

КОМПОЗИТНЫЙ МИР

ISSN 2222-5439

#1 (98)
2022



НЕНАСЫЩЕННЫЕ ПОЛИЭФИРНЫЕ СМОЛЫ
ЭПОКСИВИНИЛЭФИРНЫЕ СМОЛЫ
ГЕЛЬКОУТЫ
МАТРИЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

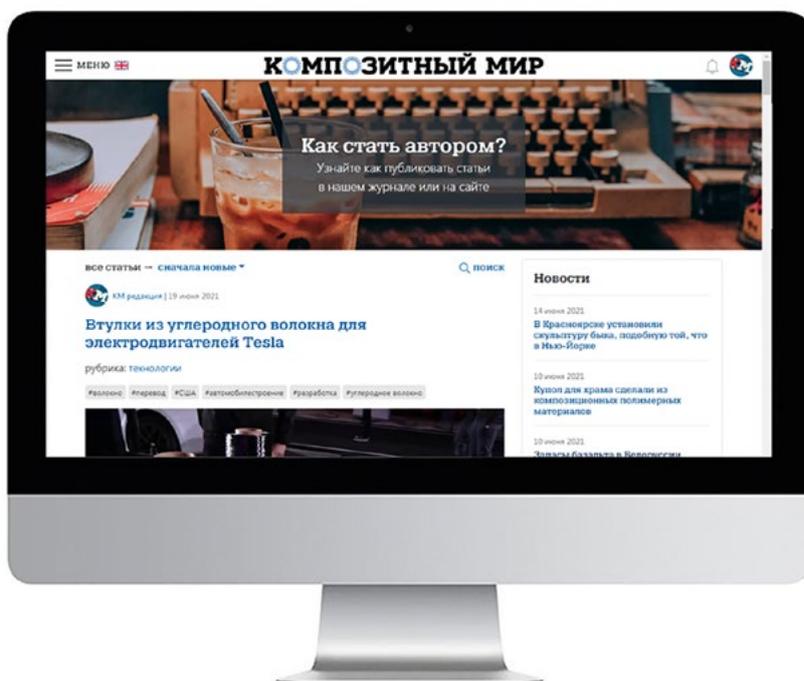
ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ СОСТАВЫ

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

**ТВОРИМ
БУДУЩЕЕ
СЕЙЧАС!**

www.dugalak.ru





www.compositeworld.ru



Портал о композитных материалах, их проектировании, производстве и применении



Дорогие друзья!

Как говорится — «Шутить больше не о чем, всё превратилось в быль!»

В 1920 году английский писатель Герберт Уэллс совершил путешествие в Советскую Россию, результатом которого стало написание документальной книги, состоящей из серии статей, написанных Уэллсом для газеты «The Sunday Express». Книга эта называлась «Россия во мгле».

Прошло сто лет. Из ощущений — абсолютное непонимание каких бы то ни было перспектив. Никаких прогнозов, никакой аналитики. Ничего.

Из очевидного — пачка бумаги для принтера 1600 руб., Norton Antivirus сообщает, что теперь вирусы можете убивать тапком, Microsoft ставит в известность, что Office на наших компьютерах 5-го апреля превратится в тыкву, картами в интернете ничего не оплатить. Ну и так, по мелочи.

Теперь по поводу «окна возможностей». Как широко оно откроется при кредитной ставке в 25–26 процентов годовых? Насколько широк будет ассортимент производимой продукции в отсутствие импортного сырья и оборудования? Какова будет себестоимость продукции, произведённой из сырья, купленного при таком курсе валют? Кто будет покупать её при неминуемо выросших отпускных ценах? Каким будет объем применения изделий из композитных материалов в условиях конкуренции с металлом, когда для металлургических предприятий введут эмбарго на экспорт и они ринутся забирать композитный рынок под себя? Сколько лет нужно, чтобы наладить полное, а не имитационное импортозамещение?

Поживём-увидим...

Читайте с пользой!

С уважением, Ольга Gladунова



Научно-популярный журнал
Композитный мир
#1 (98) 2022

Дисперсно- и непрерывнонаполненные композиты: стеклокомпозиты, углекомпозиты, искусственный камень, конструкционные пластмассы, пресс-формы, матрицы, оснастка и т. д. — ТЕХНОЛОГИИ, РЕШЕНИЯ, ПРАКТИКА!

Регистрационное свидетельство ПИ № ФС 77-35049
Министерства РФ по делам печати,
телерадиовещания и средств массовых
коммуникаций от 20 января 2009 г.

ISSN — 2222-5439

Учредитель:

ООО «Издательский дом «Мир Композитов»
8 (921) 955-48-47, 8 (911) 758-73-98
www.compositeworld.ru

Директор: Сергей Gladunov
gladunov@kompomir.ru

Главный редактор: Ольга Gladunova
o.gladunova@kompomir.ru

Вёрстка и дизайн:
design@compositeworld.ru

По вопросам подписки:
podpiska@kompomir.ru

По вопросам размещения рекламы:
o.gladunova@kompomir.ru

Advertising:

Maria Melanich
maria.melanich@kompomir.ru
marketing@kompomir.ru
en.compositeworld.ru

Номер подписан в печать 22.03.2021

Отпечатано в типографии «Премиум Пресс»
Тираж 7500 экз. (печатная + электронная версия)
Цена свободная

Адрес для корреспонденции:

197374, Санкт-Петербург, а/я 19

Научные консультанты:

Александр Александрович Лысенко — д.т.н., профессор,
заведующий кафедрой Наноструктурных, волокнистых
и композиционных материалов им. А. И. Меоса
Санкт-Петербургского Государственного Университета
Промышленных технологий и дизайна;

Валерий Анатольевич Жуковский — д.т.н., профессор
кафедры Наноструктурных, волокнистых и
композиционных материалов им. А. И. Меоса Санкт-
Петербургского Государственного Университета
Промышленных технологий и дизайна;

Ольга Владимировна Ашашкина — к.т.н., доцент
кафедры Наноструктурных, волокнистых и
композиционных материалов им. А.И. Меоса Санкт-
Петербургского Государственного Университета
Промышленных технологий и дизайна.

* За содержание рекламных объявлений
редакция ответственности не несет.

При перепечатке материалов ссылка
на журнал «Композитный Мир» обязательна.

Мнение редакции может не совпадать с мнением автора



Новости

Российские новости	6
Мировые новости	13

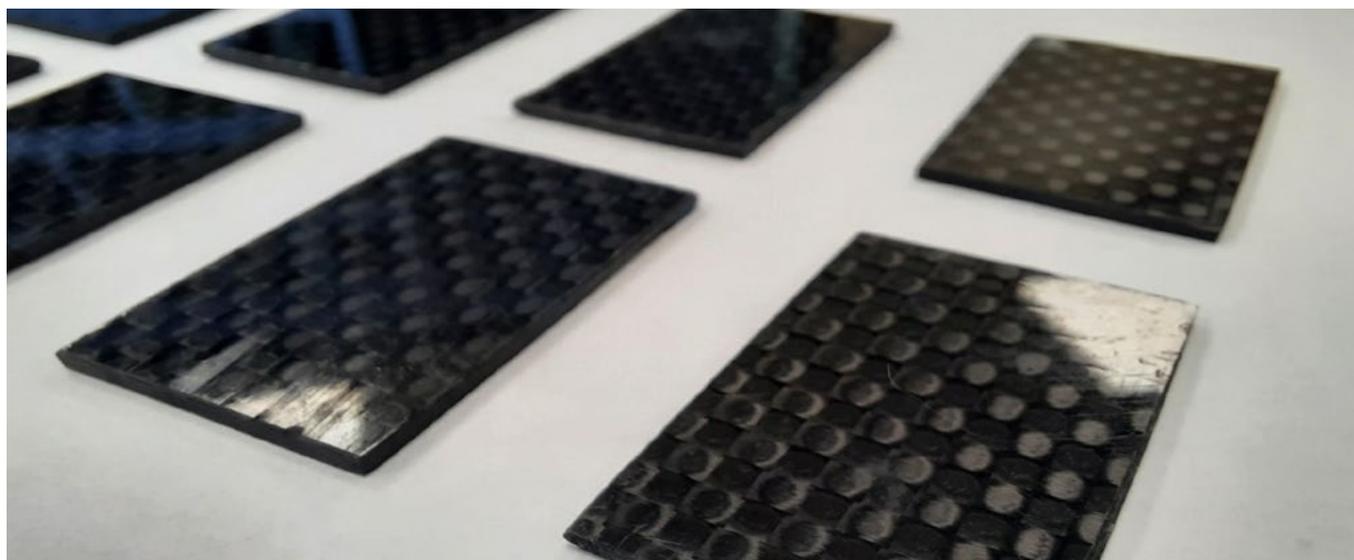
Отрасль

Новый комплекс по производству и синтезу смол	18
Преодолевая расстояния. Владивосток Санкт-Петербург	20
Искусственный интеллект и цифровое материаловедение в интересах ОПК РФ	22
Почему базальтовые непрерывные волокна станут основой производства армирующих и композиционных материалов в 21 веке	24

Материалы

Карбон или Мультиаксиалка?	30
Использование адгезивов Crestomer в судостроении	34
Конструкционный клей компании Kisling со слабым запахом для применения в железнодорожной отрасли с визуальным контролем отверждения	38





Технологии

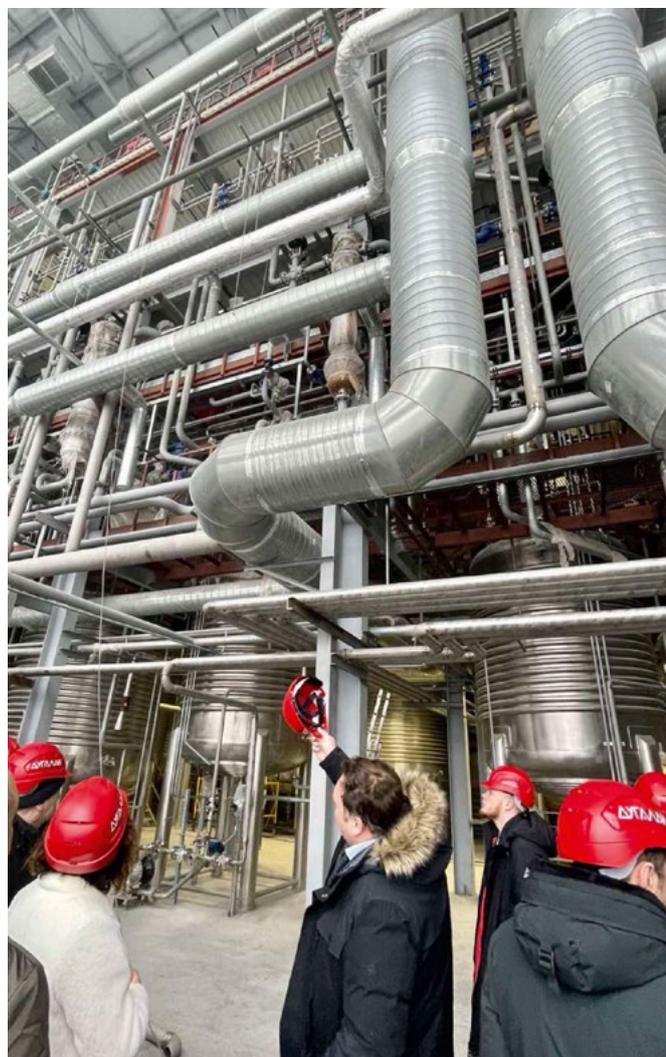
Применение моделирования при разработке технологий изготовления конструкции из полимерных композиционных материалов	42
Инновационные технологии изготовления графеновых композитов	44
Изготовление легкой матрицы для автотюнинга	46

Наука

Ещё раз о монолитности конструкций из полимерных композиционных материалов	50
--	----

Применение

Студенческая команда Московского политехнического университета «Manta Ray» готова приступить к созданию своей первой углепластиковой лодки	56
Норвежские пассажирские катамараны из композиционных материалов	58



«Татнефть-Пресскомпозит» предлагает продукцию из льняного волокна



Компания «Татнефть-Пресскомпозит» запустила проект, в результате которого на российский рынок будет представлена принципиально новая экологичная композитная продукция.

Компания изготовила первые образцы новых композитных профилей и скамеек с использованием натурального материала — льна. Уже сегодня в изготовлении композитных изделий лён заменил стекломатериал до 5%.

Композитная продукция призвана заменить традиционные материалы (сталь, дерево и пр.) благодаря ряду преимуществ: коррозионная стойкость, наиболее высокое соотношение прочности и собственного веса, долгий срок службы и значительное снижение углеродного следа.

Использование в качестве сырья материала растительного происхождения — льна, позволит Компании не только еще больше снизить углеродный след, что соответствует его осознанному и ответственному экологическому ESG-курсу, но и полностью исключить в будущем токсичные отходы.

