



НИИГРАФИТ
РОСАТОМ



РЕФЕРАТИВНЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ
научно-технической и
патентной информации по
УГЛЕРОДНЫМ МАТЕРИАЛАМ

№ 12 – 2020



Москва, АО «НИИГрафит»

РЕФЕРАТИВНЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ**научно-технической и патентной информации по****УГЛЕРОДНЫМ МАТЕРИАЛАМ****№ 12 – 2020****Составитель и редактор****Шишкова****Ирина Васильевна*****ishishkova@niigrafit.org*****Раздел «Патенты»****Шульгина****Людмила Николаевна*****lshulgina@niigrafit.org*****Перевод –****Шишков****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 №12 – 2020

1. Волокна и композиты	4
1.1. Углеродные волокна и композиты	4
1.2. Углеродные материалы для теплозащиты.....	7
1.3. Целлюлоза, вискоза. УМ в медицине.....	9
1.4. Композиты в строительстве. Базальт.....	11
2. Атомная и альтернативная энергетика	13
3. Наноматериалы, фуллерены, графен	14
4. Методы исследования. Сырье.....	17
5. Полимеры. Алмазы. Другие виды углеродных материалов	20
6. Обзор рынков и производства	22
7. Научно-популярные материалы, сообщения.....	23
8. Патенты.....	25





Дорогие коллеги!
Поздравляем вас с наступающим Новым 2021 годом и Рождеством!
Уходящий год стал для нас всех периодом испытаний. Изменилась наша жизнь, наши отношения и связи. Пусть новый год будет для вас плодотворным и успешным. Здоровья, мира, добра всем. Берегите себя и своих близких.

1. ВОЛОКНА И КОМПОЗИТЫ

1.1. УГЛЕРОДНЫЕ ВОЛОКНА И КОМПОЗИТЫ

1.1.1. МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА Pb-C И УГЛЕРОДНОГО ПОКРЫТИЯ

Сергеенко С.Н., Васильев А.Н., Василенко Д.В.// Информационно-технологический вестник. – 2020. - №3 (25). – С.166-174

Предложена методика и проведена многокритериальная оптимизация значений технологических факторов получения порошкового композиционного материала **Pb-C** и углеродных покрытий. Определены оптимальные значения: - содержания и типа армирующих нитей, обеспечивающих повышенный комплекс механических свойств при минимальном содержании армирующих нитей; - содержания графита и продолжительности механической активации шихты, обеспечивающих повышенные значения прочности на срез и твердости композиционного материала **Pb-C** электрода свинцово-кислотного аккумулятора при утилизации отходов. На основе проведенной многокритериальной оптимизации предложены улучшенные технологические схемы изготовления композитов.

1.1.2. СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ТИТАН-УГЛЕРОДНЫХ ПОКРЫТИЙ, ФОРМИРУЕМЫХ КОМБИНИРОВАННЫМ МЕТОДОМ

Кулеш Е.А., Рогачёв А.В., Пилипцов Д.Г. // Проблемы физики, математики и техники. – 2020. - №3 (44). – С.35-43

Рассмотрены особенности структуры, фазового состава и механические свойства (нанотвердость, модуль Юнга, коэффициенты трения и износа) композиционных титан-углеродных покрытий, осажденных ионно-плазменным методом в атмосфере углеводородного газа при различном давлении. Установлено, что углеродные титансодержащие покрытия, осаждаемые в среде углеводородного газа, характеризуются меньшей степенью структурной упорядоченности и более низким размером Csp^2 -кластеров по сравнению с покрытиями, сформированными при отсутствии углеводородного газа. При этом регистрируется значительное снижение шероховатости и уменьшение микротвердости. Показано, что при введении в камеру C_3H_8 до давлений, не превышающих $6,7 \times 10^{-2}$ Па, происходит резкое снижение коэффициента трения (до значений 0,15) и износа контртела. При дальнейшем повышении давления реактивного газа наблюдается увеличение коэффициента трения и износ контртела.

1.1.3. РАСПРОСТРАНЕНИЕ ТРЕЩИН В ВОЛОКНИСТЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ СИСТЕМЫ $Ti-SiC$ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ (ОБЗОР)

Серпова В.М., Сидоров Д.В., Шавнев А.А. // Труды ВИАМ. – 2020. - №9 (91). – С.52-60

Представлен научно-технический литературный обзор особенностей распространения трещин в волокнистых металлических композиционных материалах (МКМ) системы $Ti-SiC$ в условиях действия циклических нагрузок. Приведены механизмы, обеспечивающие сопротивление развитию трещины, и факторы, влияющие на процесс роста трещин в волокнистых МКМ системы $Ti-SiC$. Рассмотрено влияние температуры, частоты и среды на скорость распространения трещины в волокнистых МКМ системы $Ti-SiC$ при действии циклических нагрузок. В заключении обзора сделаны выводы и показано, что распространение усталостной трещины и сопротивление ее росту в МКМ системы $Ti-SiC$ связаны со структурными особенностями материала.

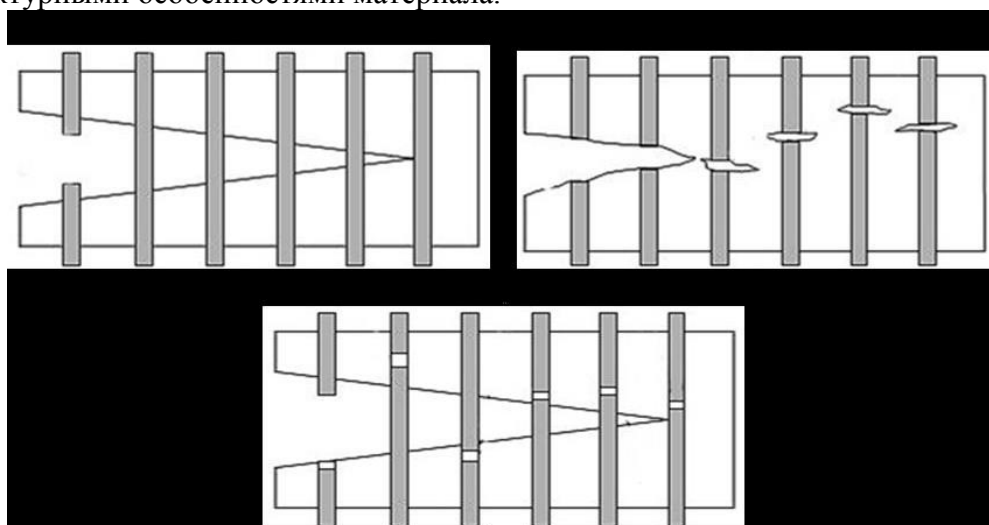


Рис. Схематическое изображение разрушения волокнистых композитов

1.1.4. АНАЛИЗ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ УГЛЕПЛАСТИКА, ИЗГОТОВЛЕННОГО АВТОКЛАВНЫМ ФОРМОВАНИЕМ, ПО ПАРАМЕТРАМ СИГНАЛОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

Степанова Л.Н., Рамазанов И.С., Чернова В.В. // Конструкции из композиционных материалов. – 2020. - №3 (159). – С.25-31

Приведены результаты испытаний трех групп образцов из углепластика Т800 при их статическом нагружении на растяжение при температурах $T_1 = 20^\circ\text{C}$ и $T_2 = 100^\circ\text{C}$. Углепластики изготовлены автоклавным формованием при температурах 80, 135 и 18 $^\circ\text{C}$. В процессе статического нагружения образцов методом акустической эмиссии (АЭ) регистрировали сигналы от дефектов в них. По анализу изменения активности сигналов АЭ, коэффициента роста активности и энергетического параметра MARSE определены этапы разрушения углепластика. Установлено, что предложенный критерий оценки начала разрушения углепластика, основанный на анализе параметров сигналов АЭ, позволяет определить моменты перехода процессов накопления повреждений к началу активного разрушения конструкции.

1.1.5. РАЗРАБОТКА ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ОЦЕНКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ КОМПОЗИТНЫХ УЗЛОВ ИЗДЕЛИЙ АВИАЦИОННОЙ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ (ОБЗОР)

Беловолов М.И., Беловолов М.М., Семенов С.Л. // Конструкции из композиционных материалов. – 2020. - №3 (159). – С.45-53.

Рассмотрены волоконно-оптические датчики (ВОД) на волоконных брегговских решетках (ВБР), методы их интеграции в полимерные композиционные материалы (ПКМ) и контроля их характеристик. Выявлены направления разработки ВОД для контроля качества элементов и узлов изделий летательного аппарата (ЛА), изготовленных из ПКМ. Определены максимально допустимые воздействия на оптическое волокно и датчики на его основе. Проанализирована тенденция изготовления многосенсорных конструкций ВОД на монолитном волокне с записанными в сердцевине ВБР или миниатюрных конструкций для одновременной работы двух-четырех и большего количества независимых сенсоров на одном волокне без увеличения поперечных габаритов волоконного датчика. Выявлена возможность использования протяженного целостного волокна как распределенного многосенсорного чувствительного элемента, встроенного в конструкцию крыла самолета или в корпус космического ЛА. Выявлена и экспериментально подтверждена возможность создания волоконно-оптических датчиков акустической эмиссии (ВОД АЭ) для мониторинга ресурса прочности и долговечности конструкций из КМ со встроенными оптическими волокнами.

