 (67). – С.131-140

Рассмотрены физическая и математическая модели теплопереноса при проведении измерения теплопроводности углепластика методом лазерной вспышки. Исследование проводилось для различных конфигураций образца с соотношением толщины к характерному размеру от 0,1 до 0,4. Установлено, что при увеличении толщины образца температурное поле на его тыльной поверхности принимает более равномерный вид, и снижается разность максимальной и минимальной температуры поверхности. Наряду с этим нелинейно увеличивается время считывания сигнала, ведущее к увеличению длительности проведения измерения и накоплению шумов.

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКОГО СТАРЕНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ НАНОМОДИФИЦИРОВАННОГО УГЛЕПЛАСТИКА

Старцев В.О., Валева Е.О. // Материалы XIV Всероссийской конференции «Физико-механические испытания, прочность и надежность современных конструкционных и функциональных материалов». – 2022. – С.174-183

В работе рассмотрено изменение пределов прочности наномодифицированных углепластиков при климатических испытаниях. Показано, что добавление наномодификатора стабилизирует прочностные характеристики при климатических воздействиях. Приводятся сведения о влиянии различных концентраций наномодификаторов на изменение прочностных свойств углепластиков при климатических воздействиях.

1.2. ЦЕЛЛЮЛОЗА, ВИСКОЗА, СОРБЕНТЫ. УМ В МЕДИЦИНЕ

1.2.1. СОВРЕМЕННЫЕ ПОРИСТЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ ИМПЛАНТАТЫ: ПОЛУЧЕНИЕ, СВОЙСТВА, ПРИМЕНЕНИЕ

Ковылин Р.С., Алейник Д.А., Федюшкин И.Л. // Высокомолекулярные соединения. Серия С. – 2021. – Т.63, №1. – С.33-53

Современные потребности хирургии привели к интенсивному развитию трансплантологии, медицинского материаловедения и тканевой инженерии. Эти направления требуют применения инновационных материалов, среди которых одну из лидирующих позиций занимают пористые полимеры. Использование природных и синтетических полимеров позволяет подбирать структуру и комплекс свойств материала в зависимости от его конкретного назначения. В обзоре обобщены и систематизированы результаты последних исследований, описывающих требования, предъявляемые к структуре и свойствам синтетических (или искусственных) пористых полимерных материалов и имплантатов на их основе, достоинства и ограничения методов синтеза. Рассмотрены наиболее используемые и перспективные исходные материалы, а также обозначены возможные области применения имплантатов из таких материалов.

1.2.2. СИНТЕЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ С НАПРАВЛЕННЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ

Меметова А.Е., Нескоромная Е.А., Бабкин А.В. // Международная конференция «Углерод: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, технология». Тезисы докладов. – 2022. – С.117-118

В настоящее время мир сталкивается с огромными проблемами увеличения выбросов парниковых газов, что формирует неблагоприятные тенденции к интенсификации процессов глобального потепления. В связи с этим исследования адсорбции метана имеют большое значение для контроля и снижения выбросов парниковых газов. Одним из наиболее острых вопросов, связанных с адсорбцией метана и требующим углубленного исследования, является выбор адсорбента с соответствующей пористой структурой, гарантирующей наибольшую адсорбционную способность. В последние годы все большее внимание в этой области привлекают нанопористые углеродные материалы (НУМ) с иерархической структурой пор. В работе изучено влияние условий и параметров процесса получения на структуру НУМ.

1.2.3. РАСТИТЕЛЬНЫЕ ВОЛОКНА И ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ИХ ОСНОВЕ. ОБЗОР

Чашилов Д.В., Атясова Е.В., Блазнов А.Н. // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2021. - №12. – С.18-27

В обзоре представлены сведения о наиболее распространенных волокнах, извлеченных из растительного лигноцеллюлозного сырья. Растительные волокна используются как волокнистый армирующий наполнитель полимерных композиционных материалов (ПКМ) на различных полимерных матрицах. Показаны основные проблемы использования таких материалов - обеспечение надежной связи между армирующим наполнителем и полимерной матрицей, необходимость защиты от воздействия влаги, нестабильность механических свойств волокнистого армирующего наполнителя. Перспективно создание на основе таких ПКМ-групп функциональных материалов.

1.3. КОМПОЗИТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ. БАЗАЛЬТ

1.3.1. ПРОЧНОСТЬ НА РАСТЯЖЕНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ БЕТОНОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Булгаков А.Г., Ерофеева И.В., Ишутин А.А. // Эксперт: Теория и практика. – 2022. - №2 (17). – С.21-27

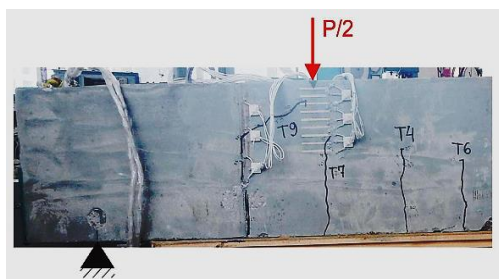
Предметом исследования являются прочностные показатели порошково-активированных бетонов и их повышение за счет армирования углеродными волокнами. Сущность метода испытания бетонов заключалась в измерении минимальных усилий, разрушающих специально изготовленные контрольные образцы бетона при их статическом нагружении с постоянной скоростью нарастания нагрузки, и последующем вычислении напряжений при этих усилиях. При проведении экспериментального исследования использовались бездобавочные цементы, на основе которых были сформированы два состава, в одном из которых в качестве заполнителя использовался только мелкий заполнитель (матрица №1), а во втором - мелкий и крупный (матрица №2). Первая матрица для получения образцов порошково-активированного бетона была сформирована из следующих компонентов: портландцемент ПЦ-500, кварцевый песок фракции 0-0,63 мм, кварцевый песок фракции 0,63-2,5 мм. Прочностные свойства порошково-активированных бетонов определили на образцах призмах размером 4х4х16см, а фиброармированных – 150х150х600 мм Рис. *Форма фиброармированных образцов для определения прочности на растяжение при изгибе*



1.3.2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, УСИЛЕННЫХ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННОЙ БАЗАЛЬТОКОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРОЙ

Рубин О.Д., Лисичкин С.Е., Зюзина О.В. // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2021. – Т.17, №3. – С.288-298

В последние годы в строительстве железобетонных конструкций промышленных, гражданских и транспортных сооружений находят распространение композитные материалы. Предлагается выполнять усиление железобетонных конструкций гидротехнических сооружений предварительно напряженной базальтокомпозитной арматурой. Потребовалось экспериментальное и теоретическое обоснование технических решений по усилению железобетонных конструкций гидротехнических сооружений предварительно напряженной базальтокомпозитной арматурой. Цель работы заключалась в проведении комплекса экспериментально-теоретических исследований напряженно-деформированного состояния и внутренних усилий в малоармированных железобетонных конструкциях гидротехнических сооружений, усиленных предварительно напряженной базальтокомпозитной арматурой.



Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния и внутренних усилий проводились на основе малоармированных железобетонных моделей балочного типа, имеющих межблочные строительные швы, усиленных предварительно напряженной базальтокомпозитной арматурой в растянутой (сжатой) зонах моделей. Рис. Вид фрагмента опытной балки

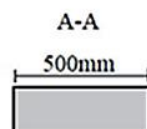
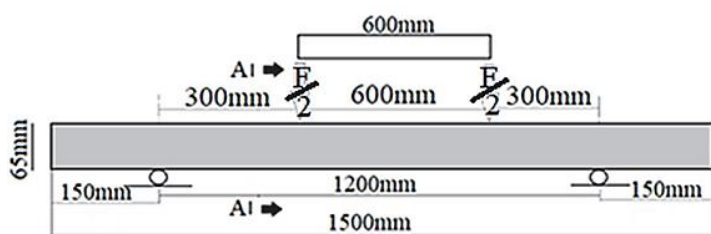
1.3.3. ФОРМИРОВАНИЕ ПОРИСТОСТИ БАЗАЛЬТОПЛАСТИКОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЯХ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА

Кычкин А.К., Стручков Н.Ф., Винокуров Г.Г. // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. – 2021. – Т.26, №1. – С.145-154

В настоящее время базальтопластиковые композиционные материалы находят широкое применение в различных областях промышленности. Как показывает практика, при эксплуатации изделий из базальтопластиковых композиционных материалов на их надежность и долговечность значительное влияние оказывают природно-климатические условия внешней среды. Проблема обеспечения высоких служебных свойств базальтопластиковых композиционных материалов особенно четко проявляется при эксплуатации изделий в районах с экстремальными климатическими условиями. Этим определяется актуальность проведения натурных климатических испытаний базальтопластиковых композиционных материалов в природно-климатических условиях Севера и Арктики. В работе методом гидростатического взвешивания исследовано формирование пористости при климатических испытаниях базальтопластиковых композиционных материалов.