Подобная «ЕСО» продукция — скамейки, малые архитектурные формы, фасадные материалы и прочие решения могут быть использованы в различных применениях при благоустройстве парковых, городских, промышленных территорий, в инфраструктурном строительстве.

www.tnpc.ru

Всероссийская научная конференция и молодежный конкурс научных докладов «Наноструктурные, волокнистые и композиционные материалы»



Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна и кафедра наноструктурных, волокнистых и композиционных материалов им. А.И. Меоса приглашает принять участие во Всероссийской научной конференции и молодежном конкурсе научных докладов «Наноструктурные, волокнистые и композиционные материалы» (18–19 мая 2022 г).

Конференция приурочена к 125-летию со дня рождения Александра Ивановича Меоса — основателя кафедры технологии химических волокон (ныне наноструктурных, волокнистых и композиционных материалов им. А.И. Меоса) и посвящена современным разработкам в области волокнистых композиционных и наноструктурных материалов.

Конференция будет проходить в заочном формате. Участие подразумевает публикацию научных статей ведущих ученых в специальном номере журнала «Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1. Естественные и технические науки» (журнал входит в список рекомендованных изданий ВАК РФ), публикацию тезисов докладов в сборнике материалов конференции, включенном в РИНЦ, а также конкурс презентаций докладов студентов (бакалавриата и магистратуры) и аспирантов.

Основные направления конференции:

1. Традиционные полимерные композиционные материалы;
2. Наноструктурные материалы и нанотехнологии;
3. Макромолекулярные системы.

Официальный язык конференции — русский. Участие в конференции и молодежном конкурсе научных докладов бесплатное.

К участию приглашаются ведущие ученые-исследователи в области полимерных волокнистых и композиционных материалов, молодые ученые, аспиранты и студенты, а также представители компаний композитной отрасли, занимающиеся фундаментальными и прикладными научными исследованиями и разработками.

Компании отрасли также могут выступить в качестве партнеров или спонсоров мероприятия, рассказать будущим специалистам отрасли со страниц сборника материалов о своей деятельности, познакомиться с работами студентов, а также организовать специальный приз от своей организации авторам наиболее понравившейся разработки или принять участие в её дальнейшей реализации.

Более подробную информацию о требованиях к публикациям, а также сроках предоставления материалов или возможности участия можно узнать у координатора конференции — к.т.н., доцента кафедры НВКМ СПбГУПТД Петровой Дарьи Александровны по электронной почте: nano-olimpiada@yandex.ru (с темой «Вопросы по конференции») или по телефону: +7 (812) 315-02-56

«Защитный композит» на орбите

С прибытием транспортного грузового корабля (ТГК) «Прогресс МС-19» 17 февраля 2022 года на Международной космической станции (МКС) начался очередной этап реализации российской программы научно-прикладных экспериментов. Одним из важнейших направлений технологических и медико-биологических исследований на околоземной орбите является поиск эффективных методов защиты человеческого организма от влияния космической радиации во время будущих пилотируемых экспедиций за пределы магнитного поля нашей планеты.

В настоящее время одной из серьезных проблем космического полета остается негативное воздействие на экипаж солнечных и галактических космических лучей, а также вторичной радиации, возникающей от контакта высокоэнергетических частиц с конструктивными элементами и материалами космических аппаратов. Особое значение этот фактор приобретает в случае долговременных экспедиций, требующих надежной радиационной защиты космонавтов без увеличения массовых и объемных характеристик защитных средств. Научно-технические изыскания в этой области, предусмотренные «Долгосрочной программой целевых работ, планируемых на МКС до 2024 года», включают также и практическую оценку устойчивости перспективных противорадиационных материалов в условиях длительного орбитального полета.

Образец такого материала — «Защитный композит» — разработан Белгородским государственным технологическим университетом им. В.Г. Шухова при

участии Центра подготовки космонавтов им. Ю. А. Гагарина для использования в научной аппаратуре. Аппаратура представляет собой два комплекта упаковок с дозиметрами и контейнерами, изготовленными из специального полимерного композита, не образующего вторичную радиацию в отличие от алюминиевой обшивки космического аппарата.

Эксперимент «Защитный композит», который проводится совместно с РКК «Энергия» им. С.П. Королева, предусматривает решение следующих задач на борту Российского сегмента МКС:

- регистрация поглощенной дозы от ионизирующего излучения как снаружи композитного контейнера, так и под его защитой;
- сбор данных о накопленной дозе излучения, прошедшего через полимерный композит определенной толщины;
- подтверждение радиационно-защитных свойств полимерного композита, обеспечивающих радиационную безопасность экипажа.

Продолжительность целевой работы «Защитный композит» на МКС планируется в течение полутора лет. После ее завершения результаты эксперимента будут возвращены на Землю для определения возможности использования нового композитного материала в производстве защитных экранов космических кораблей и противорадиационных элементов в костюме космонавтов.

www.energia.ru

«Татнефть-Пресскомпозит» строит новый завод в г. Бавлы

Презентация нового проекта ООО «Татнефть-Пресскомпозит» состоялась в конце февраля 2022 года в ходе рабочей поездки в г. Бавлы Премьер-министра Татарстана Алексея Песошина.

Группа «Татнефть» ведет сознательный, экологически ответственный бизнес, основанный на целях устойчивого развития Глобального договора ООН. Это работа осуществляется на основе инноваций по всей цепочке бизнес-процессов в нефтедобыче, нефтепереработке, нефтехимии, электроэнергетике, с возможностью расширения линейки продукции с низким углеродным следом.

Применение стеклопластиковых труб по сравнению с металлическими снижает выбросы парниковых газов в 4,5–6 раз. В связи с этим Компания ПАО «ТАТНЕФТЬ» планирует масштабный переход на строительство стеклопластиковых трубопроводов.

«Татнефть-Пресскомпозит» запустит три новые производственные линии, две из которых будут построены на территории нового завода в Бавлах. В настоящее время на предприятии в Елабужском районе расположена линия мощностью 450 км стеклопластиковых труб в год.

Площадь нового производства в Бавлах займет



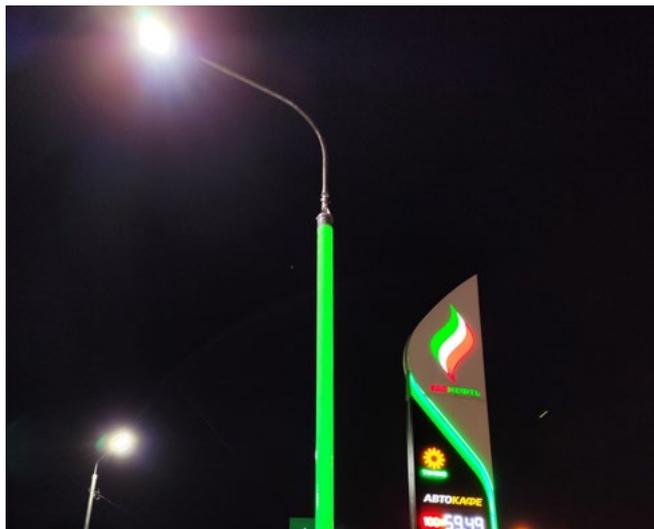
6500 м². Проектная мощность предприятия — 900 км труб в год. Суммарная мощность производства после введения новых линий составит 1800 км стеклопластиковой продукции.

Запуск завода в Бавлах запланирован на конец ноября 2022. Новый проект создаст 212 новых рабочих мест. Набор инженерно-технического персонала с дальнейшим обучением начнется в марте текущего года.

В настоящее время ведутся проектно-изыскательные работы и подготовка территории под новое строительство.

www.tnpc.ru

Стеклопластиковые световые опоры для благоустройства территорий



Компания «Татнефть-Пресскомполит» реализовала новый инновационный проект — производство композитных опор с ночной внутренней подсветкой для благоустройства наружного освещения территорий.

Световые опоры из стеклопластика — это лучшая альтернатива традиционным материалам, которая превосходит их по большинству эксплуатационным параметрам. Опоры из стеклопластика не подвержены разрушению и коррозии, они отлично зарекомендовали себя в различных климатических условиях

(в т.ч. сильного ветра, резких перепадов температур).

Благодаря технологии производства, опоры ООО «Татнефть-Пресскомполит» обладают высокой механической прочностью и надежной конструкцией.

Стеклопластиковые опоры подходят для освещения разных объектов для городской и производственной инфраструктуры — дорог и мостов, внутри жилых территорий, ландшафтных подсветок в парковой зоне, стадионов, производственных площадок, аэропортов, территорий АЗС и пр.

Уже сегодня для благоустройства территорий АЗС Татнефть (ООО «Татнефть-АЗС-Запад») в г. Москва и Московской области компанией «Татнефть-Пресскомполит» изготовлено 52 единицы опор высотой 7 м со светло-зеленой внутренней подсветкой.

Для обустройства наружного электрического освещения ООО «Татнефть-Пресскомполит» предлагает композитные опоры с внутренней подсветкой различных цветов. По желанию заказчика, в дневное время внешне опоры могут быть полностью идентичны металлическим, данный эффект достигается за счет наружной окраски опор в серый цвет под алюминий. Декоративность опор позволяет сделать освещение частью ландшафтного дизайна, внутренняя подсветка в фирменном цвете позволит заказчикам подчеркнуть индивидуальность и стиль объекта.

www.tnpc.ru

КАПО-Комполит наращивает объёмы производства по программе МС-21



Министр промышленности и торговли Российской Федерации Денис Мантуров совместно с президентом Республики Татарстан Рустамом Миннихановым, генеральным директором ПАО «ОАК» Юрием Слюсарем и генеральным директором ПАО «Корпорация «Иркут» Андреем Богинским посетили в начале февраля 2022 года АО «КАПО-Комполит» (в составе ПАО «ОАК» Госкорпорации Ростех).

Расположенный в Казани завод «КАПО-Комполит» входит в состав АО «АэроКомполит» — разработчика и производителя деталей и агрегатов из полимерных композиционных материалов для самолета МС-21. «КАПО-Комполит» выпускает механизацию крыла и хвостового оперения воздушного судна методом автоклавного формования. Финальную сборку крыла МС-21 и производство его композитных панелей и лонжеронов ведет предприятие «АэроКомполит-Ульяновск».

В ходе визита делегация осмотрела цеха завода «КАПО-Комполит». Информацию о предприятии представил первый заместитель генерального директора «ПАО «Корпорация «Иркут», генеральный директор АО «АэроКомполит» Анатолий Гайданский.

Он сообщил, что производство композитных деталей и агрегатов ведется с применением новых российских материалов, которые по своим характеристикам полностью соответствуют требованиям конструкторов самолета МС-21.

Специалисты «КАПО-Комполит» усовершенствовали автоклавную технологию изготовления агрегатов. Это позволяет сократить производственный цикл и добиться существенной экономии, что важно в контексте планов наращивания производства самолетов МС-21.

МС-21-300/310 — первый в мире среднемагистральный самолет, на который устанавливается композитное крыло. Доля композитов в конструкции воздушного судна составляет порядка 40%. В декабре 2021 года Росавиация выдала ПАО «Корпорация «Иркут» сертификат типа на самолет МС-21-300. Также в декабре 2021 года выполнил первый полет самолет МС-21-300, крыло которого изготовлено из полимерных композиционных материалов российского производства.

www.uacrussia.ru

Композитный материал для извлечения урана из жидких радиоактивных отходов



Новый композитный материал для очистки жидких радиоактивных отходов создал Константин Катин, доцент кафедры физики конденсированных сред Института нанотехнологий в электронике, спинтронике и фотонике (ИНТЭЛ) НИЯУ МИФИ. Он работал совместно с учеными из Республиканского университета Сиваса (Турция). Результаты исследования опубликованы в научном издании *Journal of Molecular Liquids*.

Очистка жидких радиоактивных отходов, загрязняющих окружающую среду, — одна из актуальных проблем атомной энергетики. Созданный адсорбент на основе экологически безопасного природного материала, по словам Константина Катина, поможет извлекать из таких отходов уран, присутствующий в виде иона уранила UO_2 .

«Мы взяли за основу вермикулит — эластичный слоистый минерал, похожий на глину, который и

раньше использовался для поглощения радиоактивных загрязнителей и гамма-излучения. Методом полимеризации в водном растворе мы получили композит на основе вермикулита и полиакриламида, который по своим характеристикам превосходит известные адсорбенты. Его адсорбционная емкость по отношению к уранилу достигает $0,38$ моль/кг», — рассказал доцент.

Полученный композитный материал ученые поместили на сутки в загрязненный радиоактивным уранилом раствор. Ионы уранила адсорбировались на композит, который затем ученые исследовали методами инфракрасной спектроскопии и сканирующей электронной микроскопии.

«При разработке нового материала мы применяли серии теоретических подходов и компьютерного моделирования. Это удешевило его создание в несколько раз, радикально сократив количество необходимых экспериментов», — объяснил Константин Катин.

Теперь ученые анализируют целесообразность применения композитного материала для извлечения урана из морской воды. Также авторы исследования занимаются разработкой улучшенных адсорбентов на основе вермикулита.