1.1.6. ВЛИЯНИЕ ЗАЗОРА КАЛАНДРОВ НА СОХРАНЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА ПРИ ПРОПИТКЕ ОДНОНАПРАВЛЕННОГО ПРЕПРЕГА

Гусев Ю.А., Твердая О.Н. // Труды ВИАМ. – 2020. - №9 (91). – С.61-67

Приведены результаты работ, выполненных во ФГУП «ВИАМ» в рамках исследований влияния зазора каландров на сохранение свойств углеродного волокна при пропитке однонаправленного препрега. Представлены прочностные свойства при растяжении

углепластика на основе однонаправленного препрега, изготовленного без зазора и с зазором каландров. В результате можно заключить, что для выбранных объектов исследования такой технологический параметр, как зазор, при пропитке однонаправленных материалов не оказывает влияния на сохранение прочностных характеристик углеродного волокна.

1.2. УГЛЕРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕПЛОЗАЩИТЫ

1.2.1. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ГИБКИХ СИСТЕМ ТЕПЛОЗАЩИТЫ СОВРЕМЕННЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ (ОБЗОР)

Бабашов В.Г., Варрик Н.М. // Перспективные материалы. – 2020. - №6. – С.10-21

Обзор посвящен актуальной сегодня проблеме разработки высокотемпературных систем теплозащиты для новых видов космической и авиационной техники. Исследование было сфокусировано на термостойких гибких материалах с низкой теплопроводностью, предназначенных для пассивной теплозащиты конструкций летательных аппаратов без использования принудительной циркуляции теплоотводящих охлаждающих веществ. Изучены источники научно-технической информации, посвященные гибким системам теплозащиты, способным работать при высокой температуре и длительном времени эксплуатации, а также методам их получения. На основании изученной патентной и научно-технической литературы сформулированы основные требования к гибким теплозащитным системам и пути обеспечения основных эксплуатационных свойств. Определены тенденции развития гибких систем теплозащиты многократного использования, предназначенных для защиты от перегрева несущих конструкций летательных аппаратов.

1.2.2. ПОВЫШЕННАЯ СЖАТИЕМ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ УГЛЕРОДНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

Compression-Enhanced Thermal Conductivity Of Carbon Loaded Polymer Composites / Ohayon-Lavi A., Buzaglo M., Ligati S. // Carbon. – 2020. – Vol.163. – P.333-340

Миниатюризация, интеграция и совместимость электронных устройств диктуют необходимость эффективного управления температурным режимом для предотвращения накопления тепла, что может снизить скорость работы и сократить срок их службы. Решение этой проблемы требует разработки новых композиционных материалов на основе полимеров с повышенной теплопроводностью. Здесь мы сообщаем о подходе на основе сжатия (25–250 бар) для приготовления полимерных композитов, наполненных гибридными наполнителями на основе углерода, т.е. нанопластин графена и чешуйки графита. Наполнители на основе углерода вносят значительный вклад в теплопроводность композита, в то время как наночастицы нитрида бора подавляют электрическую проводимость, чтобы избежать коротких замыканий. Оптимальная теплопроводность $27,5 \text{ Вт} \cdot (\text{м} \cdot \text{К})^{-1}$ получен для сжатой системы (измеренной при атмосферном давлении) для эпоксидного полимера, содержащего 30 мас.% графеновых нанопластинок и 40 мас.% графитовых хлопьев по сравнению с $0,2 \text{ Вт} \cdot (\text{м} \cdot \text{К})^{-1}$ чистого термореактивного полимера. (Ш.) (Англ)

1.2.3. НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ И ТКАНЕЙ ДЛЯ БОЕВОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНОГО

Кисляков Р.А., Иванов А.В., Панкратов И.А. // Материалы международной научно-практической конференции «Пожарная безопасность: Современные вызовы. Проблемы и пути решения». – 2020. – С.101-103

Рассмотрены вопросы, связанные с защитными свойствами боевой одежды пожарного. Требования, предъявляемые к современной одежде пожарного основаны на многолетних испытаниях и исследованиях, которые направлены на создание тканей и материалов устойчивых к воздействию открытого пламени и теплового потока, а также устойчивости к воздействию различных агрессивных сред. Даются направления совершенствования материалов и тканей при изготовлении боевой одежды пожарного. Использование наноматериалов и нанотехнологий при изготовлении одежды пожарного может значительно улучшить ее защитные характеристики, что в конечном итоге позволит снизить негативное воздействие опасных факторов на здоровье пожарного, а также позволит повысить уровень безопасности при работе в условиях повышенных температурных воздействий. Одним из наиболее перспективных направлений считают углеродные нанотехнологии.

1.2.4. ОБ УНИВЕРСАЛЬНОМ ЗАКОНЕ РАЗЛОЖЕНИЯ СВЯЗУЮЩИХ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Формалев В.Ф. // Теплофизика высоких температур. – 2020. – Т.58, №1. – С.91-96

На основе известных (паспортных) значений плотностей и температур начала и окончания разложения связующих теплозащитных композиционных материалов, а также на основе экспоненциального характера разложения (пиролиза) связующих композиционных материалов установлен закон пиролиза связующих с образованием газовой компоненты и пористого коксового остатка, через который пиролизные газы фильтруются и вдуваются в высокотемпературный пограничный слой. Закон носит универсальный характер, пригодный практически для любых теплозащитных композиционных материалов, так как не использует трудно формализуемую химическую кинетику разложения. Использование данного закона разложения существенно упростит математическое моделирование сложных процессов проектирования тепловой защиты скоростных и гиперзвуковых летательных аппаратов.

1.2.5. УДЕЛЬНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ С-ПОВЕРХНОСТИ ПИРОГРАФИТА УПВ-1 В ОБЛАСТИ ТЕМПЕРАТУР 2200–3200 К

Костановский А.В., Зеодинов М.Г., Костановская М.Е. // Теплофизика высоких температур. – 2020. – Т.58, №1. – С.141-143

Представлены результаты экспериментального исследования удельного электрического сопротивления пиролитического графита марки УПВ-1 в направлении, перпендикулярном поверхности осаждения при температурах 2200-3200 К. Для пиролитического графита (ПГ) характерна резко выраженная анизотропия тепловых и электрических свойств. Удельное электрическое сопротивление ρ ПГ в параллельном и перпендикулярном направлениях относительно плоскости осаждения определено в работе в области температур $T = 500-1700$ К. Зависимость $\rho(T)$ отечественных марок ПГ УПВ-1 и УПВ-1Т приведена в справочном издании и ограничена максимальным значением температуры 2500 К. Целью данного исследования является изучение удельного электрического сопротивления в направлении с-плоскости осаждения $\rho_s(T)$ ПГ марки УПВ-1 при $T = 2200-3200$ К.

1.3. ЦЕЛЛЮЛОЗА, ВИСКОЗА. УМ В МЕДИЦИНЕ

1.3.1. ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ ПРОИЗВОДНЫХ НАНО- И МИКРОЦЕЛЛЮЛОЗЫ НА СВОЙСТВА ЭПОКСИДНОГО ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИТА

Старокадомский Д.Л., Шульга С.В., Николайчук А.А. // Композиты и наноструктуры. – 2020. – Т.12, №2 (46). – С.53-62

Исследованы физико-механические свойства эпоксидных полимерных композитов с различными производными целлюлозы: микрокристаллической мезо- и наноцеллюлозой. Установлено, что введение 10 масс. % производных целлюлозы увеличивает микротвердость композита и его адгезию к стали. При этом модуль упругости при сжатии композита увеличивается на 20-50% при незначительном изменении его усадки и прочности при сжатии. Методом СЭМ показаны различия в микроструктуре эпоксидцеллюлозных композиций с микрокристаллической и наноцеллюлозой. Композиты с микрокристаллической целлюлозой отличаются включением крупных (100-150 мкм) дискретных агломератов, а наноцеллюлозные - сравнительно гомогенным распределением агрегатов наполнителя до 10 мкм при 5 мас.% или каркаса из них при 20 мас.% наполнения. Методом набухания установлено, что микрокристаллическая и наноцеллюлоза придают эпоксидному полимерному композиту высокую стойкость в ацетоне, 35%-м растворе пероксида водорода и 20%-й азотной кислоте.

1.3.2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ БИОЛОГИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ БИОКАТАЛИЗАТОРА ДЛЯ ОЧИСТКИ ШЛАМОВЫХ ВОД

Макаровская А.А., Фарберова Е.А. // Химия. Экология. Урбанистика. – 2020. – Т.2020-2. – С.142-146

На предприятиях по производству активированных углей в процессе активации древесного угля образуются отходящие газы активации. Эти газы поступают на очистку в скруббер, заполненный водой. В результате образуется шламовая вода с содержанием ХПК 1000-6000 мгО₂/л. Такие воды необходимо подвергать очистке. На предприятиях по производству гранулированных активированных углей на стадии карбонизации образуются малоиспользуемые отходы. Ввиду этого цель работы заключается в разработке технологических параметров получения эффективного биокатализатора на основе отходов со стадии карбонизации и применении его в процессе очистки шламовой воды.

1.3.3. СТИМУЛИРУЮЩИЕ ЭФФЕКТЫ МНОГОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА ИММОБИЛИЗОВАННЫЕ БАКТЕРИАЛЬНЫЕ КЛЕТКИ *GLUCONACETOBACTER SUCROFERMENTAS* ВКПМ В-11267

Тарасов С.Е., Плеханова Ю.В., Быков А.Е. // Российские нанотехнологии. – 2020. – Т.15, №1. – С.89-92

Бактериальные клетки *Gluconacetobacter sucrofermentas* иммобилизовали в гель хитозана на поверхности электрода, полученного матричной печатью. Исследовали характер изменения биоэлектрохимических параметров иммобилизованных бактерий под влиянием многостенных

углеродных нанотрубок (МУНТ). Изучены электрохимические сигналы клеток при введении субстратов (глюкоза, этанол) тремя методами: хроноамперометрией, циклической вольтамперометрией и импедансной спектроскопией. Введение этилового спирта в концентрации 1 мМ приводит к снижению общего сопротивления электрода в ~40 раз. Модификация электрода с помощью МУНТ приводит к росту тока (в 8-10 раз), а также к дополнительному снижению общего сопротивления электрода в ~10 раз. Данные эффекты подобны влиянию субстратов и МУНТ на филогенетически близкие клетки *Gluconobacter oxydans*. Образование в процессе роста клеток оболочки из бактериальной целлюлозы принципиально не изменяло эффекты субстратов и МУНТ.