1.3.4. ПЛАСТИЧНОСТЬ И ИЗГИБ ОБЛЕГЧЕННОЙ КЕРАМЗИТОБЕТОННОЙ ПЛИТЫ, АРМИРОВАННОЙ БАЗАЛЬТОВЫМ ВОЛОКНОМ

Галишникова В.В., Хейдари А., Чиадигхикаоби П.Ч. // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2021. – Т.17, №1. – С.74-81



Нагрузка на армированную бетонную плиту с высокопрочным легким заполнителем приводит к повышенной хрупкости и способствует увеличению прогиба или

изгиба плиты. Добавление волокон в бетонную смесь может улучшить ее механические свойства, включая изгиб, деформацию, вязкость, пластичность и трещиностойкость. Цель работы - исследовать изгиб и пластичность легких керамзитобетонных плит, армированных базальтоволокнистыми полимерами, и влияние базальтоволокнистой сетки на пластичность и изгиб. Методы. Испытания на пластичность и изгиб/прогиб проводились на девяти изготовленных цементно-композитных (керамзитобетонных) плитах длиной 1500 мм, шириной 500 мм, толщиной 65 мм, разделенных на три типа по методу армирования. Рис. *Прототип и размеры цементно-композитной плиты*

2. АТОМНАЯ И АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

2.1. ИОННО-ЛУЧЕВОЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВЫСОКИХ УРОВНЯХ РАДИАЦИОННЫХ СМЕЩЕНИЙ

Андрианова Н.Н., Борисов А.М., Машкова Е.С. // Международная конференция «Углерод: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, технология». Тезисы докладов. – 2022. – С.137-138

Взаимодействие радиационного излучения с графитами и композитными материалами на их основе было и остается предметом интенсивных исследований. Известно, что компоненты активной зоны ядерных реакторов подвергаются радиационным повреждениям с уровнями порядка 10 смещений на атом (*dpa*) [1], а в реакторах IV поколения до 200 *dpa* в течение ожидаемого срока службы [2]. Для обоснования безопасности продления срока эксплуатации существующих атомных электростанций и разработки материалов для будущих конструкций реакторов важными являются исследования радиационных эффектов. Вместе с тем, углеродное волокно из полиакрилонитрила (ПАН) и композиты на его основе могут служить более подходящим модельным материалом различных графитов и композитов, так как оболочка волокна характеризуется высокой степенью графитации и содержит поры, как и конструкционные графиты, а цилиндрическая поверхность волокна позволяет проследить эффекты при скользящих углах падения заряженных частиц на волокно. В данной работе проводится сравнение и обсуждение данных по модифицированию углеродного волокна из ПАН при высокодозном воздействии ионов инертных газов и углерода.

2.2. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК РАССЕЯНИЯ ЭНЕРГИИ ОДНОНАПРАВЛЕННЫХ СЛОЕВ ПО ХАРАКТЕРИСТИКАМ РАССЕЯНИЯ ЭНЕРГИИ МНОГОСЛОЙНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Таирова Л.П.// Конструкции из композиционных материалов. – 2022. - №2 (166). – С.37-46

Представлено решение задачи определения характеристик диссипации энергии слоя по экспериментальным значениям характеристик диссипации энергии композитных материалов (КМ) с различными схемами армирования с использованием метода идентификации. В качестве модели рассеяния энергии в КМ при колебаниях использована энергетическая структурно-феноменологическая модель Зиновьева-Ермакова. Использование процедуры идентификации всех характеристик слоя по результатам наиболее технически простых испытаний КМ с различными схемами армирования дает заметные преимущества, которые продемонстрированы при анализе экспериментальных данных для углепластика. Предлагаемый метод позволяет проанализировать устойчивость вычисленных значений характеристик слоев к случайным отклонениям в экспериментально определенных исходных данных.

2.3. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ И ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА УГЛЕРОДНОГО НАНОТОРА ПРИ ЛОКАЛИЗОВАННОМ РАЗРЫВЕ МЕЖАТОМНЫХ СВЯЗЕЙ: КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Глухова О.Е., Слепченков М.М. // Нанотехнологии: Разработка, применение - XXI век. – 2021. – Т.13, №3. – С.20-27

Благодаря циркулярной геометрии углеродные наноторы привлекают интерес исследователей в качестве объекта для фундаментального изучения и создания прикладных разработок. При проведении исследований наноторов важной задачей является оценка структурной стабильности объекта, позволяющая прогнозировать области атомной сетки, наиболее подверженные разрушению при воздействии механической нагрузки. По-прежнему актуальным остается вопрос о влиянии деформации на электронные свойства углеродных наноторов. Цель. Исследовать методами компьютерного моделирования динамические процессы, возникающие в углеродном наноторе при локализованном разрыве межатомных связей, и спрогнозировать влияние этих процессов на электронные свойства углеродных наноторов. Результаты. Теоретически открыто новое физическое явление, заключающееся в образовании и распространении со скоростью 200 м/с деформационных волнообразных изгибов в углеродном наноторе (13,0) при распрямлении его в нанотрубку.

3. НАНОМАТЕРИАЛЫ, ФУЛЛЕРЕНЫ, ГРАФЕН

3.1. МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЗОНАНСНО-ТУННЕЛЬНЫХ ПРИБОРНЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Абрамов И.И., Коломейцева Н.В., Лабунов В.А. // Нанотехнологии: Разработка, применение - XXI век. – 2022. – Т.14, №2. – С.61-68

Дан обзор исследований по моделированию резонансно-туннельных приборных структур наноэлектроники на основе графена и углеродных нанотрубок, проведенных в БГУИР. Результаты получены с использованием разработанных численных комбинированных моделей формализма волновых функций. Приведены новые примеры, иллюстрирующие возможности предложенных моделей.

3.2. ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ ЭКСФОЛИРОВАННОГО НАНОГРАФИТА МЕТОДАМИ ИНФРАКРАСНОЙ И РАМАНОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Хан Ю.А., Бакунин Е.С., Образцова Е.Ю. // Материаловедение. – 2022. - №3. – С.27-34

Образцы нанографита получены методом электрохимической эксфолиации с варьированием температуры процесса, типа и концентрации электролита и материала электродов. Проведен анализ полученных образцов методами инфракрасной спектроскопии (ИК) и спектроскопии комбинационного рассеяния (КР). Обнаружены структурные вариации графеновых слоев нанографита в зависимости от используемых режимных параметров. Данные структурные вариации связаны с формированием функциональных групп по краям дефектов и слоев, изменением дефектности и количества слоев, а также относительного содержания аморфной фазы.