портал «Научная Россия»
scientificrussia.ru



CARBO CARBO
КОМПОЗИТНЫЙ СУПЕРМАРКЕТ

**В наличии
по суперцене**

Эпоксидные препреги класса А+

Эпоксидная смола L 

Углеродные ткани
различной плотности



**При заказе
онлайн**

скидка 5%



carbocarbo.ru
info@carbocarbo.ru
+7(499)281-66-33

Реклама. Не является публичной офертой. Срок проведения акции может быть изменен. С действующими скидками и товарами не суммируется. Более подробно на нашем сайте carbocarbo.ru или по телефону +7(499) 281-66-33 Скидка высчитывается в корзине.



Ярославские предприятия наращивают выпуск импортозамещающей продукции

Предприятие «Контек», работающее в Ярославской области, в рамках импортозамещения планирует увеличить производство бассейнов, горок из стеклопластика и других видов товаров. Продукция востребована российскими отелями, домами отдыха, санаториями, частными лицами, поскольку не уступает по качеству импортным аналогам.

Практически все товары выпускают из российских материалов — зависимость от зарубежных поставок на производстве минимальная, им сейчас ищут до-

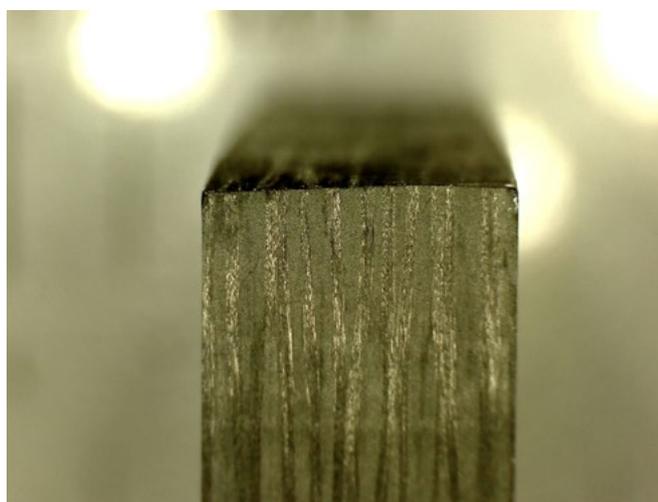
стойную отечественную альтернативу.

«За время пандемии мы выросли на 30%, — рассказал директор компании Владимир Платов. — Рассчитываем, что эта тенденция продолжится и сейчас в связи с тем, что люди не поедут отдыхать за границу, а проведут время на Родине. Мы строим бассейны, спа-зоны».

Для бизнеса на федеральном и региональном уровне разработаны меры поддержки.

yarreg.ru

Технология ученых Пермского национального исследовательского политехнического университета избавит поверхность важных конструкций от дефектов



Полимерные композиционные материалы сегодня используют в аэрокосмической, авиационной и оборонной промышленности, в создании судов и автомобилей. При обработке на поверхности изделий образуются дефекты, и даже малейшие «несовершенства» могут привести к необратимым последствиям. Ученые Пермского национального исследовательского политехнического университета («Пермского Политеха») разрабатывают технологию, которая повысит качество деталей.

Из-за особенностей строения и неоднородной структуры полимерных композитов их поверхность в процессе обработки подвергается различным деформациям и разрушению. Эти дефекты в дальнейшем могут привести к появлению трещин и разрушению деталей. По словам ученых, сейчас нет способов, которые могли бы сократить дефектный слой до 0 мкм.

«Мы провели эксперименты и выяснили, что наилучшее качество поверхности обеспечивают высокая скорость обработки, твердость инструмента и его острая режущая кромка. Эти факторы совмещает в себе абразивная обработка, или шлифование, которую мы предложили использовать для обработки полимерных композитов», — рассказывает аспирант, старший преподаватель кафедры технических дисци-

плин Лысьвенского филиала «Пермского Политеха» Артем Волковский.

По словам разработчиков, улучшение качества поверхности и сокращение дефектов позволяют повысить надежность технических систем в целом. Это напрямую влияет на безопасность человека в процессе их эксплуатации. В частности, до 40 % деталей нового отечественного пассажирского самолета МС-21 и газотурбинного двигателя ПД-14 изготавливают из полимерных композиционных материалов. Их также используют при создании спортивных болидов и морских судов.

Преимущество технологии пермских ученых, в отличие от аналогов, состоит в том, что она позволит математически описать и спрогнозировать показатели качества. Кроме того, способ экономичен и прост в реализации.

«В результате абразивной обработки нам удалось получить необходимое качество поверхности деталей. Высокая скорость обработки режущими абразивными зёрнами с твердыми острыми кромками позволяет легко перерезать армирующие волокна композиционных материалов, не деформируя их, что не всегда обеспечивает применяемая сегодня лезвийная обработка при фрезеровании, сверлении и точении», — объясняет профессор кафедры инновационных технологий машиностроения Пермского Политеха, доктор технических наук, академик РАН Владимир Макаров.

Технология улучшит качество поверхности изделий из полимерных композитов и снизит дефекты, повысит долговечность и надежность работы авиационных деталей, считают ученые. Абразивная обработка углепластика с помощью шлифовальных кругов из электрокорунда позволила получить поверхность без трещин, ворсистости, расслоения и непрорезов. Исследователи также создали математические модели, которые помогут эффективно управлять процессом обработки материалов.

Наталья Теплова,
Пресс-релиз Пермского национального
Исследовательского
политехнического университета

КБГУ откроет инжиниринговый центр по суперконструкционным полимерным материалам



Кабардино-Балкарский госуниверситет (КБГУ) в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030» планирует в 2022 году открыть Инжиниринговый центр передовых материалов и технологий. Об этом сообщила ТАСС и.о. проректора вуза по научно-исследовательской работе Светлана Хаширова.

«В рамках программы «Приоритет 2030» у нас в этом году создается инжиниринговый центр передовых материалов и технологий, в котором будет функционировать опытно-промышленный участок

по производству суперконструкционных полимеров, композиционных термопластичных материалов на их основе, филаментов для 3D-печати, пластификаторов, аппретов и других добавок, которых практически нет на российском рынке», — рассказала Хаширова.

Разработкой суперконструкционных полимерных материалов КБГУ активно занимается с 2014 года. Такие материалы обладают радиационной стойкостью в сочетании с высокими физико-механическими и теплофизическими характеристиками, вес такого изделия меньше в сравнении со сталью на 70%, с титаном на 55%, с алюминием на 40%. Данные полимеры устойчивы к износу, химически инертны, прочны, морозостойки, а также биоинертны для применения в медицине. Разработанные полимерные материалы могут быть использованы не только в традиционных методах переработки, но и в новых производственных технологиях, в том числе и 3D-, 4D-печати.

Отмечается, что обмениваться опытом и объединять компетенции КБГУ будет с партнерами — Институтом проблем химической физики РАН, Институтом нефтехимического синтеза РАН, МГУ и другими академическими институтами, и вузами, в рамках программы «Приоритет 2030».

plastinfo.ru

Композиционные материалы и оборудование для производства композиционных изделий

Дозировочно-смешивающие машины для пенополиуретанов и композитов Mahr Unipre (Германия)

Mahr



Лабораторные сушильные шкафы и промышленные печи France Etuves (Франция)

FRANCE ETUVES

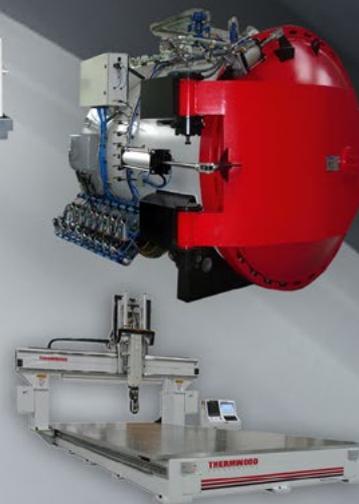


Автоклавы для композитов и вулканизации резины Olymspan (Китай)

OLYMSPAN®

Оборудование для механической обработки пластиков Thermwood (США)

THERMWOOD
First in CNC Routers



Гидравлические прессы для композитов Langzauner (Австрия)

Langzauner
PERFECT

Композит из кокосового волокна



Фото: indonesiacocopeat.com

Международный научный коллектив из России и Тайланда представил технологию изготовления армирующего (упрочняющего) композита из оболочки кокосового ореха. Благодаря своей легкости и прочности, он может использоваться для покрытия автобанов, создания интерьеров ж/д вагонов и авиасалонов, и бытовых нужд.

Натуральные волокна — кокос, сизаль, джут, конопля, бамбук — все более востребованы в промышленности, поскольку они обладают высокой механической прочностью и жесткостью, отличной термической стабильностью и коррозионной стойкостью. Производители все чаще используют их для замены синтетических волокон, как бюджетные, доступные и экологически чистые решения.

«Превосходные свойства композита из натуральных волокон обусловлены, в частности, хорошей межфазной связью на границе раздела волокна и матрицы. Для его получения натуральные волокна, принадлежащие к гидроксильным группам, содержащие лигнин и целлюлозу, как правило, химически модифицируют. Используя химическую модификацию или модификацию поверхности, можно улучшить степень сцепления на границе раздела волокна с матрицей, что приводит к превосходной стойкости материалов к разрушению», — рассказал соавтор исследования, профессор кафедры инжиниринга технологического оборудования НИТУ «МИСиС», д.т.н, Сергей Горбатюк.

Ученые НИТУ «МИСиС» совместно с коллегами из

Тайланда изготовили так называемый грин-композит, в основе которого кокосовое волокно и фенолформальдегидное связующее.

Композиты из кокосового волокна были изготовлены методом ручной выкладки с последующим компрессионным формованием. Исследование проводили путем испытаний на растяжение, изгиб, ударную вязкость, а также измерения скорости водопоглощения и характеристик биоразлагаемости.

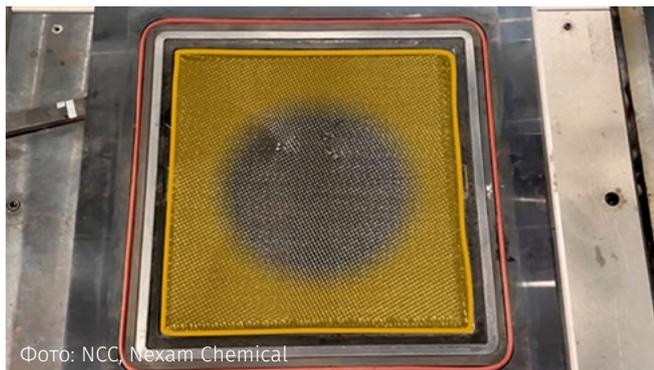
Для оптимизации технологии исследователи сравнивали два вида волокон — обычное и мерсеризированное — обработанное концентрированным раствором едкого натра и промытое горячей и холодной водой. Образцы композита на основе мерсеризированного волокна показали больший модуль упругости и предел прочности при растяжении по сравнению с композитом на основе необработанных щелочью волокон. Это связано с образованием особой шероховатой поверхности на волокнах в результате обработки, что обеспечивает лучшее расположение волокон и сцепление с матрицей.

В России разработчики планируют адаптировать технологию, используя в качестве сырья волокна льна, конопли и крапивы.

Работы ведутся совместно с King Mongkut's University of Technology North Bangkok под руководством Dr. Sanjay M. R. и Prof. Dr. -Ing. habil. Suchart Siengchin.

misis.ru

Компания Nexam Chemical разработала решение для производства термостойких композитов



Национальный центр композитов (NCC, г. Бристоль, Великобритания) в сотрудничестве с Nexam Chemical AB («Нексам Кемикал», Швеция) успешно изготовил композит с использованием высокотемпературной смолы, предложив решение проблемы использования передовых материалов в компонентах, которые должны выдерживать экстремальные температуры.

По словам разработчиков, новый продукт позволяет промышленности использовать преимущества композитов в элементах, которые сильно нагреваются, таких как горячие секции авиационных двигателей и корпуса электрических батарей, что раньше было невозможно.

Высокотемпературная система смол Neximid ком-

пании Nexam Chemical может работать при температурах до 400°C

В то время как закрытое формование (RTM) обычно проводится при температуре около 120 °C, благодаря разработке специального высокотемпературного оборудования, включая уникальную конструкцию инструментов и высокотемпературные уплотнения, NCC удалось поддерживать температуру смолы выше 250 °C на протяжении всего процесса впрыска, что позволяет сочетать способность смолы выдерживать высокие температуры с высокой температурой обработки для конечного продукта, который теперь может выдерживать гораздо более высокие температуры, чем предыдущие композиты.

В то же самое время смола безопасна, уровень выделяемых в процессе формования летучих соединений незначителен, по сравнению с их эмиссией при работе с другими полиимидными смолами.

После этого успешного сотрудничества компания Nexam Chemical присоединилась к NCC в качестве аффилированного члена малого и среднего бизнеса, открыв путь для дальнейших проектов, которые помогут промышленности использовать высокотемпературные технологии RTM.

plastinfo.ru

www.nexamchemical.com



КОМПОЗИТ
ИЗДЕЛИЯ

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ ВАКУУМНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Отечественный производитель и поставщик вспомогательных материалов.

Компания осуществляет производство и комплексные поставки всей номенклатуры вспомогательных вакуумных материалов для производства изделий из ПКМ.

В настоящий момент более 70% выпускаемой нами продукции локализовано и производится на территории Российской Федерации.