1.3.4. НАНОЧАСТИЦЫ МЕЗОПОРИСТОГО КРЕМНЕЗЕМА, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ПОЛИЭТИЛЕНИМИНОМ: НОВАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ДОСТАВКИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ В ТЕРАПИИ РАКА

Ибрагимова А.Р., Габдрахманов Д.Р., Тырышкина А.А. // Сборник тезисов докладов и сообщений XXVI Всероссийской конференции и 17-й Школы молодых ученых. «Структура и динамика молекулярных систем». – 2020. – С.76-77

В настоящее время различные наноструктурированные материалы применяются в различных областях промышленности, а также в медицине для диагностики и терапии. Направленный выбор различных видов наноструктурированных материалов позволит разработать multifunctional биомедицинские платформы, что сократит нежелательные реакции организма на медикаментозное воздействие, снизит терапевтическую дозу лекарства и кратность его введения. В качестве наноразмерных носителей активно изучаются углеродные нанотрубки, липосомы, квантовые точки и т.д. Мезопористый кремнезем в этом ряду занимает особое место благодаря уникальным структурным особенностям: большой удельной площади поверхности, настраиваемым размером пор, нетоксичности и высокой биосовместимости, способности к биодеградации в среде живых организмов.

1.3.5. РАЗРАБОТКА УГЛЕРОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ДЕТОКСИКАЦИИ КРОВИ

Нуралы А.М., Акназаров С.Х., Мутушев А.Ж. // Вестник Казахского национального медицинского университета. – 2020. - №1-1. – С.15-16

Углерод не является одним из самых распространенных в природе элементов - от общего количества атомов в земной коре на него приходится всего 0,14%. Однако этот элемент является основой строения всего животного и растительного мира. Поэтому среди химических элементов углерод занимает особое положение. Углерод-углеродные материалы, композитно-углеродные композиционные материалы на основе углеродной матрицы. В качестве матрицы используются пироуглерод, остатки кокса и растительные материалы, подвергнутые карбонизации. Области применения углеродных материалов в медицине и фармацевтике расширяются. Так, например, углеродные гемосорбенты используются для очистки крови пациентов, а энтеросорбенты используются внутри помещений для очистки организма от вредных веществ и микробов.

1.4. КОМПОЗИТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ. БАЗАЛЬТ

1.4.1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕФТЯНОГО КОКСА ВМЕСТО ГРАФИТА В СМАЗОЧНЫХ КОМПОЗИЦИЯХ ДЛЯ ЛУБРИКАЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ

Гозбенко В.Е., Корчевин Н.А., Каргапольцев С.К. // Кокс и химия. – 2020. - №4. –С.28-32

Приведены результаты исследований с целью создания новых смазочных углеродистых композиций для лубрикации рельсов на основе полной замены графита на нефтяной кокс. В состав композиции входят нефтяной кокс, отработанное дизельное масло и низкомолекулярный полиэтилен (НМПЭ). Компоненты композиции легко перемешиваются с образованием устойчивой при хранении консистенции. Подобрана крупность нефтяного кокса для достижения минимального износа металла. Входящие в состав композиции углеводороды способны подвергаться биоразложению, что подтверждает ее экологическую безопасность. Разработанная композиция успешно использована на Восточно-Сибирской железной дороге (ВСЖД) на криволинейных участках пути и на стрелочных переводах. Композиция легко наносится на рельс, не стекает с него, при движении подвижного состава смазка разносится колесами, обеспечивая равномерное распределение по боковой поверхности головки рельса.

1.4.2. ОСОБЕННОСТИ УСИЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ АГРЕССИВНОЙ СРЕДЫ

Леонова А.Н., Софьяников О.Д., Скрипкина И.А. // Вестник МГСУ. – 2020. – Т.15, №4. – С.496-509

Рассмотрены вопросы усиления металлических строительных конструкций системами внешнего армирования композитными материалами. Применение данных методов усиления в отечественной литературе и на практике исследовано не полностью. Актуально изучение особенностей усиления в условиях действия внешней агрессивной среды, а именно при воздействии гальванической коррозии, повышенных температур окружающей среды и экстремальных температур от огневых воздействий. Цель исследования - установить эффективность усиления металлических конструкций композитными материалами при воздействии различных силовых факторов, в том числе циклических нагрузок, и при действии внешней агрессивной среды. Материалы и методы. Методологической основой послужил анализ публикаций отечественных и зарубежных ученых по теоретическому и практическому опыту применения композитных материалов для усиления металлических конструкций. При описании зависимостей физических величин от внешних и внутренних силовых и несиловых факторов использованы научные методы индукции, дедукции, обобщения и сравнения.

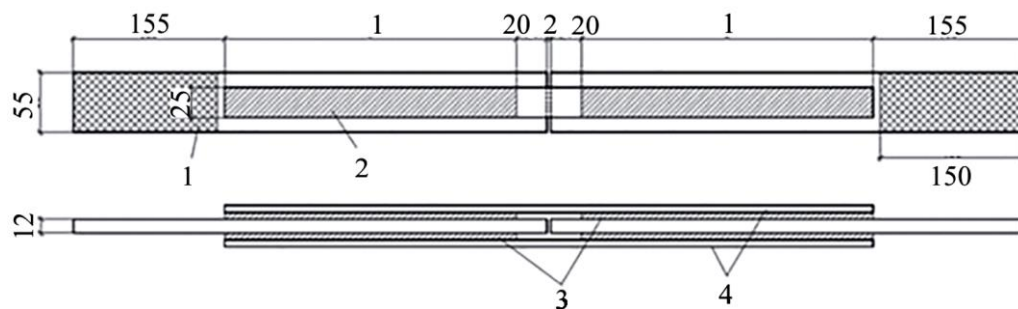


Рис. 1. Образец для испытания клеевого соединения: 1 — зона захвата зажимами; 2 — участок приклеивания композита; 3 — клей; 4 — углеродный композит

1.4.3. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ТАВРОВЫХ БАЛОК

Балдин Д.Ю., Краев А.Н., Жайсамбаев Е.А. // Транспортные сооружения. – 2020. – Т.7, №2. – С.3-17

В связи с увеличением требований, предъявляемых к транспортным сооружениям, возникает необходимость их усиления. Статья посвящена анализу методов усиления несущих железобетонных конструкций транспортных сооружений. Автор отмечает, в какой период жизни моста, ему требуется усиление, какие трудности сопутствуют усилению конструкций, и какие основные методы усиления существуют на сегодняшний день. Чтобы выбрать оптимальный метод усиления необходимо производить поверочные расчеты, изучать зону, требующую усиления, учитывать, во сколько раз увеличится несущая способность и не возникнут ли дополнительные силовые воздействия. В данной статье приводятся достоинства и недостатки усиления приваркой дополнительной арматуры и приклеиванием композитного материала. Автором произведен расчет усиления растянутой зоны тавровой железобетонной балки пролетного строения дополнительной арматурой и композитными материалами. На основе произведенных расчетов выдвинуты рекомендации об актуальности применения того или иного способа усиления конструкции.

1.4.4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Окольникова Г.Э., Зуев С.С., Царева А.Ю. // Системные технологии. – 2000. - №1 (34). – С.35-38



В данной статье проанализированы перспективы применения композитных материалов, описаны преимущества и недостатки композитных материалов, а также приведены примеры использования композитных материалов при усилении конструкций с применением системы внешнего армирования в существующих зданиях. В строительстве в последнее время вырос интерес к использованию углеродного волокна. Углеродное волокно применяется в виде полотна или лент однонаправленного или двунаправленного плетения. В присутствии связующего или клеящего компонента плотно образует композитное соединение (карбон), которое в последнее время широко используется для усиления несущих элементов конструкций. Благодаря простоте использования усиление несущих конструкций с использованием системы внешнего армирования имеет огромный потенциал в будущем.

2. АТОМНАЯ И АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

2.1. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОУПРУГИХ ПОЛЕЙ В ПОВЕРХНОСТНОМ ПЬЕЗОЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНТНОМ ОПТОВОЛОКОННОМ ДАТЧИКЕ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ПЛАСТИН

Паньков А.А., Писарев П.В. // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. – 2020. – №2. – С.64-77

Разработана трехмерная численная модель функционирования пьезоэлектролюминесцентного оптоволоконного датчика, закрепленного на поверхности фрагмента композитной пластины. Расчетная область датчика - оптоволоконно с двумя концентрическими оболочками из 6 секторов электролюминесцентного и пьезоэлектрического материалов, два управляющих электрода на межфазных поверхностях: «оптоволоконно/электролюминофор» и «пьезоэлектрик/корпус». Корпус выполнен в виде полуэллиптической цилиндрической полимерной оболочки, прямоугольное основание которой закреплено на поверхности стеклопластиковой пластины. В секторах пьезоэлектрической оболочки направления поляризации трансверсально-изотропного полимерного пьезоэлектрика PVDF различны и некомпланарны для любых трех секторов. Деформирование пластины обуславливает деформирование закрепленного на ее поверхности датчика, возникновение в нем информативных пьезоэлектрических полей и, как следствие, появление информативных свечений электролюминесцентных элементов.