3.3. ПОЛУЧЕНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК ГРАФИТА НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПОДЛОЖКЕ МЕТОДОМ ГЕТЕРОЭПИТАКСИАЛЬНОГО СИНТЕЗА

Сорокин И.А., Колодко Д.В., Шустин Е.Г. // Нанотехнологии: Разработка, применение - XXI век. – 2022. – Т.14, №4. – С.57-61

Получение изолированного графена большой площади в управляемых условиях является важной задачей, интерес к которой обусловлен такими уникальными физико-химическими свойствами графена, как высокие электро- и теплопроводность, зависимость электронных характеристик от наличия на поверхности графена присоединенных радикалов различной природы, регулируемая ширина запрещенной зоны, высокая подвижность носителей. Цель. Рассмотреть методику получения тонких графитовых пленок на диэлектрической подложке путем отжига структуры $(0001)Al_2O_3/(111)Ni/ta-C$ с минимальной плотностью дефектов кристаллической структуры методом гетероэпитаксиального синтеза. Результаты. Апробирована методика получения тонких графитовых пленок на диэлектрической подложке путем отжига структуры $(0001)Al_2O_3/(111)Ni/ta-C$, основанная на каталитическом разложении углеводородов на поверхности монокристалла металла-катализатора и последующей диффузии и кристаллизации углерода на обратной стороне металлической пленки.

3.4. КОМПОЗИЦИОННЫЕ СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ КРЕМНЕЗЕМА И МНОГОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

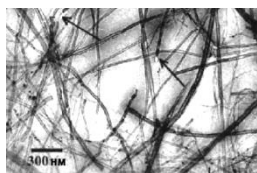
Постнов В.Н., Родинков О.В., Кильдиярова Л.И. // Журнал общей химии. – 2022. – Т.92, №2. – С.323-328

Разработана методика получения композиционных сорбентов на основе многослойных углеродных нанотрубок и аэросила, включающая механохимическую обработку и гелеобразование. Сорбенты охарактеризованы методами сканирующей электронной микроскопии, термогравиметрии и адсорбционными методами. Многослойные углеродные нанотрубки закрепляются в кремнеземной матрице, сохраняя свою индивидуальность; синтезированные сорбенты имеют мезопористую структуру и развитую поверхность. Наноконкомпозиты на основе углеродных нанотрубок с удельной поверхностью 200-270 м²/г могут быть эффективными сорбентами для выделения чистого фуллерена C₇₀ и концентрирования летучих органических соединений.

3.5. КОНСТРУКЦИОННЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Мартышкин А.П., Безруков Э.В., Безруков Ю.В. // Сборник трудов конференции «XLIX Огарёвские чтения». – 2021. – С.527-531

Определенными специальными свойствами функциональных КМ, ради которых они и создавались, могут быть: теплозащитные, антикоррозионные, электроизоляционные, электромагнитные и другие свойства. Наибольший интерес в настоящее время вызывают полимерные композиты с углеродными нанотрубками/волокнами и с алюмосиликатными наноглинами и проводятся исследования композитов с металлическими наночастицами. Добавление в состав полимерных композитов наноглин или нанотрубок обеспечивает



улучшение конструкционных, тепловых, барьерных и огнестойких качеств пластмасс. Наноглины и углеродные нанотрубки используют для улучшения механических свойств материала: увеличение прочности при растяжении, повышение ударной вязкости и модуля упругости. Кроме того, углеродные нанотрубки повышают электропроводность материалов. Рис.

Наноконкомпозит, состоящий из многослойных углеродных нанотрубок и полистирола

3.6. УВЕЛИЧЕНИЕ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ ОРГАНОПЛАСТИКОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ АРАМИДНОГО ВОЛОКНА МНОГОСЛОЙНЫМИ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ

Шебанов М.С., Иванов В.Б., Калинина И.Г. // Российский химический журнал. – 2021. – Т.65, №4. – С.3-7

В статье приводятся результаты повышения прочности единичных филаментов сополимерного параарамидного волокна при обработке волокна многослойными углеродными нанотрубками. Эксперименты проводились на промышленной установке акционерного общества «Термотекс». Использовались многослойные углеродные нанотрубки производства Уральского научно-исследовательского института композиционных материалов. Окисление проводилось смесью концентрированных азотной и серной кислот. После отмывки кислот приготавливалась водная суспензия с использованием ультразвукового излучения. Водная суспензия окисленных многослойных нанотрубок обладала достаточной устойчивостью для проведения технологических экспериментов на серийном промышленном оборудовании. Определены параметры распределения Вейбулла для массивов экспериментальных данных прочности филаментов исходного волокна и филаментов образца волокна, обработанного многослойными углеродными нанотрубками. С использованием полученных результатов по методу Kelly и Tyson рассчитаны предельные экстремальные значения прочности композитов, изготовленных из испытанных образцов волокон.

3.7. О ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ АСПЕКТАХ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ “СУПЕР” ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА В КАТАЛИТИЧЕСКИ СИНТЕЗИРОВАННЫХ ГРАФИТОВЫХ НАНОВОЛОКНАХ

Нечаев Ю.С., Денисов Е.А., Черетаева А.О. // Кинетика и катализ. – 2022. – Т.63, №4. – С.526-539

В настоящей работе рассмотрены некоторые фундаментальные аспекты (основы) решения существующей долгое время (обсуждаемой многими исследователями на протяжении около 25 лет) проблемы “супер” хранения (по терминологии Маеланда (Maeland)) в каталитически синтезированных графитовых нановолокнах (ГНВ) “обратимого” (в количестве порядка 20–30 вес. %) и “необратимого” водорода (в количестве порядка 7–10 вес. %). Проблема была сформулирована в связи с экспериментальными результатами (группа Родригес и Бекера (Rodriguez and Baker)), запатентованными и опубликованными в 1997–2005 гг., которые другие исследователи не могли ни воспроизвести (кроме, в определенной мере, группы Гупты (Gupta) (2000–2006 гг.)), ни раскрыть их физику. Для более глубокого изучения этой актуальной проблемы и выявления ряда фундаментальных (в том числе кинетических и термодинамических) аспектов ее решения нами была модифицирована и использована эффективная методика обработки и анализа спектров термодесорбции водорода, а также связанных с ними термогравиметрических и других данных.

3.8. ФОРМИРОВАНИЕ МЕТАЛЛ-УГЛЕРОДНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ СПЛАВА $Cu-Fe$ И КАРБЕНИЗИРОВАННОГО ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛА

Васильев А.А., Дзидзигури Э.Л., Ефимов М.Н. // Физика и химия обработки материалов. – 2021. - №1. – С.58-66

Предложен способ получения наночастиц биметаллической системы $Cu-Fe$ с ограниченной взаимной растворимостью компонентов. Метод синтеза заключается в

одностадийном процессе ИК-пиролиза прекурсоров в виде пленок, полученных из совместного раствора полиакрилонитрила и гидратов нитратов железа и меди. Исследовано влияние температуры синтеза на формирование структуры нанокompозитов и фазового состава биметаллических наночастиц **Cu-Fe**, диспергированных в углеродной матрице. Анализ показал одновременное присутствие в нанокompозитах фаз **Fe** и **Cu**, предположительно с небольшой взаимной растворимостью компонентов. Средний размер частиц составляет 14-17 нм и с повышением температуры синтеза от 400 до 700°C изменяется незначительно. Повышение температуры синтеза до 800°C приводит к уширению распределения частиц по размерам и увеличению среднего размера. Обнаружено формирование сложных углеродных наноструктур на наночастицах **Cu-Fe**.

3.9. СИНТЕЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК С ПОМОЩЬЮ СВЧ: ТЕХНОЛОГИЯ, СВОЙСТВА И СТРУКТУРА

Щегольков А. В., Щегольков А.В. // Российский химический журнал. – 2021. – Т.65, №4. – С.56-60

В статье представлен синтез углеродных нанотрубок (УНТ) с помощью СВЧ, обоснована технология и проведено исследование свойства и структуры УНТ. Приведено описание аппаратурно-технологической схемы синтеза и обоснованы режимы СВЧ воздействия на каталитические системы на основе ферроценов ($C_{10}H_{10}Fe$). Для получения и анализа информации о морфологических особенностях синтезированных УНТ - использован метод сканирующей электронной микроскопии, а также спектроскопия комбинационного рассеяния и методы дифференциальной сканирующей калориметрии. УНТ имеют важное значение при модифицировании кремнийорганических матриц в этом отношении в статье имеются исследования, связанные с модифицированием полимеров с помощью синтезированных УНТ. Проводится оценка равномерности распределения УНТ в матрице полимера и исследуется теплопроводность кремнийорганического компаунда при различных концентрациях УНТ. Изменения теплопроводности составляет от 0,2 до 0,32 Вт/м°C при изменении концентрации УНТ от 1 до 7%.