Материалы выпускаются по отечественным ТУ, имеют паспорта, сертификаты соответствия, протоколы испытаний в ведущих отраслевых лабораториях и положительные заключения крупнейших предприятий аэрокосмической отрасли.

Мы предлагаем клиентам:

- Полную техническую поддержку;
- Необходимые материалы для изготовления изделий из ПКМ;
- Вакуумное оборудование и инструменты;
- Обучение в тренинг-центре по работе с ПКМ.



Участник программы по
Импортозамещению
при поддержке МинПромТорга

Итальянский дизайнер разработал концепт яхты, которая умеет летать



Итальянский дизайнер Пьерпаоло Лазарини создал концепт гибрида катамарана и дирижабля Majestic — Air Yacht. Гигант длиной 150 метров способен как парить в небе, так и плыть по воде. Футуристичный дизайн транспортного средства впечатляет, так же как и его роскошь и размеры: огромные панорамные окна, бассейн, просторные зоны для отдыха и еды — здесь предусмотрено все. На каждой из двух дирижаблей-близнецов размещено по пять апартаментов с ванными комнатами. На одном из них есть даже вертолетная площадка.

Air Yacht работает на солнечных батареях. Материал, из которого созданы дирижабли, — углепластик. Обе емкости содержат 400 тыс. куб. м сжатого гелия — благодаря этому воздушное судно может лететь со скоростью 111 км/ч в течение 48 часов. Яхта способна развивать скорость до 60 узлов. В этом, помимо дирижаблей, помогают электрические двигатели.

В дизайн-студии Lazzarini, где разработали Air Yacht, планируют, что яхта будет использоваться скорее частными владельцами, чем в качестве общественного транспорта.

poisknews.ru
www.boatinternational.com



ГРУППА КОМПАНИЙ
КОМПОЗИТ

193079, Санкт-Петербург
Октябрьская наб., 104
+7 (812) 322-91-70
+7 (812) 322-91-69
office@composite.ru

Приглашаем
посетить наш стенд

1F05

на выставке
**Композит-Экспо
2022**



www.composite.ru



www.composite-shop.ru

Полиэфирные смолы
Эпоксивинилэфирные смолы
Гелькоуты
Сэндвич-материалы
Системы отверждения
Оборудование для стеклопластика
Стекломатериалы
Вспомогательные материалы

Первая полностью перерабатываемая лопасть ветроэнергетической установки



Консорциум ZEBRA (Zero Waste Blade Research) выпустил первый прототип своей на 100 % перерабатываемой лопасти ветроэнергетической установки (ВЭУ).

Лопасть длиной 62 метра была изготовлена с использованием термопластичной смолы Elium® (компании Arkema) и стекломатериалов Owens Corning.

Запущенный в сентябре 2020 года проект ZEBRA представляет собой уникальное партнерство, возглавляемое французским исследовательским центром IRT Жюль Верна, и объединяет промышленные компании, в том числе Arkema, CANOE, Engie, LM Wind Power, Owens Corning и SUEZ. Его цель — продемонстрировать техническую, экономическую и экологическую значимость лопастей ВЭУ на основе термопластов.

В рамках проекта LM Wind Power спроектировала и построила самую большую в мире лопасть из термопластичных полимеров на своем заводе в Понферраде в Испании.

Жидкая термопластичная смола идеально подходит для изготовления крупных деталей методом инфузии смолы. Полученный композитный материал обладает характеристиками, аналогичными характеристикам композитов на основе термореактивных смол, но обладает ключевым уникальным преимуществом: возможностью вторичной переработки.

Композитные компоненты на основе Elium® могут быть переработаны с использованием усовершенствованного метода, называемого химической

переработкой, который позволяет полностью деполимеризовать смолу и получить первичное связующее и высокомодульное стекловолокно, готовое к повторному использованию. Эта технология, разработанная Arkema и партнерами CANOE, тестируется на всех композитных деталях, включая отходы производства. Owens Corning также отвечает за поиск решений для переработки стекловолокна путем переплавки или повторного использования в различных областях применения.

В дополнение к испытаниям материалов и технологических процессов компании также добились прогресса в разработке и оптимизации производственного процесса за счет использования автоматизации для снижения энергопотребления и отходов производства.

LM Wind Power теперь начнет полномасштабные испытания долговечности конструкции в своем Центре испытаний в Дании.

Следующими шагами являются переработка производственных отходов, демонтаж и переработка этой первой лопасти и анализ результатов испытаний. К концу проекта в 2023 году консорциум решит задачу устойчивого включения сектора ветроэнергетики в цикл круговой экономики в соответствии с принципами экодизайна.

www.ge.com



Ученые придумали, как превратить кузов электрокара в аккумулятор



Новый композит может аккумулировать электроэнергию и одновременно выполнять роль структурного элемента.

Группа исследователей Университета Центральной Флориды разработала новый композит, который может аккумулировать электроэнергию и одновременно выполнять роль структурного элемента кузова автомобиля. Такой материал позволил бы заметно снизить массу электрокаров, а также увеличить дальность хода без подзарядки приблизительно на 25 процентов. Жизнеспособность концепции ученые проверили на игрушечной машинке: её кузов целиком сделали из нового полимерного композита и от него же запитали тяговый электромотор.

Разработанный учеными энергоаккумулирующий углепластик (e-CFRP) представляет собой гибрид обычной батареи и ионистора (суперконденсатора). Он состоит из вертикальных листов графена, соединенных с углеволоконными электродами, на которые нанесены различные оксиды металлов, а также слоев эпоксидной смолы и полиакриламидного гелевого электролита. Задача композита не только накапливать энергию, но и выступать структурным элементом: например, предел прочности здесь составляет

518 МПа, то есть больше, чем у высокоуглеродистой стали или титана.

В теории из таких композитов можно делать кузовные панели, причем они будут выдерживать довольно сильные удары. По подсчетам исследователей, переход на структурные батареи увеличит запас хода электромобилей на 25 процентов: с 321 до 402 километров. К тому же улучшатся динамические характеристики (суперконденсатор может не только быстро накапливать энергию, но и отдавать её) и повысится безопасность, так как все компоненты, в общем-то, нетоксичны и негорючи. Кроме того, срок службы e-CFRP (имеется в виду количество циклов перезарядки) в десять раз больше, чем у обычного аккумулятора.

Жизнеспособность этой концепции ученые проверили на игрушечной машинке: её кузов целиком сделали из нового углекомпозита и от него же запитали тяговый электромотор. Но на реальных автомобилях данный материал появится нескоро. Скорее всего, сначала его испытают в космосе, ведь неслучайно в команду разработчиков вошли сотрудники НАСА. Так, из e-CFRP вполне можно делать коммуникационные спутники. Они будут легче, что позволит сэкономить тысячи долларов на каждом запуске, плюс смогут вмещать больше датчиков и оборудования, так как исчезнет надобность в отдельной батарее.

motor.ru



Еще один стекольный проект запустят в Казахстане



В Кызылординской области Казахстана появится завод по производству стекловолокна и материалов на его основе. Новый проект планируют реализовать в индустриальной зоне «Өндіріс», где уже выделен земельный участок. Проектно-сметная документация на подведение инженерной инфраструктуры и на строительство завода уже готова. Мощность завода составит 3 тыс. тонн стекловолокна в год. Ожидается, что предприятие запустят в 2024 году. Будет создано 160 рабочих мест.

Основное сырье будут получать со стекольного завода, где совсем недавно произвели технический запуск и разожгли печь, а первый коммерческий выпуск продукции ожидают в апреле 2022 года

lsm.kz

Углепластиковые колеса для грузовиков

Чтобы удовлетворить растущий в последнее время спрос на легкие и прочные диски для внедорожников, пикапов и грузовиков, компания Carbon Revolution (Австралия) разработала самые большие колесные диски из углепластика.

По словам генерального директора Carbon Revolution Джейка Дингла, технология алюминиевых колес в настоящее время достигла максимума своего развития: алюминиевые диски большого диаметра слишком тяжелые, потому что потребители хотят новых более легких альтернатив.

Колеса с углепластиковыми дисками отвечают всем требованиям по грузоподъемности. «Технология, разработанная Carbon Revolution, позволяет производить прочные и долговечные изделия в сочетании с экономией веса, что особенно необходимо для быстро развивающегося поколения современных внедорожников и пикапов», — отметил г-н Дингл.

Компания Carbon Revolution скоро начнет серийное производство 23- и 24-дюймовых дисков, которые примерно на 45% легче, чем аналогичные алюминиевые.

Г-н Дингл также считает, что снижение неподдресоренной массы, уже продемонстрированное в категории высокопроизводительных автомобилей, изменит динамику вождения внедорожника и увеличит запас хода.

«Мы также хорошо продвинулись в разработке



24-дюймовых углепластиковых дисков для пикапов. Они будут примерно на 45–50% легче, чем эквивалентные алюминиевые диски такого же размера, и будут иметь грузоподъемность более 1200 кг (2600 фунтов)».

Еще одно преимущество углепластика, выделенное разработчиками из компании Carbon Revolution, возможность создавать уникальные и неповторимые по дизайну и эстетике автомобильные элементы, что невозможно достичь с алюминием.

www.carbonrev.com



Сертифицированные препреги класса А+ для различного назначения от немецкой компании C-M-P-GmbH EN 9100:2018

- ✓ Применения: от авиастроения до декоративного назначения, включая производство оснасток
- ✓ Технологии: автоклав, пресс и вакуумное формование
- ✓ Получение идеальной видовой поверхности вакуумным формованием в термошкафу
- ✓ Широкий выбор армирующих наполнителей (равнопрочные, однонаправленные, мультиаксиальные и нетканые) на любом типе волокна и любой плотности
- ✓ Поставка эпоксидных пленочных связующих в рулонах различной ширины
- ✓ Предоставление данных по физико-механическим характеристикам для расчетов
- ✓ Проведение ежеквартальных встреч с представителями C-M-P для консультации и решения сложных технических задач
- ✓ Техподдержка по подбору препрегов и других расходных материалов
- ✓ Проведение обучения по работе с препрегами
- ✓ Наличие склада в Москве - постоянный запас основных видов препрегов, а также возможность заказа нестандартных препрегов в малых количествах
- ✓ Минимальный срок поставки
- ✓ Индивидуальный подход к каждому клиенту

Подробнее на сайте
www.prepreg.ru





Новый комплекс по производству и синтезу смол

Зоран Павлович

Президент компании ДУГАЛАК
dugalak.com

Четыре года назад был спроектирован новый завод ДУГАЛАК и уже к концу марта этого года завершаются необходимые для запуска пусконаладочные процессы производства синтетических смол. Пусконаладочные работы подразумевают проверку всех узлов очень сложного автоматического производства, выпуск опытных партий синтетических смол разных типов, на разных режимах, а также и оформление всей необходимой производственной документации.

Компания ДУГАЛАК занимается производством синтетических смол на протяжении 22 лет. За это время стала бессменным лидером рынка синтетических полиэфирных смол для композитной отрасли. Лидерство состоит и в количестве реализованной продукции, а также и в ассортименте, который подразумевает полный спектр связующих для композитной отрасли: ненасыщенные полиэфирные смолы, винилэфирные смолы, гелькоуты, матричный материалы, клеящие составы и прочие вспомогательные материалы. В 2021 году реализовано свыше 15 000 тонн продукции.

В производстве базовых смол компания воспользовалась арендованным оборудованием наших партнеров. Поскольку эти мощности по объему и технологическому оснащению стали ограничивающим фактором дальнейшего развития компании, в 2017 году приобретена площадка в Ярославской области (на территории бывшего завода «Резинотехника»). В 2018 году начался процесс проектирования и реконструкции существующего здания старой котельной. Проектирование и подготовительные работы на площадке закончены к концу 2019г. К этому времени уже было одобрено финансирование проекта со стороны Ярославского отделения Сбербанка и началась активная фаза реализации проекта. Процесс реализации был очень сложный и ДУГАЛАК сталкивался с абсолютно неожиданными проблемами, такие как пандемия, резкое увеличение цен всех строительных материалов и оборудования, увеличение сроков поставки всех комплектующих и т.д. Не смотря на все эти проблемы, запуск завода задержан минимально (менее, чем на полгода).

Оборудование приобреталось на основе технологического проекта у разных поставщиков РФ и за рубежом. Основная часть (емкости, реакторы, колонны) приобретена у российских производителей емкостей из нержавеющей стали. КИП, автоматика и электро-



приборы — в основном импортного производства. Подрядные работы осуществлялись исключительно российскими компаниями. Цех модификации оснащен современным оборудованием российско-германского производства.

Основные технические характеристики проекта:

1. Площадь производства:
 - a. Производство (синтез и модификация) — 5533 м²
 - b. Административное здание — 2904 м²
 - c. Лаборатории развития и контроля качества — 523 м²
 - d. Складские помещения — 2372 м²
 - e. Вспомогательные помещения — 1688 м²
2. Мощность производства:
 - a. Цех синтеза — 24000 тонн/год, (8 реактивных линий)
 - b. Цех модификации — 30000 тонн/год
 - c. Емкостной парк — 700 м³
 - d. Складские мощности — 3000 тонн продукции одновременно (сырья и готовой продукции).