2.2. МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МОДЕЛИ АТОМНЫХ МАСШТАБОВ НАНОРЕГИОНОВ ОКИСЛЕННОГО АКТИВИРОВАННОГО УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА: ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КИСЛОРОДА НА АДсорбЦИЮ ВЛАЖНОГО ФОРМАЛЬДЕГИДА

Atomic-Scale Molecular Models Of Oxidized Activated Carbon Fibre Nanoregions: Examining The Effects Of Oxygen Functionalities On Wet Formaldehyde Adsorption / Kowalczyk P., Gauden P.A., Wiśniewski M. // Carbon. – 2020. – Vol.163. – P.67-81

Построение трехмерных (3D) молекулярных моделей атомарного масштаба нанообластей неокисленных и окисленных активированных углеродных волокон (ACF) представляет значительный научный и технологический интерес, поскольку позволяет проводить глубокий анализ сложных межфазных процессов. Влияние кислородных функциональных групп на конкретные взаимодействия с гостевыми частицами является важным фактором, который контролирует смачиваемость, конкурентную адсорбцию жидких смесей, межфазный перенос, реакции или процессы зародышеобразования. Мы объединяем экспериментальные методы широкоугольного рентгеновского рассеяния и адсорбционной порометрии азота с передовым молекулярным моделированием для построения надежных трехмерных молекулярных моделей неокисленных и окисленных нанообластей ACF-5 на основе пека. ACF-5 представляет собой ультрамикропористое углеродное молекулярное сито со средним размером пор $0,46 \pm 0,2$ нм. Узкие гидрофобные нанопространства образуются между дефектными и слегка искривленными графеноподобными листами. Путем моделирования адсорбции формальдегида при комнатной температуре и различных значениях относительной влажности в атомистическом масштабе мы показываем, что кислородные функциональные группы и соадсорбция воды влияют на механизм и поглощение формальдегида. Наши данные моделирования показывают, что гидрофобные нанопоры предпочтительнее эффективно адсорбировать формальдегид в присутствии влажности. (Ш.) (Англ)

2.3. СИНТЕЗ СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СФАЛЕРИТНОГО НИТРИДА БОРА С ПРИМЕНЕНИЕМ НАНОЧАСТИЦ УГЛЕРОДА В КАЧЕСТВЕ КАТАЛИЗАТОРА ФАЗОВОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ

Витязь П.А., Сенють В.Т., Хейфец М.Л. // Advanced Materials And Technologies. – 2020. - №3. - С.8-17

На основе современных представлений о виде фазовой диаграммы нитрида бора рассмотрены термодинамические параметры и механизмы синтеза плотных фаз нитрида бора в равновесных и неравновесных условиях. Показано, что наноалмазы, подобно фуллеренам и углеродным нанотрубкам, обладают каталитическими свойствами и способствуют твердофазному превращению графитоподобного нитрида бора в сфалеритную модификацию в условиях высоких давлений и температур. Предложен механизм взаимодействия наноалмаза в условиях высоких давлений с поверхностью графитоподобного нитрида бора, приводящий к изменению типа электронной связи в его решетке с sp^2 на sp^3 с формированием нитрида бора со структурой вюрцита и его последующей перестройке в сфалеритный нитрид бора по сдвиговому механизму. Использование наноалмаза с углеродным покрытием приводит к увеличению каталитически активных центров фазового превращения в нитриде бора по сравнению с немодифицированным наноалмазом, что проявляется в увеличении содержания сфалеритного нитрида бора в материалах, полученных при сравниваемых технологических режимах синтеза.

3. НАНОМАТЕРИАЛЫ, ФУЛЛЕРЕНЫ, ГРАФЕН

3.1. ПОВЫШЕНИЕ МИКРОТВЕРДОСТИ ХРОМОВЫХ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМБИНАЦИИ НАНОАЛМАЗОВ И НАНОТРУБОК

Насраоуи Марием, Литовка Ю.В., Долматов В.Ю. // // Advanced Materials And Technologies. – 2020. - №3. - С.56-63

Разработан способ получения наномодифицированных гальванических покрытий путем добавления в электролит смеси наноматериалов. Проведено экспериментальное исследование микротвердости осадка технологического процесса получения хромового гальванического покрытия из стандартного электролита, модифицированного комбинацией наноалмазов и многослойных углеродных нанотрубок, а также комбинацией однослойных углеродных нанотрубок и многослойных углеродных нанотрубок. При добавлении в электролит наноалмазов 12 г/л и многослойных углеродных нанотрубок Таунит 80 мг/л микротвердость хромового покрытия увеличивается на 27 % по сравнению с хромовым покрытием, полученным из стандартного электролита хромирования без добавок. При добавлении в электролит однослойных углеродных нанотрубок 50 мг/л и многослойных углеродных нанотрубок Таунит 80 мг/л микротвердость хромового покрытия увеличивается на 22 % по сравнению с хромовым покрытием, полученным из стандартного электролита хромирования без добавок. Срок службы деталей, хромовое покрытие на которых получено из электролита со смесью наноалмазов и многослойных углеродных нанотрубок Таунит, однослойных углеродных нанотрубок и многослойных углеродных нанотрубок, значительно выше, чем при использовании традиционного хромового покрытия, а также при использовании многослойных углеродных нанотрубок, однослойных углеродных нанотрубок или наноалмазов отдельно.

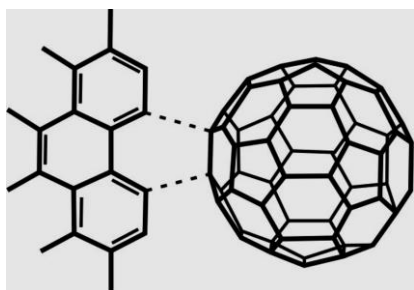
3.2. МЕТОД ЗАПИСИ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ СВОЙСТВ ПОЛЕВЫХ ЭМИТТЕРОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Колосько А.Г., Чернова В.С., Филиппов С.В. // *Advanced Materials And Technologies*. – 2020. - №3. - С.18-27

Разработана методика записи и эмуляции комплексного эксперимента по полевой эмиссии. Методика включает в себя обработку трех видов потоков данных: электрических характеристик полевого катода (импульсы напряжения и тока); полевого эмиссионного проектора (картины свечения); времяпролетного масс-спектрометра (масс-спектры летучих продуктов в измерительной камере). В программной среде LabView реализован алгоритм синхронного воспроизведения данных многоканального эксперимента с возможностью их обработки по системе реального времени. В программу встроен набор программных инструментов, реализующих функционал, который позволяет повторять эксперимент многократно, приостанавливаться в заданные моменты времени, а также менять скорость течения времени в эмуляции. Возможности методики продемонстрированы на примере исследования полевой эмиссии из нанокompозитного полевого катода на основе углеродных нанотрубок.

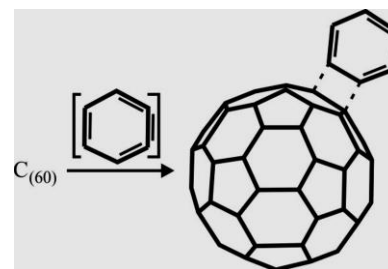
3.3. ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА НАНОПОРИСТОГО УГЛЕРОДНОГО МАТЕРИАЛА

Попова А.А., Алиев Р.Э., Шубин И.Н. // *Advanced Materials And Technologies*. – 2020. - №3. - С.28-32



Создание инновационных продуктов и технологический прорыв - словосочетания, наиболее часто используемые применительно к объектам, находящимся в наноразмерной области. Углеродные наноматериалы различной морфологии и структуры, к которым можно отнести нанотрубки, графен, нанопористый углерод, являются одними из наиболее исследуемых в настоящее время материалов nanoиндустрии. Это объясняется, прежде всего, тем, что их физико-механические и физико-химические характеристики оказывают

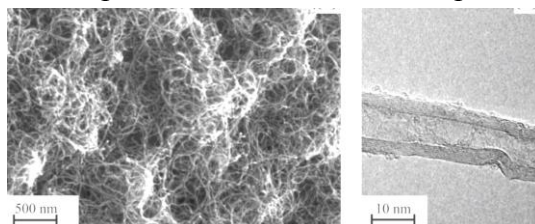
непосредственное влияние на конечный продукт. При этом для целого ряда применений наилучшие эксплуатационные характеристики достигаются при максимально возможных значениях параметров удельной поверхности и пористости. Разработаны методы и опытная технология получения микро- и мезопористого углеродного материала. В зависимости от исходного сырья и технологических режимов синтеза получается нанопористый углеродный материал с преобладанием микро- или мезопор, с удельной поверхностью по БЭТ в диапазоне 2000...4000 м²/г. Технология включает карбонизацию исходных веществ и последующую химическую активацию. Полученный активированный углеродный материал может применяться в качестве сорбентов газовых сред как в системах очистки, так и в качестве газовых аккумуляторов для безопасных систем хранения и транспортировки, а также решения ряда экологических задач.