3.10. ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ В СТРУКТУРЕ ОРИЕНТИРОВАННОГО МАССИВА УНТ И ЕГО МОДИФИКАЦИИ

Кондранова А.М., Городецкий Д.В., Баскакова К.И. // Международная конференция «Углерод: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, технология». Тезисы докладов. – 2022. – С.104

В настоящее время значительный интерес вызывает технология CVD синтеза массивов вертикально ориентированных УНТ. Такие материалы из направленных вертикально к подложке УНТ имеют возможность высокотехнологических применений. Известны примеры использования пленок, ориентированных нанотрубок для автоэмиссионных катодов в плоских дисплеях, в рентгеновских трубках, системах электронно-лучевой литографии, для электрохимических электродов в суперконденсаторах, в литий-ионных электродах, химических и биохимических сенсорах. Многие физические и химические свойства массивов УНТ зависят от длины, диаметра и дефектности УНТ. Важную роль для приложений играет макро- и микротекстура покрытия из УНТ.

4. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. СЫРЬЕ

4.1. ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛЕНКИ (ТРЕТЬЕГО ТЕЛА) НА ПРОЦЕСС ТРЕНИЯ И ИЗНАШИВАНИЯ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ КОМПОЗИТОВ

Шпенев А.Г., Муравьева Т.И., Шкалей И.В. // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2022. - №6. – С.90-95

Изучался процесс трения углерод-углеродных волокнистых композитных материалов и исследовано образование пленки продуктов износа (третьего тела) на поверхности трения. Испытания композитов на трение и износ проводили в диапазоне температур и давлений, характерных для работы авиационных тормозных систем и других высоконагруженных фрикционных узлов. Поверхность трения материала и третье тело исследовались методами растровой электронной микроскопии, сканирующей зондовой микроскопии и Раман-спектроскопии. Оценено влияние наличия пленки третьего тела и ее толщины на коэффициент трения и интенсивность изнашивания материала.

4.2. ОЦЕНКА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН

Яковлев Н.О., Гуляев А.И., Попкова Е.А. // Материалы XIV Всероссийской конференции «Физико-механические испытания, прочность и надежность современных конструкционных и функциональных материалов». – 2022. – С.227-239

С использованием разработанной программы анализа изображений обработаны фотографии поперечного сечения среднепрочных углеродных волокон, полученных с применением сканирующей электронной микроскопии. Проведена бинаризация фотографий, выделение единичных моноволокон, определение их контуров с последующим расчетом таких параметров как диаметр волокна (максимальный, минимальный и эквивалентный), площадь, длина периметра, шероховатость, эллиптичность (сплюснутость) и близость формы к виду эллипсоида с параметрами k равными 1, 2 и 3. Для последнего параметра предложен критерий оценки формы волокон степень эллиптичности.

4.3. ОЦЕНКА ПЛОЩАДИ УДАРНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ПКМ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ

Бойчук А.С., Диков И.А., Генералов А.С. // Труды ВИАМ. – 2022. - №7 (113). – С.125-133

Статья посвящена оценке площади ударных повреждений в образцах из углепластика после ударных воздействий. Показано, что контроль и оценку размеров повреждений можно проводить ультразвуковыми теньевым и эхо-импульсным, а также импедансным методами. Проведен сравнительный анализ оценки площадей ударных повреждений перечисленными методами. Оценку размеров ударных повреждений наибольшей точности можно получить при использовании автоматизированного ультразвукового эхо-импульсного метода с применением фокусированных преобразователей, а также при использовании ультразвуковых фазированных решеток. Рис. *Вид образца из углепластика после ударного воздействия*



4.4. ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ КОНСТРУКЦИОННЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В АВИАЦИОННОМ ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИИ

Мезенцев М.А., Мыктыбеков Б., Синицын А.В. // Машиностроение: Сетевой электронный научный журнал. – 2022. – Т.9, №1. – С.19-27

В работе представлены конструктивно-технологические решения по использованию керамических и композиционных материалов в конструкциях авиационного двигателя для сверхзвукового гражданского самолета. Получены сведения о физико-механических свойствах

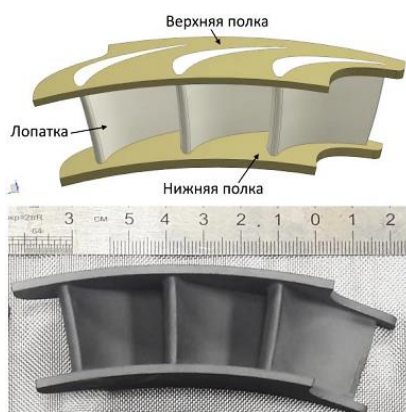


Рис. 4. Сегмент СА из керамического композиционного материала алмаз/SiC

керамических и композиционных материалов при нормальных и высоких (до 1500°C) температурах применительно к использованию их в перспективных двигателях для сверхзвукового гражданского самолета (СГС). В результате проведенных технологических и экспериментальных исследований демонстрируются:

- повышенная теплостойкость разработанных конструкций СА и ЖТ из выбранных неметаллических материалов,
- опытная технология изготовления СА из дисперсно-упрочненного алмазными частицами карбида кремния и ЖТ из армированного углеродными волокнами керамического композиционного материала на основе керамообразующего полимера.

4.5. КЕРНОВЫЕ ВОЛОКНА КАРБИДА КРЕМНИЯ ДЛЯ АРМИРОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ (ОБЗОР)

Шавнев А.А., Бабашов В.Г., Варрик Н.М. // Конструкции из композиционных материалов. – 2022. - №2 (166). – С.19-25

Рассмотрены некоторые аспекты создания металлических композиционных материалов на основе титановых матриц, армированных керновыми волокнами карбида кремния. Приведены данные источников научно-технической литературы по получению непрерывных волокон карбида кремния на углеродном и вольфрамовом керне методами нанесения на них покрытий, предотвращающих взаимодействие волокна с металлической матрицей, и технологиям изготовления конструктивных изделий из металлического композиционного материала **SiC-Ti**-сплав. Обозначены основные проблемы, возникающие при получении материалов данного класса.

4.6. ВЛАГОПЕРЕНОС В ЦИАНОФИРНОМ УГЛЕПЛАСТИКЕ ПРИ УСКОРЕННЫХ И НАТУРНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЯХ

Старцев В.О., Нечаев А.А. // Материалы XIV Всероссийской конференции «Физико-механические испытания, прочность и надежность современных конструктивных и функциональных материалов». – 2022. – С.214-226

В работе приведены сведения об изменении показателей влагопереноса наномодифицированных углепластиков при климатических испытаниях. Показано пластифицирующее действие влаги в углепластике на этапах климатического старения. Приведены модельные расчетные значения коэффициентов пластифицирующего воздействия влаги.

4.7. СВОЙСТВА УГЛЕПЛАСТИКОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ПАЙКИ

Тарабрина Т.Д., Нелюб В.А. // Технология металлов. – 2022. - №2. – С.21-27

Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований композиционного материала на основе неорганического связующего и углеродной ленты, на поверхность которой нанесено медное покрытие. Медное покрытие наносили с двух сторон толщиной 100 нм по технологии магнетронного распыления. Слои углеродной ленты перед пропиткой предварительно были соединены пайкой, что позволило повысить прочность композиционного материала при межслоевом сдвиге. Пропитку проводили по технологии вакуумной инфузии. В результате проведенных исследований установлено, что прочность при межслоевом сдвиге увеличивается на 70%. Основное преимущество таких композиционных материалов - высокие значения теплостойкости, которые превышают 1000°C.