Цех модификации смол и производство гелькоутов оснащен новым диспергирующим и смесительным оборудованием (фирма «Netzch»), а также новыми линиями для фасовки в мелкую тару (до 20 литров), что позволяет увеличить объем производства высокотехнологичных материалов, обеспечить гибкость поставок и расширить ассортимент. Окончание работ цеха модификации планируется до 30.06.2022 года.

На этот срок планируется размещение всего штата компании на новой площадке.

Значительные средства вложены также в новые лаборатории: доукомплектовано лаборатория физико-механических испытаний, приобретено оборудование для полного испытания трудногорючести, а также современное лабораторное оборудование для испытания HDT, климатических влияний на композитные материалы, спектрофотометры и т.д. Новые лаборатории (развития и контроля качества) занимают площадь свыше 500 кв.м.

Помимо реализации проекта строительства завода, компания ДУГАЛАК в последний год готовила и обучала новых специалистов для синтеза смол, процесса модификации смол и производства гелькоутов, для лаборатории развития и контроля качества. На данный момент в компании работает 35 инженеров технологов, которые готовы сразу включиться в производственный процесс на новом заводе.

Окончательным итогом проекта и запуском новой производственной площадки, компания ДУГАЛАК вышла на новый этап развития и готова производить в объеме и ассортименте все необходимые связующие для композитной отрасли. Этот производственный комплекс является единственным в восточной Европе. Последний подобный проект такого назначения и масштаб сделан в Польше 15 лет назад, а в России 40 лет назад. **КМ**



Преодолевающая расстояния. Владивосток – Санкт-Петербург

Почти два года назад компания «Пигмент» заявила о своём присутствии на российском рынке композитных материалов. Пришла пора подводить итоги прошедшего времени.

С точки зрения экономики, 2021 год был сложным как для поставщиков, так и для потребителей. Неоднократный, вынужденный рост цен делал борьбу конкурентов ожесточённой, и может быть, тем интереснее. Несмотря на такие сложные условия, компания «Пигмент» открыла новый склад в противоположной от головного офиса точке страны, Санкт - Петербурге. На реализацию такого «отдалённого» проекта могла решиться только компания, уверенная в своих силах и, главное, уверенная в качестве своих материалов. И эта уверенность подтвердилась, как только первые клиенты приобрели материалы южнокорейской марки POLYSTAR и поделились своими положительными отзывами. Да, конечно, обеспечение потребности клиентов такого мегаполиса как Санкт-Петербург, процесс не быстрый. Сейчас в ассортименте компании «Пигмент» имеются полиэфирные смолы общего

назначения, винилэфирные и эпоксидные смолы; базовые и матричные гелькоуты различных цветов, типов, способов нанесения и назначения, а также разделительные составы и армирующие материалы.

В компании «Пигмент» уже становится доброй традицией ежегодно расширять ассортимент товаров. И в прошедшем году к нему добавились эпоксидные и полиуретановые напольные покрытия, а также работы по их нанесению. Первые покупатели наливных полов сразу по достоинству оценили качество предлагаемых материалов.

На протяжении всей деятельности компании «Пигмент» её основными принципами в работе с клиентами были не только отличное качество, но и приемлемая цена для любого потребителя. Будь то крупный завод со своей лабораторией или частник, работающий в гараже.



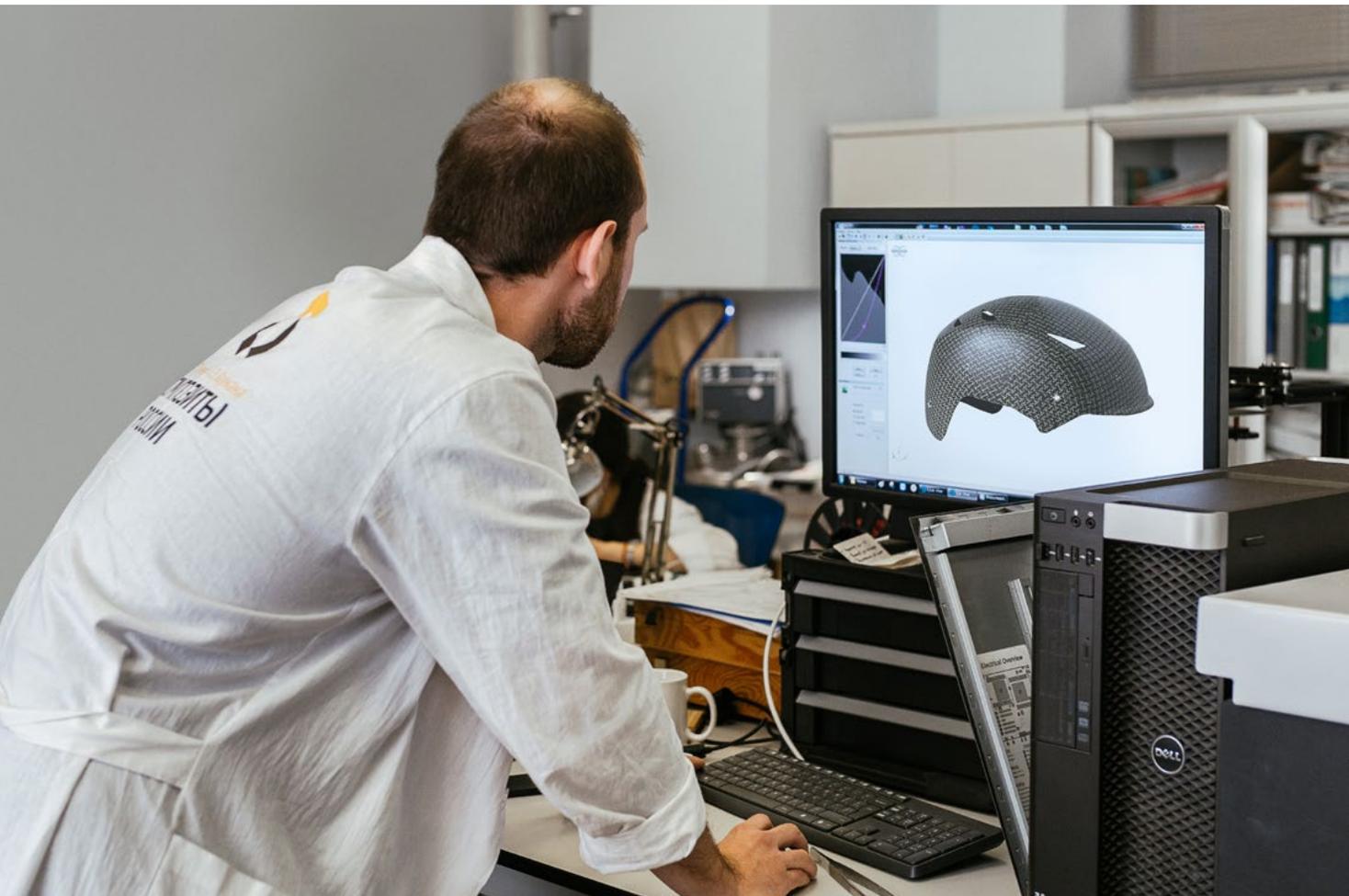
Теперь и в северной столице можно увидеть изделия из материалов марки POLYSTAR, такие как уличные арт-объекты, бассейны, ёмкости, детские и спортивные площадки, детали автомобилей и тому прочее.

Подводя итоги 2021 года, можно с уверенностью сказать, что компания «Пигмент» выбрала правильный вектор развития. Увеличение количества продаваемого товара, расширение географии продаж и открытие склада в Санкт-Петербурге — прямое тому подтверждение. Разумеется, мы объективно считаем, что находимся «в начале пути». Впереди ещё много работы. Поставленные на 2022 год задачи, на первый взгляд, кажутся трудновыполнимыми, но не невозможными. Команда ООО «Пигмент» приложит максимум усилий, чтобы наши клиенты выходили от нас только с хорошим настроением! **КМ**

Ознакомиться с ассортиментом компании «Пигмент» во Владивостоке можно на сайте компании www.pigment-vl.ru, а также на нашей странице в Instagram: [polystar.ltd](https://www.instagram.com/polystar.ltd)

*Там же можно оставить заявку, а также по электронной почте: polystarvl@gmail.com.
Телефон 8 (423) 206-02-41*

Для получения консультации с нашим специалистом и оформления заявки в Санкт-Петербурге звоните по телефону: 8 (812) 209-1040. Электронная почта: polystar.rf@gmail.com. Instagram: [polystar.spb](https://www.instagram.com/polystar.spb)



Искусственный интеллект и цифровое материаловедение в интересах ОПК РФ

События последних дней показывают важность развития искусственного интеллекта (ИИ) и больших данных для оборонно-промышленного комплекса страны. Это обусловлено острой необходимостью оперативного реагирования, обмена и анализа информации в большом объеме. Стратегические и тактические операции проходят, в первую очередь, в цифровом поле, затем — в реальном бою. Внедрение ИИ позволяет оценить риски и последствия проводимых действий с целью принятия оперативного и верного решения.

В МГТУ имени Н.Э. Баумана, на базе НОЦ «Технологии искусственного интеллекта», разрабатывается платформа доверенного ИИ — BAUM.AI. В рамках которой решаются межотраслевые задачи, в частности в интересах ОПК.

Решения, которые уже успешно внедрены не только на предприятиях ОПК, но и в интересах других секторов экономики, позволяют хранить и обрабатывать большие массивы данных. В дополнение к этому внедряются алгоритмы ИИ.

«На практике также стало реальным внедрять высокопроизводительную интеллектуальную систему поддержки принятия решений во время военных операций, позволяющих предсказать намерения и поведение противника на поле боя. Стало возможным создание «цифровых двойников» техники и оружия», — рассказывает директор Центра «Технологии искусственного интеллекта», д.т.н. Владимир Нелюб.

Алгоритмы искусственного интеллекта используют во всех отраслях науки, промышленности в частности в сфере цифрового материаловедения. В Центре «Композиты России» МГТУ им. Н.Э. Баумана с помощью новых материалов, отечественного ПО и ИИ создают специализированное снаряжение. Например, баллистический шлем, который весит всего 1500 граммов.

Шлем был разработан с использованием современных подходов в области применения «цифровых двойников». Этот принцип заключается в следующем. Технология «цифровых двойников» позволяет проводить любые физические эксперименты в виртуальном формате.

Наличие и повсеместное использование «цифровых двойников» материалов позволит перейти от традиционного проектирования и разработки к современной триаде «Виртуальные испытания» – «Виртуальные стенды» – «Виртуальные полигоны».

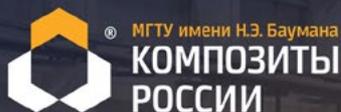
«Виртуальные испытания» не требуют наличия уникального оборудования у исследователя, они

значительно дешевле и гораздо быстрее натуральных. Набор «виртуальных испытаний», объединенных по логическому принципу, будет представлять собой функционал «виртуального стенда». Совокупность всех «виртуальных стендов» будет формировать «виртуальный полигон». В России на базе Центра НТИ «Цифровое материаловедение: новые материалы и вещества» разрабатывается уникальное ПО так называемого «Киберполигона цифрового материаловедения».

«Виртуальные испытания» могут проводиться на всех этапах жизненного цикла продукта. Наибольший экономический эффект для пользователя от «виртуальных испытаний» ожидается от исследований, проводимых на этапе проектирования за счет снижения числа физических и натуральных испытаний, необходимых для оценки качества опытных образцов.

Вопрос проведения огромного числа физических и натуральных испытаний особенно актуален при разработке новых материалов. Ситуация усугубляется тем, что образцы для испытаний предварительно нужно изготовить. А это еще больше увеличивает бюджет и время исследований.

Для решения этой проблемы в состав интеллектуальных системы моделирования поведения материалов на основе «цифровых двойников» могут входить модуль искусственного интеллекта, позволяющий с некоторой степенью точности прогнозировать свойства материалов, не существующих в природе. **КМ**



МГТУ имени Н.Э. Баумана
**КОМПОЗИТЫ
РОССИИ**

R&D центр **КОМПОЗИТЫ РОССИИ**

Предлагает комплексную услугу по разработке и производству изделий из композитных материалов - от идеи до создания готового изделия **«ПОД КЛЮЧ»**

 www.carbon.emtc.ru

 8 (495) 120-30-75 доб. 600

 carbon@emtc.ru

 Москва, ул. 2-я Бауманская, д.5



АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЕ



СУДОСТРОЕНИЕ



АВИАЦИЯ
И КОСМОС



ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ
ОТРАСЛЬ

С. П. Оснос, д.т.н.

А. И. Рожков,

А. А. Федотов

Basalt Fiber Materials Technology Development Co., Ltd

Почему базальтовые непрерывные волокна станут основой производства армирующих и композиционных материалов в 21 веке

В статье представлены основные положения перспектив развития производств базальтовых непрерывных волокон (БНВ) и почему они станут основными для производства армирующих, композиционных материалов в 21 веке.