3.4. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА СИЛИКОНОВОЙ СМЕСИ ХОЛОДНОЙ ВУЛКАНИЗАЦИИ, СОДЕРЖАЩЕЙ МНОГОСТЕННЫЕ УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ

Ткачев А.Г., Меметов Н.Р., Столяров Р.А. // // *Advanced Materials And Technologies*. – 2020. - №3. - С.43-46

Получены нанокomпозиционные материалы на основе силиконовой смеси холодной вулканизации, содержащие многостенные углеродные нанотрубки. Исследованы концентрационные зависимости радиофизических свойств материалов. Показано повышение



эффективности экранирования электромагнитного излучения радиочастотного диапазона длин волн при увеличении концентрации многостенных углеродных нанотрубок до 10 масс. %. **Рис. SEM (a) and TEM (b) images of the “Taunit-M” MWCNTs**

3.5. МАССИВЫ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК В ПОЛЕ НЕПРЕРЫВНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Афанасьев С.А., Золотовский И.О., Кадочкин А.С. // *Микроэлектроника*. – 2020. – Т.49, №1. – С.18-26

Проведен численный анализ условий фазового синхронизма при падении одного или двух встречных лазерных пучков на упорядоченный массив одностенных углеродных нанотрубок. Определены условия генерации медленных поверхностных плазмонных волн терагерцевого и дальнего ИК диапазона, распространяющихся вдоль нанотрубок облучаемого массива. Показано, что частотой плазмонов можно управлять за счет изменения угла падения лазерного излучения на исследуемую структуру. Таким образом можно добиться выполнения условия продольного резонанса, при котором каждая нанотрубка массива представляет собой дипольную антенну, излучающую на частоте плазмона. При этом массив образует систему большого числа синфазных излучателей, что позволяет существенно повысить эффективность преобразования лазерного излучения в терагерцевое по сравнению с одиночной наноантенной.

3.6. РАСТВОРИМОСТЬ УГЛЕРОДА В НИКЕЛЕВОМ КАТАЛИЗАТОРЕ ПРИ РОСТЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Булярский С.В., Кицюк Е.П., Лакалин А.В. // *Микроэлектроника*. – 2020. – Т.49, №1. – С.27-32

В работе изучается синтез углеродных нанотрубок методом химического парофазного осаждения с использованием тонкопленочного катализатора на основе никеля. Проведено сопоставление распределений всех наночастиц катализатора по размерам с распределением частиц, из которых наблюдался рост углеродных нанотрубок. Установлено, что в данном режиме нанотрубки растут преимущественно из частиц размерами от 7 до 19 нм, из частиц других размеров нанотрубки практически не растут. Разработана термодинамическая модель растворимости углерода в наночастице никеля и показано, что для каждого набора параметров процесса синтеза существует критический минимальный размер наночастицы катализатора, в которой углерод может раствориться.

3.7. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА КИНЕТИКУ ПРОЦЕССА ОТВЕРЖДЕНИЯ ФЕНОЛОФОРМАЛЬДЕГИДНОГО СВЯЗУЮЩЕГО

Истягин С.Е., Судьин Ю.И., Бузаева М.В. // Композиты и наноструктуры. – 2020. – Т.12, №2 (46). – С.63-68

Модификация имеющихся материалов с целью придания им специфических свойств или улучшения каких-либо функциональных свойств имеет важное значение в современном материаловедении. Отдельной и актуальной областью исследований является модификация материалов с помощью введения наноразмерных компонентов, например, углеродных нанотрубок (УНТ). В работе представлены результаты исследований кинетических параметров реакции отверждения фенолоформальдегидного связующего ВСФ-16М после модификации многостенными углеродными нанотрубками (МУНТ) и функционализированными многостенными углеродными нанотрубками (ФМУНТ). Выявлено изменение параметров тепловыделения по сравнению с немодифицированным составом. При помощи программной среды *Netsch Thermokinetic 3* оценено теоретическое время отверждения. Оно сократилось более чем в два раза по сравнению с соответствующим временем для немодифицированного полимера.

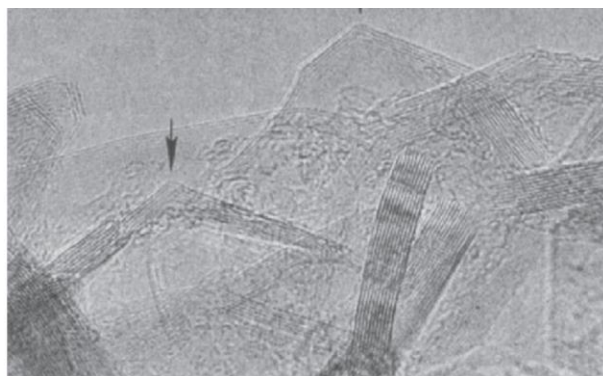
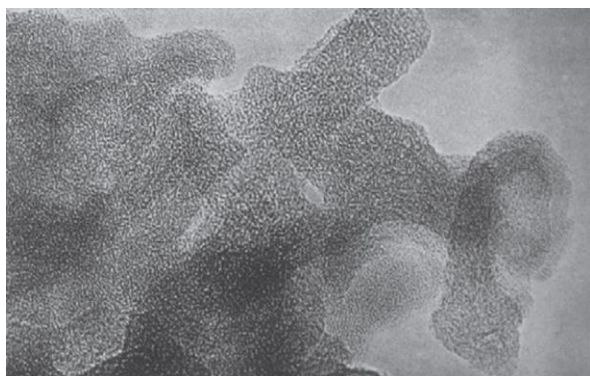
4. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. СЫРЬЕ

4.1. ПОРИСТЫЙ ГРАФИТИРОВАННЫЙ УГЛЕРОД ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ГИДРОФИЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ

Гончарова Е.Н., Статкус М.А., Цизин Г.И. // Журнал аналитической химии. – 2020. – Т.75, №4. – С.291-315

В обзоре обсуждены способы получения, структура, а также особенности и перспективы применения углеродных сорбентов, прежде всего пористого графитированного углерода, для разделения и концентрирования гидрофильных органических веществ, находящихся в водных растворах. Рассмотрены механизмы сорбции таких веществ, возможности применения пористого графитированного углерода в экстремальных условиях, приведены многочисленные примеры решения конкретных задач.

Рис. *Электронные микрофотографии высокого разрешения аморфного углерода, полученного при 1000°C (а) и пористого графитированного углерода после графитизации при 2340°C (б)*



4.2. ПРИМЕНЕНИЕ НЕПОДВИЖНОЙ ФАЗЫ НА ОСНОВЕ ПОРИСТОГО ГРАФИТИЗИРОВАННОГО УГЛЕРОДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОДУКТОВ ТРАНСФОРМАЦИИ 1,1-ДИМЕТИЛГИДРАЗИНА МЕТОДОМ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ–МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ

Ульяновский Н.В., Косяков Д.С., Попов М.С. // Журнал аналитической химии. – 2020. – Т.75, №4. – С. 338-347

Предложен подход к одновременному определению пяти продуктов трансформации ракетного топлива на основе 1,1-диметилгидразина (1-метил-1Н-1,2,4-триазола, N-нитрозодиметиламина, N,N-диметилформамида, диметилгидразонов формальдегида и ацетальдегида), основанный на сочетании ВЭ-ЖХ на пористом графитизированном углероде (Hypercarb) с масс-спектрометрическим и тандемным масс-спектрометрическим детектированием. Пределы обнаружения 0.6-7 мкг/л. Установлено, что неподвижная фаза на основе пористого графитизированного углерода обеспечивает эффективное хроматографическое удерживание и разделение азотсодержащих продуктов трансформации 1,1-диметилгидразина за счет реализации смешанного механизма, включающего как гидрофобные, так и индукционные взаимодействия с аналитами. Показано отсутствие матричных эффектов при анализе природных вод и метанольного экстракта торфяной болотной почвы.

4.3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЛИНЕЙНОГО ТЕПЛОвого РАСШИРЕНИЯ УГЛЕРОД-КЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ТРУБЧАТЫХ ОБРАЗЦАХ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ ПЛЕТЕНИЯ

Смердов А.А., Таирова Л.П., Тимофеев И.А. // Конструкции из композиционных материалов. – 2020. - №3. – С.32-39

Представлены результаты экспериментального исследования характера температурных деформаций на трубчатых образцах на основе плетеных цельнотканых каркасов из армирующих углеродных нитей УМТ40-3К и углерод-керамической матрицы. Деформации измерены с помощью тензодатчиков в диапазоне температур от -40 до +70°C в климокамере ПКА-КРК400. Исследованы образцы со схемами укладки нитей 0/±45°, ±45°, 0/±60°, ±60° относительно продольной оси. Приведены основные результаты испытаний и анализ влияния пористости, соотношения компонентов исследуемого материала, схем укладки нитей на величину и закономерности изменения коэффициентов линейного теплового расширения (КЛТР) в направлениях осей ортотропии. Показано, что высокая пористость (20-30 %) и малые КЛТР компонентов материала являются причинами нетипичных соотношений температурных деформаций в образцах с исследованными схемами укладки нитей.

4.4. АНАЛИЗ УГЛЕРОДНЫХ И УГЛЕРОДОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДАМИ РЕНТГЕНОВСКОЙ ФОТОЭЛЕКТРОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Афанасьев В.П., Попов А.И., Баринев А.Д. // Микроэлектроника. – 2020. – Т.49. №1. – С.50-57

Представлены результаты анализа углеродосодержащих материалов как на основе анализа пиков рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии, сформированных электронами, вышедшими из анализируемого образца в вакуум без потерь энергии (PSA), так на основе расшифровки возможно более широкой области потерь энергии, примыкающей к пику PES.

Показано, что PES анализ алмазоподобных материалов, содержащих легирующие добавки, концентрация которых соизмерима с концентрацией углерода, не эффективен. PES анализ образцов оксида графена, которые подвергались термообработке для удаления кислорода, дал подробную информацию о законах потерь энергии фотоэлектронов, эмитированных с 1s уровня, по которой определяется аллотропная разновидность углерода.