4.8. К ВОПРОСУ О МЕТОДАХ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЛАГИ НА ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Васильева Е.Д., Васильева А.А., Кычкин А.К. // Материаловедение. Энергетика. – 2022. – Т.28, №1. – С.21-31

В данном обзоре рассматриваются методы определения поглощения и диффузии влаги в полимерных материалах с волокнистыми (ткаными) наполнителями на основе эпоксидной смолы. Среди большинства факторов отрицательно влияющих на конструкционные показатели ПКМ при длительном воздействии особо выделяется влияние влаги, запускающее процесс деградации полимерных систем. Положительное воздействие влаги на прочность в углепластиках в работе при повышенной температуре авторы объясняют пластифицирующим действием сорбированной влаги в эпоксидной матрице, которая приводит к релаксации внутренних напряжений в объеме углепластика. Равномерный прирост массы сорбированной влаги приостанавливается по достижению равновесного влагосодержания за 30 дней. В работе рассмотрено влияние аппрета на влагопоглощение и водопоглощение. После удаления излишка аппрета с наполнителя в углепластиках повысилась плотность и снизилась пористость, что стало причиной снижения водопоглощения в 1,5 раза и влагопоглощения в 2,6 раза.

4.9. ВЛИЯНИЕ АРМИРОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ, УГЛЕРОДНЫМИ И КЕРАМИЧЕСКИМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ НА ФИЗИЧЕСКИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ С МЕДНОЙ МАТРИЦЕЙ

К. Навин, Б. Аджая, А. Сайед Мохд // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2022. - №4 (802). – С.36-40

Изучены физические и механические свойства композитов, полученных армированием медной матрицы частицами порошка **Gr** (графита), **Ti**, **SiC** и **B₄C**. Определены плотность и пористость композитов после компактирования и спекания, а также твердость, структура и предел прочности на сжатие полученных образцов. Установлено, что плотность композитов меньше, чем у чистой меди, как после компактирования, так и после спекания. При этом после спекания плотность меди и композитов **Cu** - 10 % **Ti**, **Cu** - 10 % **SiC** и **Cu** - 10 % **B₄C** увеличивается, а композита **Cu** - 10 % **Gr** снижается. Армирование медной матрицы частицами **Ti** и **B₄C** повышает механические свойства композитов, а армирование графитом и **SiC** снижает.

4.10. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ВОЛОКНИСТЫХ АЛЮМОМАТРИЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, АРМИРОВАННЫХ УГЛЕРОДОМ

Чекин Р.В., Курганова Ю.А., Смирнов А.Е. // Заготовительные производства в машиностроении. – 2022. – Т.20, №6. – С.277-281

Проблемы совместимости при получении композиционных материалов предложено устранять предварительной металлизацией углеродной составляющей и комбинированной технологической схемой твердофазного диффундирования алюминиевой матрицы. Экспериментально оценен краевой угол смачивания, в результате чего подобран состав покрытия для наиболее эффективной металлизации на заготовительных этапах получения композиционного материала. Методами растровой электронной микроскопии исследована поверхность углеродных волокон. Исследования структуры экспериментальных образцов позволили установить возможность получения алюмоматричных композиционных материалов выбранного состава.

4.11. ПОЛУЧЕНИЕ, ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРЯЧЕПРЕССОВАННОГО УГЛЕРОД-КЕРАМИЧЕСКОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ КАРБИДА КРЕМНИЯ

Воронов В.А., Чайникова А.С., Лебедева Ю.Е. // Авиационные материалы и технологии. – 2022. - № 2 (67). – С.74-84

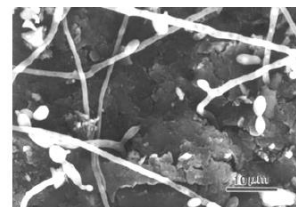
Исследовано влияние содержания и морфологии исходных компонентов, силицида бора и графита, технологических параметров механического воздействия на фазовый состав и микроструктуру углерод-керамических композиционных материалов. Определены физико-механические (пределы прочности при сжатии и изгибе) и термические (жаростойкость и термостойкость при температурах до 1500°C) свойства горячепрессованных керамических образцов на основе углерод-керамических композиционных материалов различного состава. Определены триботехнические (коэффициент трения, износ) свойства горячепрессованных керамических образцов на основе углерод-керамических композиционных материалов различного состава.

5. ПОЛИМЕРЫ. АЛМАЗЫ. ДРУГИЕ ВИДЫ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. БИОДЕГРАДАЦИЯ АРМИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ (ОБЗОР)

Усачева М.Н., Хрульков А.В. // Труды ВИАМ. – 2022. - №6 (112). – С.68-79

Рассматривается биологическое повреждение термопластичных и термореактивных армированных полимерных композиционных материалов (ПКМ), углеродных и стеклянных волокон и смол микроорганизмами и грибами. Показано, что биodeградация влияет на структурную целостность материала, его физические и механические свойства. Рассмотрены условия благоприятного развития микроорганизмов, механизм биodeградации, некоторые виды бактерий и грибов, поражающие ПКМ, и механизмы образования биопленок. Рис. *Микрофотография пораженной грибами эпоксидной матрицы в углепластике*



5.2. ТРУДНОГОРЮЧИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНА

Евтушенко Ю.М., Гончарук Г.П., Григорьев Ю.А. // Перспективные материалы. – 2021. - №5. – С.67-75

Исследованы электропроводящие трудногорючие композиционные материалы на основе полиэтилена, графита и некоторых антипиренов. Показано, что оптимальные электропроводящие свойства и категория стойкости к горению (V0) в соответствии со стандартом UL 94 достигаются за счет модифицирования графитсодержащего композиционного материала на основе полиэтилена низкого давления полифосфатом аммония и (или) гидроксидом алюминия. Установлено, что порог перколяции композиционного материала на основе полиэтилена высокого давления и графита наблюдается при значительно более высоких значениях массовой доли графита. Сделан вывод о том, что снижению порога перколяции полиэтилена при наполнении графитом способствует повышение степени кристалличности связующего. Формирование структурированных непрерывных проводящих кластеров в композиционном материале происходит при меньших значениях массовой доли наполнителя. \

5.3. ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТЫ С ГРАФЕНОМ И ЕГО ПРОИЗВОДНЫМИ КАК ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ БУДУЩЕГО

Гудков М.В., Столярова Д.Ю., Шиянова К.А. // Высокомолекулярные соединения. Серия С. – 2022. – Т.64, №1. – С.45-68

Рассмотрены подходы к получению полимерных композиционных материалов, наполненных графеном и его производными, методы введения графена и его функционализированных форм в полимерные матрицы, а также влияние наполнителей на электрофизические, механические и электрореологические свойства и структуру материалов. Указаны направления развития исследований, которые могут привести к ускорению процесса внедрения полимерных композитов с графеном и производными графена в инновационные продукты мирового уровня и в повседневную жизнь.

5.4. КИНЕТИКА ДИФФУЗИИ И СОРБЦИИ В ПРОЦЕССАХ СТАРЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ (ОБЗОР)

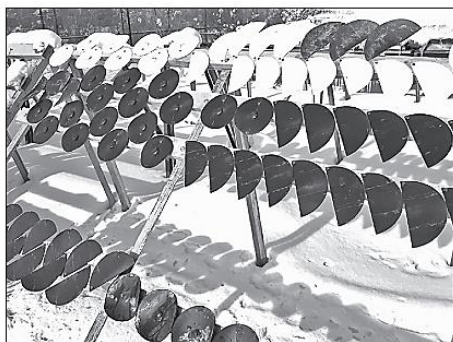
Далинкевич А.А., Фомин Л.В., Мельников В.В. // Коррозия: материалы, защита. – 2021. - №3. – С.1-14

В обзоре последовательно рассмотрено шесть основных диффузионно-сорбционных моделей: модель Фика, модель Лэнгмюра, модель молекулярной релаксации, модель Якоба-Джонса (двухфазная модель), модель с переменным коэффициентом диффузии и диффузионно-конвективная модель. Анализ перечисленных моделей переноса представлен на примерах диффузии и сорбции влаги в эпоксидных полимерах и композитах (углепластиках). Сравнение показало, что для эпоксидного полимера одинаково хорошие совпадения расчета и эксперимента наблюдаются для двухфазной модели и модели с переменным коэффициентом диффузии, а для эпоксидных углепластиков - в случае модели с переменным коэффициентом диффузии и модели Лэнгмюра. Показано, что рациональный выбор модели переноса должен опираться не только на качество аппроксимации, но прежде всего на данные физико-химических исследований о характере и интенсивности межмолекулярного взаимодействия в паре полимер-сорбируемое вещество.