БНВ — единственные волокна, которые производят из готового к применению природного сырья — базальтовых пород магматического происхождения. Основные энергозатраты на подготовку базальтового сырья выполнены в природных условиях. Запасы базальтового сырья имеются во многих странах и практически не ограничены.

Характеристики БНВ по прочности, химической и термической стойкости, низкой гигроскопичности, высокие эксплуатационные характеристики позволяют широко применять БНВ для производства армирующих и композиционных материалов. При этом БНВ имеют наиболее приоритетное соотношение характеристики/стоимость.

Анализ технологических, экономических и экологических аспектов производства БНВ на основе современных технологий и оборудования, а также совокупность характеристик БНВ показывает, что армирующие и композиционные материалы на основе БНВ найдут самое широкое применение в строительной отрасли, дорожном и гидротехническом строительстве, энергетике и базовых отраслях промышленности.

Производство композиционных материалов и изделий является важной составляющей мировой промышленности. Ежегодный рост объемов производства композиционных материалов (КМ) за последние десятилетия в мире составлял от 8 до 12%. КМ все более активно и широко применяют в отраслях промышленности и энергетике. В авиации КМ составляют до 45% в конструкции современных самолетов [1, 2]. Созданы и успешно прошли испытания композиционные детали и кузова автомобилей на основе базальтовых непрерывных волокон (БНВ) [3].

Вполне очевидно, что в будущем применение КМ будет только возрастать.

Основой КМ являются непрерывные волокна, которых в составе композитов 75–80% и определяют их

прочностные и эксплуатационные характеристики. Для производства КМ в основном применяют стекловолокно (СВ), в незначительных объемах — углеродные волокна (УВ) и, в последние годы, начали применять БНВ.

Проведем технико-экономический анализ, чтобы ответить на вопрос: «Какие непрерывные волокна получат приоритет производства и станут основой роста объемов производства армирующих и композиционных материалов (АКМ) в 21 веке?».

Годовые объемы производства СВ в мире составляют 7–8 миллионов тонн (основной производитель СВ — КНР), УВ — 120–130 тысяч тонн (основные производители — компании США и Японии), БНВ — до 70 тысяч тонн (КНР — 60 тысяч тонн).

Производство СВ за 80 лет своего развития достигло значительных объемов. В мире построены и работают десятки крупнейших заводов СВ и сотни более мелких производств. Объемы производства СВ свидетельствуют о том, что по совокупности характеристик и стоимости они наиболее полно соответствуют потребителям КМ. При этом, 95–97% объемов производства СВ в мире составляет E-стекловолокно, которое имеет самую низкую стоимость продаж. Более дорогое высокомодульное S-стекловолокно производится и применяется в существенно меньших объемах.

УВ обладают самыми выдающимися прочностными характеристиками, однако, из-за высокой стоимости их широкое и массовое применение ограничено.

БНВ относительно недавно появились на мировом рынке, крупные промышленные производства — заводы БНВ на современной технологической базе только создаются, поэтому БНВ производятся в незначительных объемах [4].

Объемы производства непрерывных волокон определяются востребованностью у потребителей, соотношением совокупности их характеристик и стоимости, производительностью созданных производств. Проведем сравнительный технико-экономический анализ характеристик и стоимости СВ, УВ и БНВ (таблица 1).

Анализ показывает, что БНВ имеют наиболее

Таблица 1

Характеристики	E-стекловолокно	S-стекловолокно	Углеродное волокно	БНВ
Прочность на разрыв, МПа	3000-3800	4020-4650	3500-6000	3000-4840 *3400-5160
Модуль упругости, ГПа	72-76	83-86	250-450	79-93
Удлинение при разрыве, %	4,7	5,3	1,5-2,0	2,5-3,1
Диаметр первичных волокон, микрон	6-21	6-21	5-15	6-21
Вес 1000 м ровинга в граммах, tex	40-4200	40-4200	60-2400	60-4200
Температура длит. применения, °С	-50...+350	-50...+300	-50...+400	-200...+600
Себестоимость промышленного производства, дол. США/кг	1,0-1,4	2,5-3,0	30-40	0,8-1,2
Цена продаж, дол. США/кг	1,5-2,0	3,5-4,5	50-70	2,0-3,0

*Высокомодульные БНВ повышенной прочности для авиационного применения

предпочтительное соотношение «характеристики/стоимость» по сравнению с СВ и УВ. По совокупности характеристик БНВ превосходят СВ и близки к дорогим УВ.

Разработки в области технологий и оборудования в последние годы позволили существенно снизить себестоимость производства БНВ [5]. Кроме того, низкая себестоимость производства БНВ связана с рядом объективных факторов.

БНВ — единственные волокна, которые производят из готового природного сырья. Базальтовые породы магматического происхождения имеют достаточно высокие природные характеристики по прочности, химической и термической стойкости. Соответственно, базальтовые волокна также обладают прочностными характеристиками в сочетании с химической и термической стойкостью [6, 7].

Прочностные характеристики, низкая гигроскопичность, высокие эксплуатационные характеристики позволяют широко применять БНВ для производства КМ: профилей, труб диаметрами от 50 мм до 6000 мм, конусно трубчатых опор освещения, ЛЭП и контрактной сети ж/д, опор и лопастей ветрогенераторных установок [8], емкостей и баллонов для сжатого природного газа, композитных деталей и кузовов автомобилей [2].

Важными преимуществами БНВ является высокая химическая стойкость в агрессивных средах и щелочной среде бетонов, асфальтобетонных дорожных покрытиях, а также длительные сроки эксплуатации под воздействием окружающей среды, морской воды и химически активных сред. Указанные характеристики позволяют применять БНВ для производства армирующих материалов: рубленых волокон (для объемного армирования бетонов и асфальтобетонов), композитной арматуры, арматурных сеток, дорожных и строительных сеток, вантовых тросов [9, 10]. Разработаны и приняты рядом стран ГОСТы, строительные нормы и правила (СНиП) и другие нормативные документы на применение армирующих материалов БНВ в строительной отрасли и дорожном строительстве [11].

Е-стекловолокно из-за неудовлетворительной стойкости в щелочной среде бетонов не может применяться для производства армирующих материалов, а УВ — из-за их высокой стоимости.

Строительная отрасль, дорожное строительство, сейсмостойкое и гидротехническое строительство — это огромный рынок сбыта армирующих и композитных материалов БНВ.

Преимущества технологии производства БНВ

Запасы базальтов огромны (практически не ограничены) и есть во многих регионах и странах мира. Основные энергозатраты на подготовку магматического базальтового сырья уже выполнены в природных условиях. Для создания производств — заводов БНВ есть доступное базальтовое сырье, не требуются большие энергетические мощности, а также суммы

капитальных вложений и инвестиций.

Производство БНВ — экологически чистое, с низким уровнем потребления энергоресурсов.

Заводы БНВ. Обычно заводы БНВ создают с законченным циклом — производство БНВ с переработкой в армирующие и композиционные материалы, ткани, нетканые материалы, препреги. Возможно создавать заводы БНВ и производить ровинги, рубленые волокна, крученые нити, ткани, нетканые материалы, препреги, а производства габаритных композиционных изделий (труб, опор ЛЭП, балок мостов, емкостей, кузова автомобилей) производить по месту требования.

Особенно актуально производство БНВ, армирующих и композитных материалов (АКМ) для стран, где нет собственного сталелитейного производства, стран — импортеров стальной арматуры, профилей, проката, а также для развитых стран (Япония, страны ЕС, США), где, из-за роста стоимости энергоносителей, сталелитейные производства становятся нерентабельными и не соответствуют возросшим экологическим требованиям.

Заказчики БНВ и материалов БНВ

Классификация БНВ, отрасли промышленности — потребители БНВ, заказчики продукции заводов БНВ и М более полно представлены в статье «Базальтовые непрерывные волокна — основа создания промышленных производств и широкого применения армирующих и композитных материалов» КМ #1 (82) 2019, стр. 58–65 [5].

Дополнительно представим потребителей БНВ.

В последние годы в КНР, РФ и других странах появилось множество предприятий — производителей композитной арматуры, которые являются потенциальными потребителями ровингов БНВ.

Характеристики композиционных материалов и изделий БНВ обеспечивают высокие требования нефтяной и газовой промышленности для производства труб магистральных трубопроводов (т.к. стальные трубы подвержены коррозии), тяг нефтяных качалок, баллонов для хранения и транспортировки сжиженного нефтяного (LPG) и природного газов (NG).

В перспективе, в связи с принятыми ЕС программами развития производства водорода и водородной энергетики, потребуется создание крупных производств композитных емкостей и баллонов для хранения и транспортировки водорода.

На основе БНВ и неорганических связующих возможно производить новый класс негорючих, огнестойких композиционных материалов, востребованных в судостроении для производства корпусов судов, силовых элементов, переборок и надстроек судов (вместо стальных), а также композитных материалов и изделий для ответственных объектов: высотных зданий, атомных электрических станций (АЭС) и других промышленных и строительных объектов, где недопустимо возникновение и распространение пожара.

БНВ, армирующие и композиционные материалы (АКМ), ткани, нетканые материалы, препреги будут

Таблица 2. Технические характеристики ТЕ BCF 2000 и ТЕ БНВ 2500

Основные технические характеристики	Ед. измер.	ТЕ BCF 2000	ТЕ BCF 2500
Производительность линии	тонн/год	2000 - 2500	2500–3000
Количество узлов выработки первичного БНВ	шт.	22	14
Потребление природного газа м ³ /час	м ³ /час	160	110
Расход природного газа на производство 1 тонны БНВ	м ³ /тона	550	350
Потребляемая мощность электроэнергии	кВА	350	260
Расход электроэнергии на производство 1 тонны БНВ	кВт час	900	800
Режим работы круглогодичный	сут/год	350–360	350–360

востребованы на мировом рынке в объемах 3–5 миллионов тонн в год.

Крупные промышленные производства БНВ начали создавать только в последние годы, благодаря современным разработкам в области технологий и оборудования БНВ [4, 5].

Технологическое оборудование БНВ

За последние годы (20 лет) специалисты компании BFM TD разработали четыре поколения технологического оборудования, которые позволили в несколько раз снизить потребление природного газа и электроэнергии на производство тонны БНВ, увеличить производительность. Только современные разработки в области технологий и оборудования позволили создать крупные промышленные производства и существенно снизить себестоимость производства БНВ.

Современное оборудование производства БНВ представлено технологическими линиями ТЕ BCF 2000 третьего поколения и ТЕ BCF 2500 четвертого поколения. Технологические линии ТЕ BCF 2500 применяют при наличии базальтового сырья высокого качества и квалифицированного персонала.

В качестве основного энергоносителя для плавления базальтов используют природный (NG), или сжиженный нефтяной газ (LPG). При этом удельный расход природного газа на производство тонны БНВ в 2 раза ниже, чем для производства СВ.

Разработаны специализированные газовые горелки, модификации плавильных печей технологических линий ТЕ BCF, в которых для плавления базальтов можно использовать попутный нефтяной газ и газовый конденсат (который зачастую сжигают в факелах на нефтяных и газовых месторождениях), а также коксовый газ (с коксовых батарей) и газ с биогазовых установок.

Для стран, где нет природного газа, разработаны технологические линии ТЕ BCF с экономичными электрическими плавильными агрегатами. Электрические плавильные печи были созданы специалистами компании «BFM TD» в еще 2004 году для заводов БНВ в регионе КНР, где нет природного газа, но есть небольшие ГЭС с низкой стоимостью электроэнергии.

Заводы БНВ производительностью 5, 10, 25, 50 тысяч тонн в год создаются на основе технологических линий ТЕ BCF с поэтапным наращиванием их количества.

При этом увеличение объемов производства снижает себестоимость БНВ, а создание заводов законченного цикла с переработкой БНВ в материалы повышает их рентабельность.

Создание заводов БНВ имеет свои сложности:

- требуется проведение специализированных работ по исследованию и выбору месторождений базальтового сырья наиболее пригодных для промышленного производства БНВ [12] (от правильного выбора месторождения базальтов зависят характеристики БНВ, производительность оборудования, трудозатраты и себестоимость производства);
- необходимость привлечения специализированных компаний с положительным опытом создания действующих заводов БНВ и М (опытом проектирования заводов БНВ и М, изготовления нестандартного технологического оборудования, запуска оборудования в работу, разработки технологических регламентов производства БНВ, обучения персонала завода);
- обеспечение патентной защищенности завода БНВ и М (т.к. технологии, оборудование, устройства выработки волокон защищены патентами);
- организация системы сбыта продукции завода БНВ и М (для заводов БНВ и М нужны базовые, якорные потребители БНВ — производители КМ и потребители армирующих и композитных материалов БНВ), крупные экспортные поставки).

Тем не менее, создание заводов БНВ и М — это наиболее перспективный путь наращивания объемов производства КМ, АКМ, тканей, нетканых материалов, препрегов, востребованных на мировом рынке: в строительной отрасли [9, 11], для сейсмостойкого и гидротехнического строительства, строительства автомобильных и железных дорог и инфраструктурных объектов (мостов, эстакад, горных и подводных тоннелей), в машиностроении, в автомобильной [10] и авиационной промышленности, в судостроении и в энергетике [8], водном и коммунальном хозяйстве, для крупных экспортных поставок в страны ЕС, Великобританию, Японию, Корею, США, Канаду, где создание производств БНВ экономически менее рентабельно (из-за высокой стоимости энергоносителей, высокого уровня налогов и заработной платы и др.).