4.5. ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ РАЗМЯГЧЕНИЯ НЕФТЯНЫХ ПЕКОВ

Кугатов П.В., Разноушкин А.Е., Жирнов Б.С. // Кокс и химия. – 2020. - №2. – С.27-30

Предложена методика определения температуры размягчения нефтяных пеков капиллярным методом, которая заключается в нагревании образца пека в стеклянном капилляре воздушным потоком и наблюдении в микроскоп за навеской пека. За температуру размягчения принимается момент усадки пека внутри капилляра. Метод опробован на двух сериях нефтяных пеков, полученных из тяжелой пиролизной смолы и декантоля (тяжелого газойля установки каталитического крекинга с микросферическим катализатором), имеющих широкий разброс величин температуры размягчения по методу «кольцо и шар» (от 90 до 200°C). Простота испытания в совокупности с возможностью определения температуры размягчения в более широких пределах по сравнению с традиционными (вплоть до 330-350°C) позволяют рекомендовать данный метод для определения температуры размягчения как традиционных связующих, так и высокоплавких волокно-образующих пеков.

4.6. УГЛЕРОДНЫЙ НАНОВОЛОКНИСТЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ СОПОЛИМЕРА АН–МА–ИК ДЛЯ ЭЛЕКТРОДА БИОТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА

Тенчурин Т.Х., Черненко Д.Н., Вербец Д.Б. // Российские нанотехнологии. – 2020. – Т.15, №1. – С.63-71

В качестве электропроводящего материала, подходящего для изготовления биотопливных элементов (БТЭ), исследованы нановолокна, полученные методом электроформования из раствора высокомолекулярного сополимера акрилонитрила с метилметакрилатом и итаконовой кислотой. Для увеличения электропроводности проведены их последовательная окислительная термостабилизация на воздухе и высокотемпературная обработка в вакууме при различных температурах 1500, 2300–2550°C. Структура изготовленных материалов исследована различными способами, в том числе методами ИК- и Рамановской спектроскопии. В результате проведенных исследований удалось подобрать режимы температурной обработки, позволяющие получать волокнистые материалы с приемлемой степенью дефектности и достаточной для использования в микробных БТЭ электропроводимостью.

4.7. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ РАМАНОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБРАБОТКИ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН НА ОСНОВЕ ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛА

Самойлов В.М., Осмова М.А., Находнова А.В. // Композиты и наноструктуры. – 2020. – Т.12, №2 (46). – С.40-52

Углеродные волокна (УВ) на основе полиакрилонитрила (ПАН), полученные в результате термообработки от 1000 до 3000°C, исследовали методом рамановской спектроскопии и рентгеноструктурного анализа. Приведены данные о прочности и модуле упругости экспериментальных образцов углеродных волокон (УВ) на основе ПАН в зависимости от температуры обработки в интервале температур от 1000 до 3000°C и скорости протяжки через нагреватель от 10 до 300 м/ч. Приведены зависимости, показывающие, что при повышении температуры термообработки (ТТО) *параметр $I D / I G$* (соотношение интегральных интенсивностей спектральных линий D и G), а также полуширина линии G , измеренная на полувысоте (параметр $\Gamma(\omega G)$), снижаются, что связано с ростом размеров кристаллитов вдоль оси волокна. После достижения ТТО порядка 2000°C, в рамановском спектре появляется $2D$ линия, и наблюдается рост параметра $I 2 D / I G$ (соотношение интегральных интенсивностей спектральных линий $2 D$ и G) с ростом ТТО, что также связано с ростом степени совершенства кристаллической структуры.

5. ПОЛИМЕРЫ. АЛМАЗЫ. ДРУГИЕ ВИДЫ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДА И ПОЛИАКРИЛАМИДА, ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ НА ИХ ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И МОРФОЛОГИЮ

Руденков А.С., Ярмоленко М.А. // Проблемы физики, математики и техники. – 2020. - №2 (43). – С.23-27

Рассмотрены морфологические особенности двухслойных покрытий на основе полиакриламида и углерода, сформированных в едином технологическом цикле электронно-лучевым и катодно-импульсным методами соответственно. Установлено влияние термообработки на воздухе на морфологию, фазовый состав и структурные превращения в таких двухслойных системах. Показано, что термообработка слоя полиакриламида на воздухе (300° С, 60 минут) приводит к полному исчезновению нитрильных групп, что может являться следствием процессов циклизации.

5.2. ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ УДАРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Смотровая С.А., Гарифуллин М.Ф., Смотров А.В. // Конструкции из композиционных материалов. – 2020. - №3. – С.9-13

На основе корреляционно-регрессионного анализа экспериментальных результатов неразрушающего контроля размеров повреждений образцов угле- и стеклопластиков, вызванных нормированными ударами, построены математические модели их повреждаемости в зависимости от энергии воздействия. Корреляционно-регрессионная модель для углепластиков описывается параболическими, а для стеклопластиков - линейными уравнениями. Коэффициенты корреляции и детерминации показали удовлетворительное качество созданных моделей.

5.3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЛОЕВ ИЗ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО АЛМАЗА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ДАТЧИКА ДАВЛЕНИЯ

Высотина Е.А., Ризаханов Р.Н., Сигалаев С.К. // Конструкции из композиционных материалов. – 2020. - №3 (159). – С.54-61

Проанализированы свойства структур на основе полупроводниковых широкозонных материалов. Подробно рассмотрены конструкция и технология изготовления чувствительного элемента датчика давления на основе поликристаллического алмаза. Предложенная конструкция датчика давления работоспособна в диапазоне давлений от 0,1 до 10 МПа и в диапазоне температур от -60 до 400°С.

5.4. ВЛИЯНИЕ НЕТКАНЫХ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПРОЧНОСТЬ СЛОИСТЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ (ОБЗОР)

Колобков А.С. // Труды ВИАМ. – 2020. - №9 (91). – С.44-51

Приводится обзор проведенных работ по поиску способов повышения межслойных эффектов в полимерных композиционных материалах, и в частности ударных нагрузок. Рассматривается применение нановолокнистых вуалей при изготовлении слоистых углепластиков и оценка изменения прочностных показателей получаемых материалов в зависимости от различной поверхностной плотности нановолокнистых вуалей и их химического состава. Просматривается общая тенденция по увеличению межслойной прочности в углепластиках при использовании нановолокнистых вуалей при незначительном снижении модуля упругости.

5.5. ФТОРИРОВАНИЕ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ФОРМ СЛОЕВ ПОРИСТОГО УГЛЕРОДА NANOWEB ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ДАТЧИКА ГАЗА АММИАКА

Fluorination Of Shape-Controlled Porous Carbon Nanoweb Layers For Ammonia Gas Sensor Application / Na W., Kim J., Kim Y.K. // Carbon. – 2020. – Vol.163. – P.185-195

Слои фторированных пористых углеродных нанопленок (ФПУНПЛ) просто изготавливаются путем центрифугирования с регулировкой соотношения смешивания полимеров, последовательной термообработки и вакуумно-плазменной обработки для увеличения удельной поверхности и добавления фтора в углеродную решетку. Различное поверхностное натяжение, полярность и молекулярная масса ПАН и ПС приводят к образованию несмешивающегося раствора, поэтому поры разного размера на углеродной структуре создаются во время ступенчатой термической обработки. Более того, степень легирования F легко регулируется при разном времени плазменной обработки. Фторирование вызывает легирование р-типа и сродство к газообразному аммиаку. Изготовленные датчики аммиачного газа на основе ФПУНПЛ демонстрируют превосходные показатели NH_3 . По характеристикам обнаружения газа минимальный уровень обнаружения (MDL) датчика газа аммиака на основе ФПУНПЛ составляет 9 частей на миллиард при использовании ФПУНПЛ 20, а датчики отображают линейный диапазон от 9 частей на миллиард до 90 частей на миллион. В заключение отметим, что датчик газообразного аммиака на основе ФПУНПЛ 20 демонстрирует быстрое время отклика и восстановления, отличную циклическую стабильность, возможность повторного использования, долговечность и селективность. (Ш.) (Англ)

5.6. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ В СОЗДАНИИ ПРОСТРАНСТВЕННО-СЛОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ПКМ

Сатдинов Р.А., Вешкин Е.А., Постнов В.И. // Труды ВИАМ. – 2020. - №9 (91). – С.68-77

Рассмотрены основные технологии изготовления сложных деталей из полимерных композиционных материалов (ПКМ). Проведена отработка технологических приемов - от исследования свойств наполнителя препрега до изготовления детали; от моделирования мастер-модели до изготовления оснастки, в точности повторяющей теоретический контур детали; от выбора технологии до ее реализации при изготовлении элементов трубопроводов из ПКМ для системы кондиционирования воздуха (СКВ) в летательных аппаратах. Отработан термокомпрессионный метод получения пространственно-сложных элементов СКВ. Проведено исследование полученных деталей СКВ на герметичность и соответствие требованиям АП-25 по горючести. Выбранные технологические приемы позволили получить детали с заданными характеристиками, отвечающие предъявляемым к ним требованиям.