5.5. РАЗРАБОТКА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА С ВЫСОКОЙ СТАБИЛЬНОСТЬЮ СВОЙСТВ В УСЛОВИЯХ РЕЗКО-КОНТИНЕНТАЛЬНОГО КЛИМАТА

Колесова Е.С., Гоголева О.В., Петрова П.Н. // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. – 2021. – Т.26, №4. – С.121-131

В настоящее время при разработке новых функциональных полимерных материалов, особенно арктического назначения, недостаточно обеспечить им повышение основных эксплуатационных показателей - прочности, эластичности, износостойкости, а необходимо создавать полимерные материалы с учетом обеспечения многочисленных требований к эксплуатации. Одно из важных требований - стабильность свойств при воздействии климатических факторов. В данной работе приведены результаты сравнительных исследований физико-механических свойств сверхвысокомолекулярного полиэтилена и модифицированных полимерных композиционных материалов. Также изучены изменения физико-химической



образцы.

структуры методом ИК-спектроскопии. Установлено, что в условиях резко-континентального климата Якутии сверхвысокомолекулярный полиэтилен и композит, содержащий 5 мас. % углеродных волокон марки «Белум», подвергаются старению уже к четвертому месяцу экспонирования. Поэтому климатические испытания проводились на данном композиционном материале. Образцы в виде пластин и столбиков были выставлены в марте 2018 г. на открытый полигон при естественных атмосферных условиях г. Якутск. Рис. *Экспонированные*

5.6. НОВЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕРМОМЕНЕДЖМЕНТА НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДА

Потапов С.Н., Козлов Д.В. // Материалы XIV отраслевой научно-технической конференции «Информационно-управляющие и измерительные системы». – 2021. – С.248-252

В области теплоотвода быстрее всего развитие идет для композитов на основе углеродных материалов и в системах активного охлаждения с использованием фазовых переходов. Углеродные материалы в форме графитов или синтетических алмазов комбинируются с металлами, что позволяет значительно снизить плотность и, в случае использования графитов, значительно упростить механическую обработку. В общем случае использование пассивных систем охлаждения с высокотеплопроводными материалами предпочтительнее благодаря их компактности, простоте и высокой надежности.

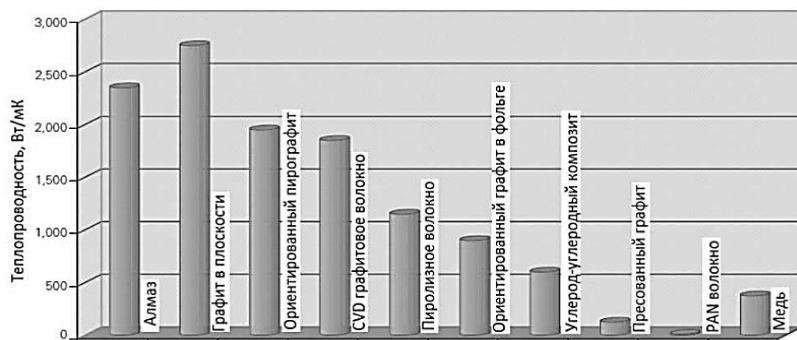


Рисунок 1 – Теплопроводность графитированных (sp2) и алмазоподобных (sp3) форм углерода.

5.7. ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТЕРМИЧЕСКИ РАСШИРЕННОГО ГРАФИТА ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯНЕННЫХ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Султыгова З.Х., Темирханов Б.А., Арчакова Р.Д. // Экология и промышленность России. – 2021. – Т.25, №7. – С.37-41

Исследованы свойства сорбента на основе терморасширенного графита (СТРГ). Данный сорбент предложено использовать при ликвидации аварийных разливов нефти и продуктов ее переработки с водной поверхности. Проанализирована пористость СТРГ с помощью ртутного порозиметра Pascal 140 и 240 Evo. Показано, что исследуемый образец является объемно-пористым материалом с удельным объемом пор $35,5 \text{ см}^3/\text{г}$. Установлено, что доступная пористость составляет более 97,2 %. Изучено распределение пор по размерам. На основе данных пористой структуры проведены исследования по сорбции нефти и нефтепродуктов этим сорбентом. Показана высокая эффективность СТРГ при очистке зеркала воды от нефти и нефтепродуктов. Исследованы основные свойства, предъявляемые к нефтяным сорбентам.

5.8. ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕРМОРАСШИРЕННОГО ГРАФИТА

Каллаев С.Н., Бакмаев А.Г., Бабаев А.А. // Теплофизика высоких температур. – 2022. – Т.60. №1. – С.19-22

Проведены исследования теплофизических и электрических свойств терморасширенного графита в области температур 300-800 К. Установлено, что фононный вклад в процессы теплопереноса в терморасширенном графите является доминирующим. Определена зависимость средней длины свободного пробега фононов от температуры. На температурных зависимостях теплоемкости C_p , теплопроводности и электропроводности обнаружены слабые аномалии в области температур 550-600 К. Показано, что теплопроводность в терморасширенном графите на два порядка меньше, чем в обычном графите, и на три порядка меньше, чем в графене и углеродных нанотрубках.

5.9. РАСТИТЕЛЬНЫЕ ВОЛОКНА И ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ИХ ОСНОВЕ. ОБЗОР

Чашилов Д.В., Атясова Е.В., Блазнов А.Н. // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2021. - №12. – С.18-27

В обзоре представлены сведения о наиболее распространенных волокнах, извлеченных из растительного лигноцеллюлозного сырья. Растительные волокна используются как волокнистый армирующий наполнитель полимерных композиционных материалов (ПКМ) на различных полимерных матрицах. Показаны основные проблемы использования таких материалов - обеспечение надежной связи между армирующим наполнителем и полимерной матрицей, необходимость защиты от воздействия влаги, нестабильность механических свойств волокнистого армирующего наполнителя. Наиболее распространенными сферами применения ПКМ, усиленных растительными волокнами, является автомобилестроение и производство строительных материалов. Перспективно создание на основе таких ПКМ-групп функциональных материалов.

5.10. ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАССЛОЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ОТРЫВЕ

Гриневич Д.В., Яковлев Н.О., Славин А.В. // Деформация и разрушение материалов. – 2022. - №1. – С.2-10

Выполнено расчетно-экспериментальное исследование расслоения углепластика на основе среднечеткого углеродного жгута SYT49S и эпоксидной матрицы ВСЭ-1212. Моделирование проведено для зоны когезии двухконсольной балки в условиях отрыва. Обсуждены особенности определения параметров модели (интерфейсной прочности, интерфейсной жесткости и длины зоны когезии) для оценки характерного размера элемента модели.

6. ОБЗОР РЫНКОВ И ПРОИЗВОДСТВА

6.1. РЫНОК УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН (КАРБОН). ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ И МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ. ОЦЕНКА И ПРОГНОЗ

<https://marketing.rbc.ru/research/39665/>. - 2021



Рынок углеродных волокон или как их еще называют карбона в России находится на начальном этапе своего развития. Количество отечественных предприятий малочисленно. Однако перспективность материала крайне привлекательна.

Высокие барьеры входа, в первую очередь финансовые, сдерживают рост. Вместе с тем, в ближайшие годы мы можем наблюдать появление предприятий, производящих углепластики, что будет стимулировать и увеличение производственных мощностей заводов по выпуску углеродных волокон.