БНВ особо востребованы:

- автомобильными компаниями для производства кузовов электромобилей [2].

Таблица 3

Производство материалов должно быть с низким потреблением энергоносителей и минимуме вредных выбросов в окружающую среду.	На производство БНВ и материалов БНВ расходуется минимум энергоносителей т.к. базальты — сырье подготовленно природой, а БНВ материалы производятся по холодным технологиям. Производство БНВ экологически чистое.
Необходимо обеспечивать снижение потребления энергоносителей в процессе эксплуатации.	Армирующие и композитные материалы существенно снижают вес конструкций. Композитный кузов автомобиля весит в 3 раза меньше стального кузова.
Обеспечивать длительные сроки эксплуатации.	БНВ и материалы БНВ не подвержены коррозии и имеют достаточно длительные сроки эксплуатации.
Утилизация материалов должна проводиться без ущерба природной среде.	Композитные материалы и изделия БНВ измельчают и используют как наполнители и армирующие добавки для бетонов и асфальтобетонов.

- странами, расположенным в сейсмоопасных регионах для сейсмостойкого строительства (стоимость стальной арматуры и арматурных сеток за последние годы возросла в 2.5–3 раза);
- для работ по капитальному ремонту и восстановлению инфраструктурных объектов дорог, развязок, мостов, тоннелей (для США), портов и объектов берегоукрепления (для приморских стран ЮВА и Южной Америки);
- для строительства крупных инфраструктурных сооружений — второго Панамского канала через территорию Никарагуа, крупных ГЭС, приливных морских ГЭС, магистральных автомобильных и железных дорог.

Производство СВ достигло максимальных объемов производства. Неуклонный рост стоимости энергоносителей, а также химически чистого сырья (шихты) будут ограничивать производство СВ. Ряд заводов СВ в развитых странах испытывают финансовые трудности. В КНР — основном производителе СВ в мире (около 5 миллионов тонн в год), себестоимость производства СВ будет также возрастать из-за повышения стоимости природного газа, электроэнергии, роста уровня заработной платы.

Высокая стоимость УВ существенно ограничивает их широкое и массовое применение.

Рост стоимости энергоносителей только способствует созданию производств БНВ. Для производства БНВ требуется в два раза меньше природного газа по сравнению с производством СВ и в несколько раз меньше электроэнергии, чем для производства УВ.

Производство стали от добычи и обогащения руды, доменного производства чугуна, выплавки стали и проката стальных листов, профилей, арматуры потребляет в 20 раз больше энергоносителей, чем производство аналогичных армирующих и композитных материалов на основе БНВ. Поэтому особо актуально создание энергосберегающих, экологически чистых производств БНВ, не подверженных коррозии армирующих материалов, композитных труб, опор ЛЭП, кузовов автомобилей, емкостей, баллонов и других композитных изделий, и конструкций на замену изделий из стали, легированной арматурной, оцинкованной и нержавеющей сталей, а также энергоемких сплавов алюминия.

БНВ имеют все основания для существенного увеличения объемов производства и широкого при-

менения материалов БНВ в базовых отраслях промышленности (машиностроении, автомобильной и авиационной промышленности, судостроении, ...), энергетике, строительной отрасли, дорожном строительстве и коммунальном хозяйстве.

БНВ и требования по экологии, снижению углеродных выбросов в атмосферу

В 21 веке материалы должны удовлетворять ряду требований, которым наиболее отвечают, армирующие и композитные материалы БНВ (таблица 3).

Выполнение международных экологических требований по снижению углеродных выбросов в атмосферу будет дополнительным стимулом создания заводов БНВ и М.

География создания и размещения заводов БНВ и М

Производство БНВ должно быть обеспечено сырьевой базой — карьерами «длинных» базальтов, наиболее пригодных для производства непрерывных волокон [12] и энергетическими ресурсами — природным, или другими видами горючих газов и электро-энергией. Экономически более выгодно создание завода БНВ в странах с невысокой стоимостью энергоносителей, уровнем заработной платы и налогов.

Представляет экономический и экологический интерес создание производств БНВ в странах, добывающих природный газ и нефть. Для создания заводов БНВ специалисты разработали специальные горелки и печи для плавления базальтов, работающие на попутном нефтяном газе, газовом конденсате. Компания «BFM TD» имеет положительный опыт производства БНВ на попутном нефтяном газе.

Это позволит достичь двойного положительного эффекта — производить БНВ и с пользой утилизировать попутные горючие газы, которые зачастую сжигают в факелах на нефтяных и газовых месторождениях, загрязняя атмосферу.

Нефтяным и газодобывающим компаниям экономически более выгодно создать заводы БНВ и с пользой утилизировать попутный нефтяной газ и газовый конденсат, чем постоянно платить за загрязнение окружающей среды.

Создание энергосберегающих производств БНВ,

армирующих и композитных материалов БНВ возможно в промышленно развитых странах для сокращения энергоемких и загрязняющих окружающую среду производств стали.

Перспективно создание производств — заводов БНВ и М в ряде стран, где нет собственной металлургической промышленности, что позволит снизить импортную зависимость и повысить экспортные потенциалы этих стран.

В РФ наиболее предпочтительные условия для создания заводов БНВ и М — низкая стоимость энергоресурсов, наличие инженерной инфраструктуры и квалифицированного технического персонала, емкий развивающийся внутренний рынок АКМ, поддержка создания производств высокотехнологичной продукции.

Следует использовать возможности нефтяных и газодобывающих компаний по созданию производств БНВ для утилизации попутного нефтяного газа и газового конденсата нефтяных и газовых месторождений.

Задача создания заводов новой подотрасли промышленности была решена специалистами компании «BFM TD» в Китае для Китайской Аэрокосмической корпорации (CASC) — заводы БНВ и М «Chengdu Aerospace Tuoxin Science & Technology Co., LTD», «Sichuan Aerospace Tuoxin Basalt Industry Co., LTD» и в процессе реализации государственной программы № 863 «БНВ и композиты БНВ» — заводы «Hengdian Group Shanghai Russia Gold Basalt Fiber» и «GBF — Gold Basalt Fiber».

Следует использовать положительный опыт работы в КНР для создания высокотехнологичной экспортно-ориентированной подотрасли промышленности в РФ — производства БНВ, армирующих и композитных материалов, тканей, нетканых материалов, препрегов.

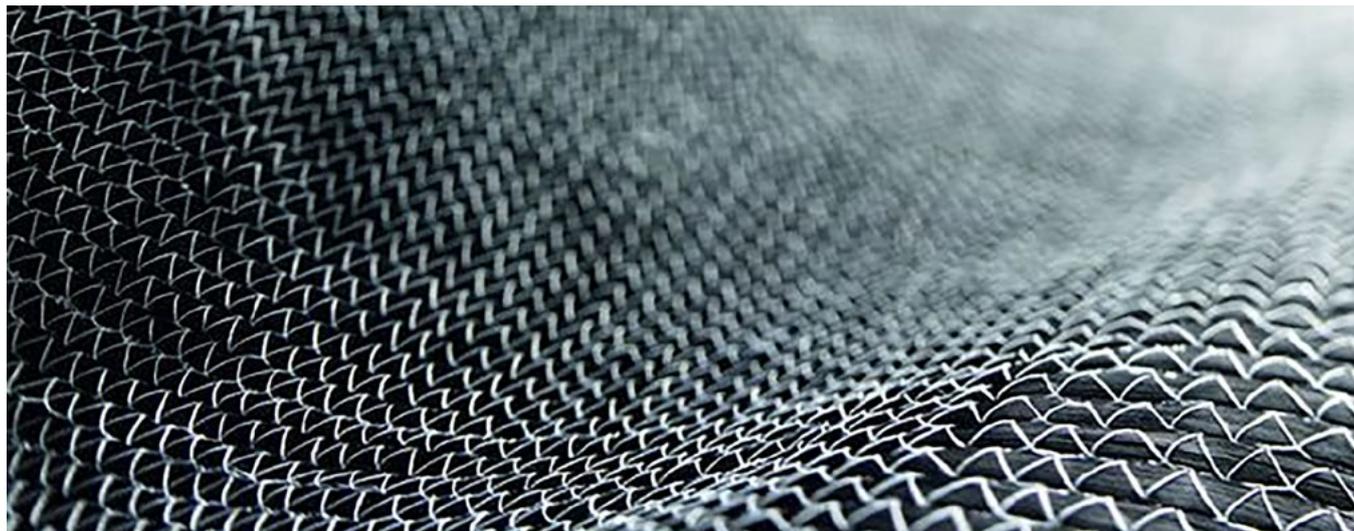
Выводы

1. Совокупность характеристик БНВ и себестоимость их производства позволяют широко и массово применять армирующие и композиционные материалы в строительстве, дорожном строительстве, промышленности, энергетике и др.
2. Для обеспечения потребностей заказчиков в БНВ, армирующих и композиционных материалах потребуются создания десятков заводов на основе современного технологического оборудования третьего и четвертого поколений и расширение географии стран производителей БНВ. Объемы производства БНВ и материалов БНВ будут неуклонно расти.
1. Совокупность характеристик, доступное природное сырье, энергосберегающие технологии и оборудование, наиболее предпочтительные технологические, экономические и экологические аспекты производства позволяют сделать основной вывод — БНВ материалы и изделия на основе БНВ станут наиболее востребованными, широко и массово применяемыми материалами 21 века.

На основании опыта создания заводов БНВ можно утверждать о росте объемов производства БНВ. В 21 веке БНВ в силу своих характеристик и экономических показателей станут основными и базовыми для производства армирующих и композитных материалов. **КМ**

Литература

1. Оснос С.П.. “Basalt Fiber Materials Technology Development Co., Ltd” «Применение материалов на основе базальтовых волокон в авиакосмической отрасли». «Композитный мир» #4 2015. с. 59 -63.
2. Оснос М.С., Оснос С.П. Технические и экономические вопросы широкого применения материалов на основе базальтовых волокон в авиационной промышленности. Композитный мир №4 2017, с. 26 -30.
3. Оснос М.С., Оснос С.П. «Применение материалов из базальтовых волокон в автомобильной промышленности» «Композитный мир», #1, 2020.
4. Оснос М. С. Оснос С. П. «Базальтовое непрерывное волокно — вчера, сегодня и завтра. Развитие технологий и оборудования, промышленных производств и сбыта». «Композитный мир» #2. 2015. с. 24 – 29.
5. Оснос М.С., Оснос С.П. Базальтовые непрерывные волокна - основа создания промышленных производств и широкого применения армирующих и композитных материалов. «Композитный мир» #1. 2019. с. 58 - 65.
6. Волокнистые материалы из базальтов Украины. Сборник статей, Киев, Техніка. 1971. 86 с.
7. Джигирис Д.Д., Махова М.Ф. «Основы производства базальтовых волокон». Монография. Москва. Теплоэнергетик, 2002 г. 412 с.
8. Оснос С.П., Рожков И.А. «Вопросы производства и комплексного применения материалов на основе базальтовых непрерывных волокон в энергетике». «Композитный мир» #1 (94) 2021 г. с.54 - 60.
9. Негматуллаев С.Х., Оснос С.П. Применение материалов на основе базальтовых волокон в строительстве и сейсмостойком строительстве. Результаты исследований, заключения и опыт применения материалов БНВ в строительстве». СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ОБОРУДОВАНИЕ, ТЕХНОЛОГИИ XXI ВЕКА №5- 6, 2015.
10. Краюшкина Е.В., Оснос С.П. «Материалы на основе базальтовых волокон в дорожном строительстве». – Дороги. 2014 г., январь. с. 93 - 97.
11. Негматуллаев С.Х., академик. НИИ Сейсмологии и сейсмостойкого строительства, Оснос С.П., д.т.н., «Basalt Fiber Materials Technology Development”, Степанова В.Ф., д.т.н., НИИ Бетона и Железобетона «Арматура базальтопластиковая характеристики, производство, применение» Технологии бетонов №3-4 2016 г. с. 50 – 57.
12. Оснос М.С., Оснос С.П. Проведение исследований и выбор месторождений базальтовых пород для производства непрерывных волокон. «Композитный мир» #1. 2018. с. 56 -62.



Карбон или Мультиаксиалка?

Анализируя технические консультации клиентам компании ООО «Композит-Изделия», было решено подготовить информационный материал с небольшими пояснениями по армирующим материалам, которые представлены на нашем рынке.

Итак, давайте вместе по пунктам разберем, что такое углерод, карбон и чем его заменить.

История начинается со времен российского учёного Д. И. Менделеева, который разработал таблицу химических элементов. Углерод (от лат. Carboneum) — химический элемент четырнадцатой группы второго периода таблицы, на основе которого строятся большинство органических веществ. Благодаря бурному и успешному развитию науки и технологий ученым удалось синтезировать длинноцепные органические вещества и выделить из них только «углеродный скелет». Дальнейшие успешные работы по оптимизации процессов производства и внедрению полученных материалов в различные отрасли промышленности предоставили нам неограниченный доступ к использованию высокопрочного и легкого материала в виде углеродного волокна и тканых структур на его основе. Изделия на основе углеродного волокна получили название углепластики или карбопластики.