6. ОБЗОР РЫНКОВ И ПРОИЗВОДСТВА

6.1. РОЛЬ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В РАЗВИТИИ СТОМАТОЛОГИИ

Хабжожкова Ж. А., Шугунова Н.Л., Михайлюта А.Г. // Уральский медицинский журнал. – 2020. - №10 (193). – С.64-68

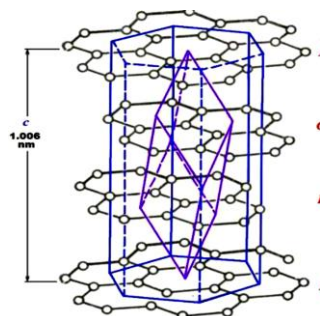
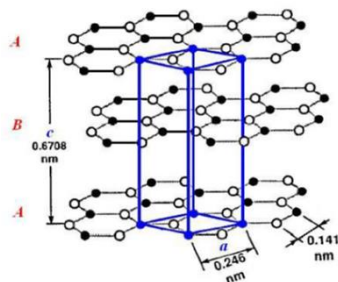
Использование полимерных материалов (PM) и полимерных пленок (PMF) возросло в медицине и стоматологии. Этот растущий интерес объясняется не только превосходными поверхностями PM и PMF, но также их желаемыми механическими и биологическими свойствами, низкими производственными затратами и простотой в обработке, что позволяет адаптировать их для широкого спектра применений. Автор, на основе исследования литературы, отмечает, что PM и PMF используются в стоматологии из-за их антимикробных свойств и свойств доставки лекарств; в профилактической, восстановительной и восстановительной терапии и для уменьшения коррозии и трения. PMF, такие как сополимеры акриловой кислоты, используются в качестве зубного клея; полимолочные кислоты используются для регенерации пульпы зуба и дентина, биоактивные полимеры используются в качестве передовых систем доставки лекарств. В работе представлен комплексный обзор литературы о последних достижениях в области использования полимерных материалов и пленок в медицине и стоматологии

6.2. ИСТОРИЧЕСКИЙ ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРАФИТА В МЕДИЦИНЕ И ФАРМАЦИИ

Куприянова В.А., Бирюкова Н.В. // Сборник статей XXXV Международной научно-практической конференции «Современное образование: актуальные вопросы, достижения и инновации». – 2020. – С.122-126

В ходе исследования научной литературы и патентной документации выявлено значительное количество исследований, посвященный изучению графита и его производных со

стороны его физических, химических и биологических особенностей и возможностей, что позволяет рассматривать данные продукты в качестве перспективных источников получения новых лекарственных средств. Рис. 1. α -модификация графита Рис. 2. β - модификация графита



7. НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, СООБЩЕНИЯ

7.1. НОВЫЙ МЕТОД ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПОЗВОЛЯЕТ УВИДЕТЬ УГЛЕРОД ПОЧВЫ В АТОМНОМ МАСШТАБЕ

<https://www.nanonewsnet.ru/news/2020//> декабрь

Почвы Земли содержат более чем в три раза больше углерода, чем содержится в атмосфере, но процессы, которые связывают углерод в почве, все еще недостаточно изучены. Новое исследование описывает революционный метод визуализации физических и химических взаимодействий, которые связывают углерод в почве в почти атомных масштабах. Улучшение понимания процессов переработки углерода может помочь исследователям разработать стратегии связывания большего количества углерода в почве, тем самым удерживая его вне атмосферы, где он соединяется с кислородом и действует как парниковый газ. В новом исследовании ученые впервые показали, что углерод в почве взаимодействует как с минералами, так и с другими формами углерода из органических материалов. Например, со стенками бактериальных клеток и побочными продуктами микробов. Предыдущие исследования указывали только на слоистые взаимодействия между углеродом и минералами в почвах. «Если есть упущенный из виду механизм, который может помочь нам удерживать больше углерода в почвах, то это поможет нашему климату», — подчеркивает старший автор Йоханнес Леманн, профессор Школы интегративных наук о растениях, Секции почвоведения и растениеводства в Колледже сельского хозяйства и наук о жизни Корнельского университета.

Новый метод визуализации выявил слои углерода вокруг границ раздела между различными формами углерода. Это также показало, что азот играет важную роль в облегчении химических взаимодействий между органическими и минеральными интерфейсами. Исследователи планировали использовать мощные электронные микроскопы для фокусировки электронных лучей до субатомных масштабов, но они обнаружили, что электроны изменяют и повреждают рыхлые и сложные образцы почвы. В результате им пришлось заморозить образцы примерно до минус -180°C , что уменьшило вредное воздействие лучей. По словам Куркутиса, новый метод криогенной электронной микроскопии и спектроскопии позволит исследователям исследовать целый ряд границ раздела между мягкими и твердыми материалами.

7.2. К 60-ЛЕТИЮ АО «НИИГРАФИТ» ВЫШЕЛ НОВЫЙ СБОРНИК

**Научно-исследовательскому институту
конструкционных материалов на основе графита –
60 лет. Сборник статей. М.: Научные технологии,
2020 – 224 с.**

Редакционная коллегия:

**Бейлина Н.Ю., Гареев А.Р., Елизаров П.Г.,
Проценко А.К., Самойлов В.М., Фирсова Т.Д.**

ISBN 978-5-4443-0220-0

В сборнике представлены статьи сотрудников АО «НИИГрафит», посвященные исследованию и разработке конструкционных материалов и изделий нового поколения, используемых в атомной энергетике, авиа-космической отрасли, электронике, медицине и многих других отраслях промышленности.

Издание предназначено для специалистов, занимающихся созданием и использованием конструкционных материалов на основе углерода, преподавателей и студентов материаловедческих специальностей университетов.

СОДЕРЖАНИЕ

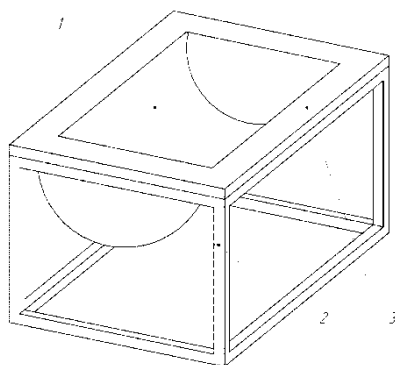
<i>В.И. Костиков</i> К 60-летию образования НИИГрафит	4
<i>Н.Ю. Бейлина, А.В. Петров А.В., А.А. Терентьев</i> Физико-химические и технологические особенности выбора сырьевых источников для производства углеродных материалов	7
<i>С.А. Колесников, А.А. Антанович, Д.С. Максимова, Е.Г. Чеблакова</i> Изостатические технологии в изготовлении углерод-углеродных композиционных материалов	19
<i>С.А. Колесников, Л.В. Ким, В.А. Воронцов, А.К. Проценко</i> Исследование формирования теплофизических характеристик углерод- углеродных композиционных материалов	50
<i>Д.Б. Вербец, И.А. Бубненко, Н.Н. Степарева, В.М. Самойлов, Ю.И. Кошелев</i> Рентгеноструктурные исследования углеродных волокон после термических воздействий при разных способах пробоподготовки	74
<i>Д.Б. Вербец, В.М. Самойлов, И.А. Бубненко, Л.М. Бучнев, А.В. Находнова, Н.Н. Степарёва</i> Изменение структуры и свойств углеродных волокон при Графитации с использованием вытяжки или галогенсодержащей среды	86
<i>И.А. Бубненко, Ю.И. Кошелев, Н.Н. Степарева, А.А. Швецов, Н.Г. Бардин, Н.И. Полушин, М.С. Овчинникова</i> Исследование структуры микрогруппировок углерода в расплавах никеля и кремния	103
<i>И.А. Бубненко, Ю.И. Кошелев, Н.Н. Степарева, А.А. Швецов, Н.Г. Бардин, Е.Г. Чеблакова, Н.И. Полушин, М.С. Овчинникова</i> Механизм образования карбида кремния при жидкофазном взаимодействии кремния с углеродом	114
<u><i>Г.Г. Зайцев, В.А. Воронцов, В.М. Самойлов, Е.А. Данилов, А.А. Конюшенков,</i></u>	

<i>А.А. Северов</i> Теплофизические и механические свойства углерод-углеродного композиционного материала после высокотемпературной обработки	140
<i>А. Л. Меламед, Н. А. Корчинский, Л. В. Ким, В. А. Воронцов</i> Изучение изменения свойств углерод-углеродного и углерод-карбидокремниевого композиционных материалов после испытаний в высокоэнтальпийном газовом потоке	147
<i>В.М.Самойлов, А.В. Находнова, М.А. Осмова, Д.Б. Вербец, И.А. Бубненко, Н.Н.Степарева, А.Р. Гареев, М.А. Фатеева, Н.Е. Овсянников</i> Определение конфигурации температурных полей и эффективной температуры высокотемпературной обработки углеродных материалов методом рамановской спектроскопии по образцам-свидетелям	160
<i>Т.Д. Фирсова, В.Д. Скопинцев, Л. Н.Шульгина</i> Металлизация текстильных структур	181
<i>Шумакова А.Н., Данилов Е.А., Гареев А.Р., Белогорлов А.А.</i> Оценка влияния введения фторопластовых вибропоглощающих элементов на физико-механические свойства полимерных композиционных материалов	192
<i>В.А. Горина, Е.Г. Чеблакова</i> Влияние режимов активации на удельную поверхность и развитие микропористой структуры углеродных волокон на основе вискозы	203
<i>Б. С. Клеусов, А. Л. Меламед, Е. Г. Чеблакова</i> Определение температуры обработки углеродного волокна из ПАН-прекурсора	217
<i>Х.М. Аберяхимов, П.Г. Елизаров, Е.П.Маянов., О.Г. Романова, Д.С. Будник, А.М. Сабилев</i> Рентгеноконтрастный углепластик для медицины	222
<i>МОНОГРАФИИ сотрудников «НИИГрафит»</i>	223

8. ПАТЕНТЫ

8.1. КОМПОЗИТНАЯ ФОРМООБРАЗУЮЩАЯ ОСНАТКА ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Номер патента: RU 2716432 С1. - Номер заявки: 2019110174. - Дата публикации: 11.03.2020. - Патентообладатели: Акционерное общество «Обнинское научно-производственное предприятие «Технология» им. А.Г. Ромашина»



Изобретение относится к области формования изделий из полимерного композиционного материала, а именно к конструкциям оснасток для их формования. Композитная формообразующая оснастка для формования изделий из полимерных композиционных материалов включает опорную систему в форме прямоугольного полого параллелепипеда из равнополочного уголка и установленную на ней формообразующую оболочку, выполненную из трехслойной сотовой панели, которая содержит криволинейную часть, повторяющую геометрию изделия, переходящую в прямолинейную часть. Посредством последней

формообразующая оболочка опирается на опорную систему по ее периметру с помощью горизонтальной полочки. Техническим результатом изобретения является повышение технологичности и снижение трудозатрат на изготовление оснастки.