В мире назревает дефицит предложения углеродных волокон. В связи с этим ведущие мировые игроки расширяют количество своих производственных площадок и ведут постоянный мониторинг как существующих, так и потенциальных рынков сбыта.

В исследовании представлены данные мирового предложения и спроса. Отдельно проанализированы тенденции российского рынка углеродных волокон. Проведена оценка тех отраслей экономики, производители которых являются потребителями карбона. Представлены прогнозные значения и перспективные отечественные проекты, которые могут стимулировать рост спроса на углепластик. Проведен анализ не только производственных параметров, но также правовых и экономических.

Источниками первичной и вторичной информации послужили экспертные интервью с представителями бизнес-сообщества, профильные средства массовой информации, государственные программы РФ, специализированные интернет-ресурсы и расчеты аналитического бюро «СтекТех».

6.2. КЛАССИФИКАЦИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ И МЕТОДОВ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ ДЛЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

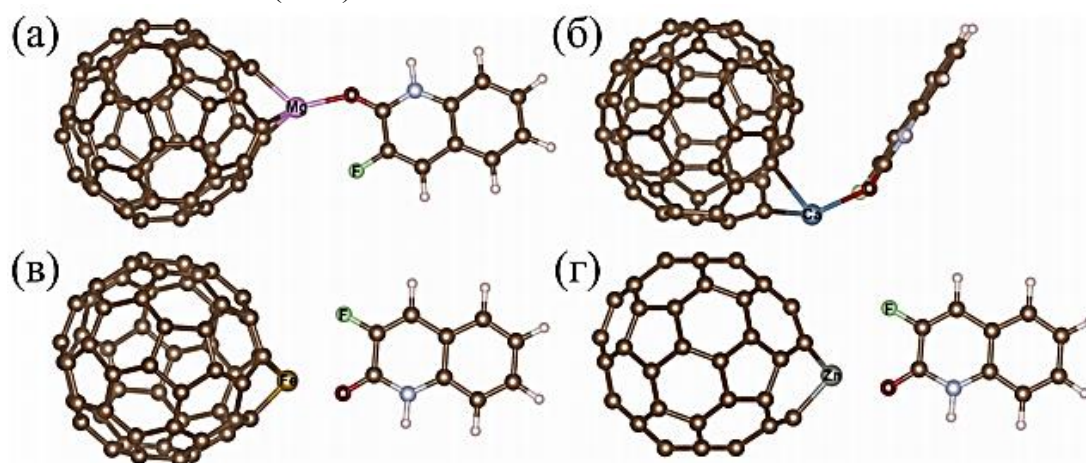
Перевертов В.П., Абулкасимов М.М., Акаева М.О. // Промышленный транспорт Казахстана. – 2021. - №1 (70). – С.18-27

Рассмотрена классификация порошковых наноматериалов для альтернативных технологий формообразования деталей на основе анализа эволюции развития мировых технологий – «Индустрия 1.0» – «Индустрии 4.0». Этап «Индустрии 4.0» – это развитие «умных» производственных систем (УПС), составными элементами которой являются гибкие производственные системы (ГПС), «умные» инфраструктура и вокзалы, дома и интернет-магазины, роботизированный умный подвижной состав и т.д. Тренд «Индустрии 4.0» – это аддитивные технологии (АТ) и быстрое производство изделий с помощью технологий 3D и 4D – печати (3D и 4D-принтер), управляемые концентрированные потоки энергии (лазерные, плазменные, ионные), системы контроля и диагностики параметров технологии в составе цифровых (адаптивных) систем управления, быстродействующие датчики и исполнительные органы технологического оборудования – основные элементы умных производственных систем (УПС). 4D-принтер использует для печати реально.

7. НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, СООБЩЕНИЯ

7.1. Маслов М. // ПерсТ. – 2022. – Т.29, № 7 // <http://www.nanometer.ru/>

Авторы работы заинтересовались детектированием фторхинолонов (ФХ). Дело в том, что фторхинолоновые антибиотики, которые активно применяются в медицине и ветеринарии при лечении различных бактериальных инфекций, не могут полностью разлагаться в организме человека и животных, поэтому проникают в почву вместе со сточными водами. Накапливаясь, они начинают угрожать серьезными рисками не только для здоровья людей, но и для почвенной экосистемы и водных ресурсов. В связи с этим актуальной задачей является разработка и внедрение эффективных методов выделения ФХ из загрязненной среды. Исследователи [1] в качестве базового элемента будущей технологии идентификации фторхинолонов выбрали классический фуллерен C₆₀ и его производные, легированные атомами **Mg**, **Ca**, **Fe** и **Zn**. Они внимательно изучили механизмы адсорбции антибиотика фуллереном с помощью теории функционала плотности (DFT).

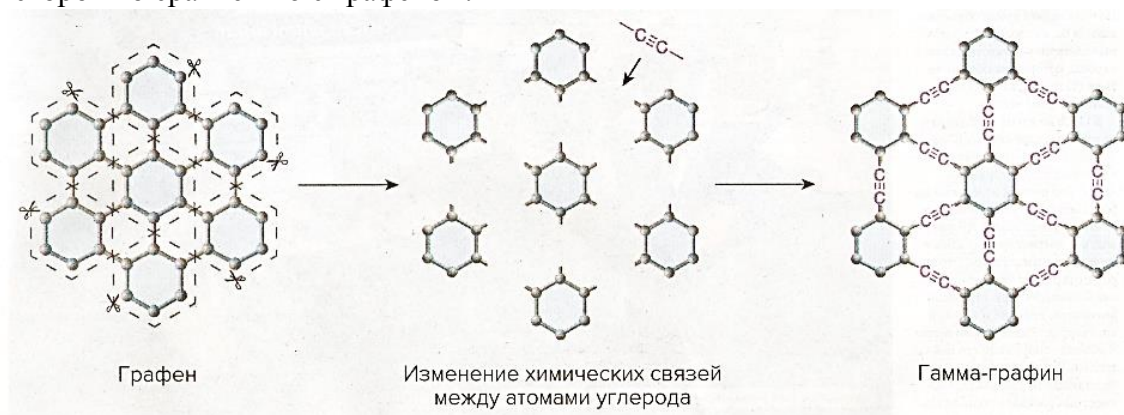


Молекулярные комплексы фуллеренов, легированных атомами: а) – Mg, б) – Ca, в) – Fe и г) – Zn, с адсорбированными молекулами фторхинолонов, оптимизированные на уровне теории B3LYP/6-311G(d,p)

7.2. БУДУЩЕЕ В ГРАФИНЕ

Данилов Е.А. // Страна Росатом. – 2022. - №31. – Лаборатория. - №7-8. – С. 7

Углерод - один из лидеров по количеству аллотропов, он существует в форме нанотрубок и фуллеренов, алмаза, графита, графена, угля, карбина и т. д. Если взять графит и срезать с него одноатомный слой, то этот слой будет другой аллотропной модификацией - графеном. В этом веществе атомы образуют друг с другом по три химические связи: одну двойную и две одинарные. А если изменить структуру графена так, чтобы связей было две - тройная и одинарная, это будет графин. Что касается графина, то этот материал тоже довольно часто изучают, его свойства хорошо описаны. Физики начали заниматься графином еще в 1960-е годы, тогда же были получены первые многослойные структуры и цепочки карбина. В последние годы ученые активно занимаются синтезом однослойного материала с использованием реакций органической химии. Он может найти применение в новых электронных устройствах, которые будут иметь двухмерную и трехмерную архитектуру вместо традиционной - так можно будет добиться очень высокой плотности размещения элементов. Кроме того, вполне возможно, графин окажется более перспективным материалом транзисторов по сравнению с графеном.