8.2. СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРЕФОРМЫ РАБОЧЕЙ ЛОПАТКИ ВЕНТИЛЯТОРА ИЗ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

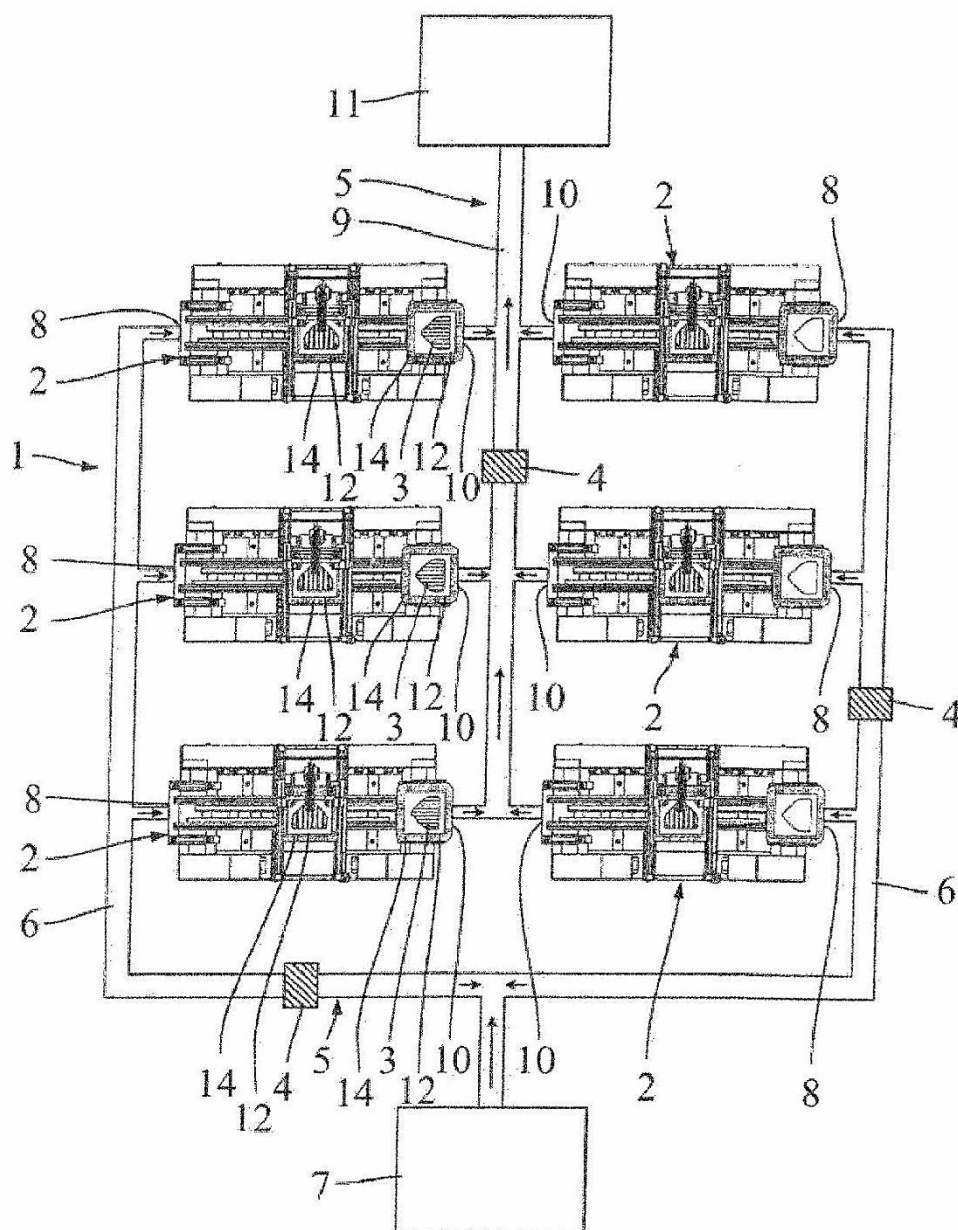
Номер патента: RU 2716443 С1. - Номер заявки: 2019123137. - Дата публикации: 11.03.2020. - Патентообладатели: Федеральное государственное унитарное предприятие "Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова"

Изобретение относится к способам изготовления деталей из композиционных материалов, а именно к способам изготовления преформ рабочих лопаток вентилятора авиационного двигателя из композиционного материала. Способ осуществляют путем того, что к основе поочередно пришивают стежками фиксирующей нити из арамидного материала множество слоев армирующего волокна. Причем предварительно формируют по меньшей мере две отдельные части преформы. Части, образующие внешнюю поверхность преформы, включают участок, образующий профильную часть лопатки, и участок, образующий хвостовик лопатки. При этом количество слоев армирующего волокна хвостовика лопатки превышает количество слоев армирующего волокна профильной части лопатки. Затем соединяют отдельные части преформы таким образом, чтобы на внешней поверхности преформы рабочей лопатки находился слой армирующего волокна с максимальным количеством стежков фиксирующей нити. Технический результат заключается в повышении стойкости хвостовика рабочей лопатки вентилятора из композиционного материала к фреттинг-износу.

8.3. СИСТЕМА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ВОЛОКНИСТОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Номер патента: RU 2715834 С2. - Номер заявки: 2017131215. - Дата публикации: 03.03.2020

Изобретение относится к системе для изготовления конструктивных элементов из волокнистого композиционного материала. Техническим результатом является обеспечение быстрого и бесперебойного производственного процесса. Технический результат достигается системой для изготовления конструктивных элементов из волокнистого композиционного материала, которая содержит первую машину (2) для укладки волокон, предназначенную для помещения волокнистых структур на заготовку (12). Причем машина для укладки волокон имеет инструментальную планшайбу (23) для подачи заготовки (12) вдоль направления (x) подачи, установленную с возможностью линейного движения в направлении (x) подачи и с возможностью поворота вокруг вертикальной поворотной оси. При этом машина для укладки волокон имеет укладочную головку (26) для размещения волокон (13) на заготовке (12). Система также содержит дополнительную обрабатывающую позицию для видоизменения заготовки, отличную от машины (2) для укладки волокон. Причем обеспечена доставка заготовки (12) с помощью автоматизированного устройства (4, 5) подачи как к машине (2) для укладки волокон, так и к дополнительной обрабатывающей позиции.



8.4. СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВЛАГОПОГЛОЩАЮЩЕГО КОМПОЗИЦИОННОГО ПОЛИМЕРНОГО МАТЕРИАЛА С МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМИ ДОБАВКАМИ

Номер патента: RU 2715380 С1. - Номер заявки: 2019118510. - Дата публикации: 27.02.2020. - Патентообладатели: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Воронежский государственный университет" (ФГБОУ ВО "ВГУ")

Изобретение относится к химии высокомолекулярных соединений, в частности к способу получения композиционного полимерного материала, обогащенного микроорганизмами. Описан способ получения влагопоглощающего композиционного полимерного материала. Иницирующую смесь добавляют в раствор полисахарида в 2% водном растворе уксусной кислоты. Реакционную смесь выдерживают при интенсивном перемешивании в течение 15-40 минут. Затем в смесь вводят раствор акриламида в (мет)акриловой кислоте в соотношении

0,1:0,9÷0,9:0,1 мольных долей и N,N-метилден-бис-акриламида или диэтиленгликольдиметакрилата или пропиленгликольдиметакрилата в количестве 0,05-10,0 мас. частей. Реакционную массу выдерживают при перемешивании в течение 5-ти часов при температуре 80°C. Полученный гель сушат. Полимерный материал измельчают до частиц диаметром 5 мм. После чего добавляют микробиологический препарат «Фитоспорин-М» в количестве 0,01-0,03 мас. частей на поверхность полимерного материала. Технический результат - увеличение количества поглощаемой воды при эксплуатации композиционного полимерного материала, улучшение микробиологических показателей почвы, упрощение технологии изготовления наполненного микроорганизмами геля при сохранении водосорбционных свойств на уровне существующих наполненных и ненаполненных аналогов.

8.5. ПЛАСТИНА УГЛЕРОДНАЯ ДЛЯ ОСТЕОСИНТЕЗА ПЕРЕЛОМОВ ДЛИННЫХ КОСТЕЙ

Номер патента: RU 2712131 С1. - Номер заявки: 2019105451. - Дата публикации: 24.01.2020. - Патентообладатели: Шевцов В.И.

Изобретение относится к медицине, в частности к травматологии и ортопедии. Раскрыта пластина углеродная для остеосинтеза переломов длинных костей, характеризующаяся тем, что пластина выполнена из углеродного наноструктурного композиционного материала; длина пластины колеблется от 120 до 240 мм, а ширина составляет 15-18 мм; пластина имеет два концевых отдела, равных одной трети длины пластины каждый, с толщиной от 2 мм у конца с конусообразным увеличением толщины до 5 мм на границе со средней третью и среднюю треть толщиной 5 мм, перекрывающую линию перелома; содержит отверстия в один или два ряда для фиксации пластины к кости; пластина выполнена с возможностью введения клипс через отверстия в пластине в отверстия прилегающей кортикальной пластинки кости, и с возможностью вкручивания в продольный конический канал клипсы сердечника, имеющего резьбу в подголовчатой области, в результате чего концевые лепестки клипсы веерообразно расходятся. Изобретение обеспечивает остеосинтез переломов длинных костей с использованием неметаллического материала, обладающего механической прочностью, биоинертностью и биосовместимостью с окружающими тканями, высокой пластичностью, а также позволяет сократить сроки реабилитации.