8. ПАТЕНТЫ

Получены новые патенты (АО «НИИграфит»)

1. СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОПОРИСТОГО ОТКРЫТОЯЧЕИСТОГО УГЛЕРОДНОГО МАТЕРИАЛА / Method For Producing Highly Porous Open-Cell Carbon Material

Международная заявка WO № 2022050867 от 10.03.2022 года, 3.№ PCT/RU2020/000761 от 28.12.2020 года. Патентообладатель: Акционерное общество "Наука и инновации" Joint Stock Company "Science And Innovations" [ru]. Автор(ы): Пономарева Дарья Владимировна (RU), Тимошук Елена Игоревна (RU), Ляпин Ильнур Ибрагимович (RU), Самойлов Владимир Маркович (RU), Гареев Артур Радикович (RU), Тахтин Валерий Юрьевич (RU), Широков Руслан Евгеньевич (RU) - C01B 32/00

Изобретение относится к способу получения высокопористого открытоячеистого углеродного материала. Заготовку из пенополиуретана, пропитанную синтетической термореактивной смолой, нагревают до 1000°C и выдерживают при этой температуре в



инертной атмосфере, и насыщают карбонизованную заготовку пироуглеродом из газовой фазы. Пропитку синтетической термореактивной смолой ведут под воздействием ультразвука в течение не менее 30 минут с последующей конвективной сушкой при температуре не более 80°C в течение 5-30 минут. Термообработку проводят с постоянной скоростью нагрева 3-4°C/мин, с изотермической выдержкой течение не менее 30 минут. Насыщение пироуглеродом проводят при температуре не менее 950°C в атмосфере метана до достижения прироста массы не менее 150% от массы заготовки.

The invention relates to a method for producing highly porous open-cell carbon material. A blank of polyurethane foam impregnated with synthetic thermosetting resin is heated to 1000°C and held at that temperature in an inert atmosphere, and the carbonized blank is saturated with pyrocarbon from the gas phase. Impregnation with synthetic thermosetting

resin is carried out under the action of ultrasound for not less than 30 minutes, followed by convective drying at a temperature of not more than 80°C for 5-30 minutes. Heat treatment is performed with a constant heating rate of 3-4°C/min, with an isothermic hold time of not more than 30 minutes. Saturation with pyrocarbon is carried out at a temperature of not less than 950°C in a methane atmosphere until the increase in mass reaches not less than 150% of the mass of the blank.

2. СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОРАСSEИВАЮЩЕГО АНИЗОТРОПНОГО КОНСТРУКЦИОННОГО ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА И ТЕПЛОРАСSEИВАЮЩИЙ АНИЗОТРОПНЫЙ КОНСТРУКЦИОННЫЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ

Патент RU № 2765849 от 03.02.2022 года, 3.№ 2021109555 от 07.04.2021 года. Патентообладатель Акционерное Общество "Научно-исследовательский институт конструкционных материалов на основе графита "НИИГрафит" (RU) Автор(ы): Данилов Егор Андреевич (RU), Самойлов Владимир Маркович (RU), Каплан Иннокентий Маратович (RU), Романов Никита Сергеевич (RU) - C09K 5/00

Изобретение относится к теплорассеивающим диэлектрическим полимерным композиционным материалам для различных отраслей электроники (микроэлектроника, вакуумные приборы, плазменные и лазерные технологии). Соответствующие теплорассеивающие конструкционные материалы используются в том числе для изготовления радиаторов охлаждения и теплорассеивающих корпусов. Предлагаемое решение относится к



технологичным способам получения теплорассеивающего конструкционного композиционного материала, состоящего из гексагонального нитрида бора и термореактивной фенолформальдегидной смолы в качестве полимерной матрицы, полученного методом жидкофазного смешивания, в т.ч. с использованием высокоскоростного механического диспергирования, с последующим удалением растворителя и одноосным прессованием в металлическую матрицу при температуре 120-180°C, в течение 60-90 мин, при давлении 40-80 МПа, с последующим охлаждением до комнатной температуры и механической обработкой. Теплорассеивающий анизотропный конструкционный диэлектрический композиционный материал имеет максимальную теплопроводность Увеличенное изображение (открывается в отдельном окне) при измерении в направлении теплового потока, перпендикулярном оси приложения нагрузки при прессовании, 2,4-18,5 Вт/(м·К),

минимальную теплопроводность Увеличенное изображение (открывается в отдельном окне) при измерении в направлении теплового потока, параллельном оси приложения нагрузки при прессовании, 1,5-10,0 Вт/(м·К), причем анизотропия теплопроводности (соотношение максимального и минимального значений теплопроводности во взаимно перпендикулярных направлениях) при любом способе реализации изобретения составляет 1,45 и более. Материал является диэлектрическим, причем его удельное электросопротивление при постоянном токе составляет не менее 109 Ом·см, а диэлектрическая проницаемость при частоте 1 кГц - не более 10, является конструкционным с пределом прочности при сжатии не менее 20 МПа и модулем упругости не менее 4,5 ГПа и может механически обрабатываться в изделия всеми традиционными способами, обладает высокими термическими свойствами. Теплорассеивающий анизотропный конструкционный диэлектрический композиционный материал имеет при содержании наполнителя BN 50 об.% модуль упругости не менее 12,5 ГПа и предел прочности при сжатии не менее 60 МПа, тем самым он является пригодным для изготовления высоконагруженных теплорассеивающих конструкций. При содержании наполнителя BN 85 об.% имеет массовые потери образца при нагревании до 250°C методом термогравиметрического анализа менее 0,2%, а долговременная температурная стабильность составляет 422°C, коэффициент термического расширения не более $25 \cdot 10^{-6}$ К⁻¹, тем самым он является пригодным для охлаждения высокотеплонагруженных электронных узлов в условиях значительных локальных перегревов.

3. СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ГИБРИДНОГО ПЬЕЗОМАТЕРИАЛА / Method For Producing A Hybrid Piezomaterial

Международная заявка WO № 2022146158 от 07.07.2022 года, 3.№ PCT/RU2020/000760 от 28.12.2020 года. Патентообладатель: Акционерное общество "Наука и инновации" Joint Stock Company "Science And Innovations" [ru]. Автор(ы): Данилов Егор Андреевич (RU), Самойлов Владимир Маркович (RU), Веретенников Михаил Романович (RU), Дарханов Евгений Владленович (RU), Михеев Денис Александрович (RU), Гареев Артур Радикович (RU), Парамонова Надежда Дмитриевна (RU). B82Y 40/00

Изобретение относится к электротехнике, нанотехнологии и может быть использовано при изготовлении широкой линейки электротехнической продукции. Технической задачей заявленного способа является создание гибкого пьезоматериала с использованием проводящих слоев графеновых частиц и серебряных наностержней в составе электродов. Технический результат заключается в получении пьезоматериала со сниженным электросопротивлением, в котором присутствуют углеродные наноструктуры. Технический результат является следствием применения технологии создания вышеуказанного пьезоматериала, состоящей в: получении гибридной графен-серебряной суспензий, которая наносится на поверхность пьезоматериала, поверхность которого предварительно обработана плазменной обработкой и имеет на поверхности структуру, сформированную фотолитографическим или иным методом. Нанесение суспензии осуществляется по технологии Ленгмюра-Блоджетт. Полученная структура подвергается процессу сушки, который осуществляется в сушильном шкафу при температуре 40-45°C в течении 30 минут. Заявленный пьезоматериал имеет коэффициент пропускания в оптической области 65%, не менее.

The invention relates to electrical engineering and nanotechnology and can be used in the manufacture of a wide range of electrical products. The claimed method solves the technical problem of creating a flexible piezomaterial using conductive layers of graphene particles and silver nanorods to form electrodes. The technical result is the production of a piezomaterial with reduced electrical resistance, which contains carbon nanostructures. The technical result is a consequence of using a technique to produce said piezomaterial which consists in: obtaining a hybrid graphene-silver suspension and applying same to the surface of a piezomaterial, the surface of which has been pretreated by plasma processing and has a surface structure formed by photolithography or by another method. The suspension is applied using the Langmuir-Blodgett technique. The resulting structure is subjected to a drying process carried out in a drying oven at a temperature of 40-45°C for 30 minutes. The claimed piezomaterial has a transmittance of at least 65% in the optical range.