В широких кругах углепластиковые изделия стали набирать популярность с развитием автотюнинга. Любители уникальных и эксклюзивных вещей высоко оценили черный глянцевый с металлическим отливом декор на основе углеродной ткани с необычным плетением, пропитанной прозрачным эпоксидным связующим. Этот популярный рисунок представляет собой стандартное переплетение — саржа 2/2. К слову, оно встречается во многих текстильных

материалах как в обычных бытовых тканях, так и в конструктивных. Однако произведенный эффект прочно связал понятие карбон с углеродной тканью саржа 2/2 с поверхностной плотностью 200–245 г/м².

Стоит признать, что данный вид ткани нашел широкое применение в композитной отрасли не только благодаря эстетике, но и хорошим прочностным показателям. Однако не надо забывать про разнообразие армирующих материалов на основе нетканых структур. Мы расскажем про отдельный их вид — нетканые мультиаксиальные ткани.

Главным отличием мультиаксиальных тканей по сравнению с классическими тканями структурами является отсутствие переплетения. Слой мультиаксиальной ткани (МТ) состоит из равномерно вытянутых в одном направлении углеродных или стеклянных нитей. Смежные слои МТ, сложенные друг на друга под определенным углом (+45/-45, 0/90 и так далее), пробиты в перпендикулярном направлении полиэфирной прошивной нитью. Схематично это представлено на Рис. 1. В зависимости от типа волокна, поверхностного веса и сочетания углов могут быть достигнуты различные механические характеристики. Вариация структурных показателей тканей позволяет создать материал с улучшенными свойствами по проницаемости и драпируемости.

Благодаря безутковой конструкции МТ углеродная нить меньше травмируется во время производства.

BASIS CONSTRUCTIONS

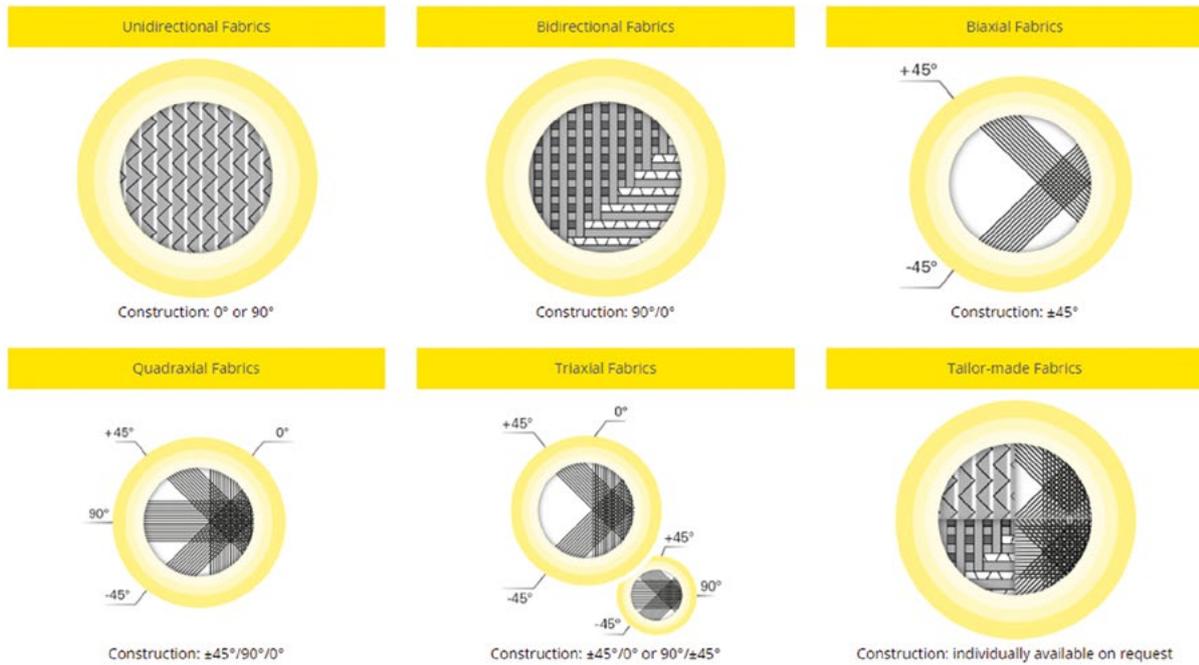


Рисунок 1

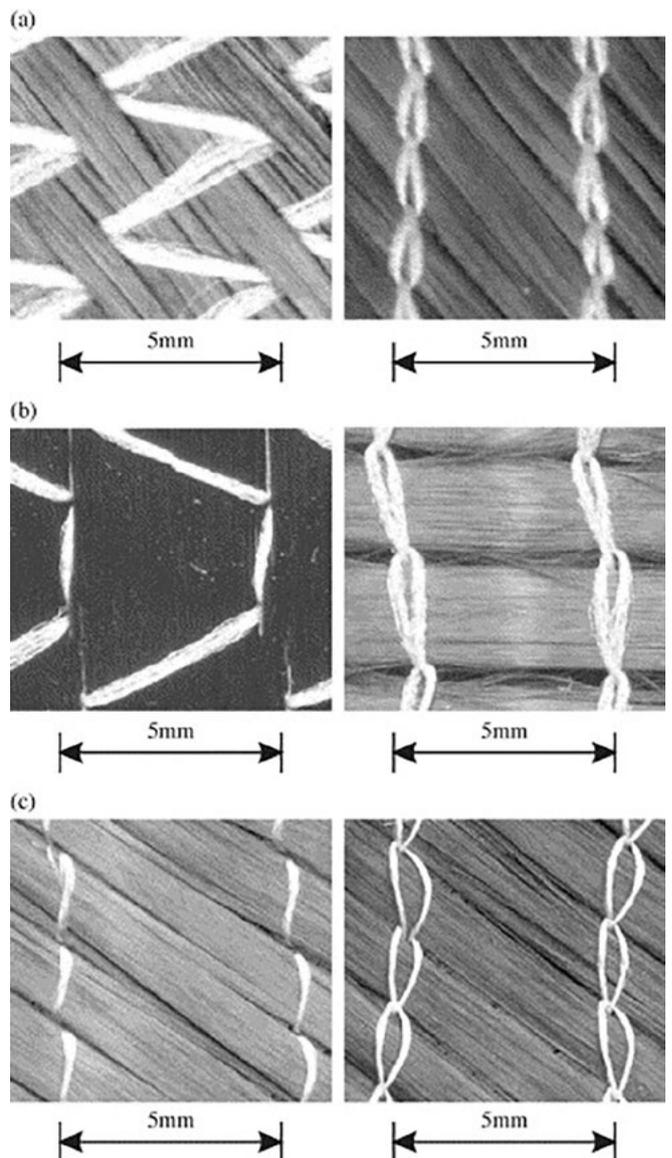
Как следствие, обладает повышенными прочностными характеристиками в отличие от производства тканей, получаемых на ткацких станках, где УВ проходит длительный путь по различным узлам и направляющим. Максимальная реализация механических показателей исходного волокна в конечном изделии помогает осуществить проекты по созданию высоконагруженных конструкций.

Стоит отметить, что способ производства МТ менее затратный, что положительно сказывается на стоимости конечного продукта. К примеру, при внедрении в состав конструкции готового изделия ПКМ на сырьевой составляющей, относящейся к армирующим материалам, можно получить снижение себестоимости в районе 15%.

Из дополнительных плюсов мультиаксиальных тканей обязательно надо отметить широкий диапазон по поверхностным плотностям. Максимальный предел производства — это ткани с поверхностной плотностью 4000 г/м^2 . МТ значительно сокращает время технологических операций по раскрою и выкладке материала для набора требуемой толщины изделия.

Каждый технолог, перед которым стояла задача по формованию криволинейных изделий, представляет насколько трудоемко выкладывать армирующий наполнитель в сложные изогнутые элементы конструкции. В такие ситуации на помощь приходят мультиаксиальные ткани, потому что за счет своей нетканой прошитой конструкции они обладают отличной драпируемостью. Благодаря этому отличительному свойству можно экономить как на времени сборки, так и на нервах сотрудников.

Технологии производства ПКМ на основе МТ относятся к различным вариациям вакуумной инфузии, включая RTM и LRTM. Благодаря специфической структуре МТ обладают повышенной проницаемостью



Материалы

Таблица 1 – Виды мультиаксиальных тканей производства SAERTEX

Наименование материала	Ширина, мм	Общая поверхностная площадь, г/м ²	Структура ткани		
			Конструкция	Поверхностная плотность, г/м ²	Марка волокна
Углеродная ткань биаксиальная +45°/-45° – 220	1270	220±12	+45	107	УВ ZOLTEK PANEX 35-13 50K
			-45	107	УВ ZOLTEK PANEX 35-13 50K
			ПН	6	Полиэфирная 76 дтекс
Углеродная ткань биаксиальная -45°/+45° – 306	1270	306±16	+45	150	УВ ZOLTEK PANEX 35-13 50K
			-45	150	УВ ZOLTEK PANEX 35-13 50K
			ПН	6	Полиэфирная 76 дтекс
Углеродная ткань биаксиальная -45°/+45° – 406	1270	406±21	+45	200	УВ ZOLTEK PANEX 35-13 50K
			-45	200	УВ ZOLTEK PANEX 35-13 50K
			ПН	6	Полиэфирная 76 дтекс
Углеродная ткань биаксиальная -45°/+45° – 606	1270	606±31	+45	300	УВ ZOLTEK PANEX 35-13 50K
			-45	300	УВ ZOLTEK PANEX 35-13 50K
			ПН	6	Полиэфирная 76 дтекс
Углеродная ткань квадроаксиальная -45°/90°/+45°/0° – 806	1270	806±41	0	200	УВ ZOLTEK PANEX 35-13 50K
			+45	200	УВ ZOLTEK PANEX 35-13 50K
			90	200	УВ ZOLTEK PANEX 35-13 50K
			-45	200	УВ ZOLTEK PANEX 35-13 50K
			ПН	6	Полиэфирная 76 дтекс
Углеродная ткань моноаксиальная 0° – 603 г/м	1230	606±31	0	581	УВ ZOLTEK PANEX 35-13 50K
			60	8	Ровинг Е-стекло 68 текс
			60	8	Ровинг Е-стекло 68 текс
Стеклоткань биаксиальная -45°/+45° – 444	1270	444±22	+45	217	Ровинг Е-стекло
			90	2	Ровинг Е-стекло
			0	2	Ровинг Е-стекло
			-45	217	Ровинг Е-стекло
			ПН	6	Синтетика
Стеклоткань биаксиальная -45°/+45° – 610	1270	610±30	+45	300	Ровинг Е-стекло
			90	2	Ровинг Е-стекло
			0	2	Ровинг Е-стекло
			-45	300	Ровинг Е-стекло
			ПН	6	Синтетика
Стеклоткань биаксиальная 90°/0° – 625	1270	625±32	0	331	Ровинг Е-стекло
			90	288	Ровинг Е-стекло
			ПН	9	Синтетика
Стеклоткань триаксиальная 45°/+45°/0° – 933	1270	933±29	0	425	Ровинг Е-стекло 1300 текс
			+45	251	Ровинг Е-стекло 300 текс
			-45	251	Ровинг Е-стекло 30 текс
			ПН	6	Синтетика
Стеклоткань квадроаксиальная -45°/90°/+45°/0° – 1184	1270	1184±60	0	295	Ровинг Е-стекло 600 текс
			+45	300	Ровинг Е-стекло 300 текс
			90	283	Ровинг Е-стекло 600 текс
			-45	300	Ровинг Е-стекло 300 текс
			ПН	6	Полиэфирная 76 дтекс
Стеклоткань моноаксиальная 0° – 640 г/м ²	1260	640±35	0	567	Ровинг Е-стекло 1280 текс
			+45	13	Ровинг Е-стекло 68 текс
			90	35	Ровинг Е-стекло 68 текс
			-45	13	Ровинг Е-стекло 68 текс
			ПН	12	Синтетика

и, следовательно, пропитка армирующего материала проходит быстро и с равномерным фронтом течения связующего по всей площади изделия. Изготовление пластика толщиной более 5 мм на основе МТ не представляет сложности, при условии грамотно подобранного режима формования и сборке вакуумного пакета.

Эти преимущества МТ по сравнению со стандартными тканями структурами позволяют сократить денежные затраты и облегчить ручной труд при серийном изготовлении композитных изделий.

В заключение мы приглашаем Вас посетить наш

сайт carbocarbo.ru и ознакомиться с ассортиментом мультиаксиальных тканей на основе углеродного волокна и стекловолокна производства немецкой компании SAERTEX. Базовые поверхностные плотности МТ имеют шаг в 200 г/м² и пределы с 200 до 800 г/м² и представлены в Таблице 1. МТ подходят под эпоксидные, полиэфирные и винилэфирные связующие.

Материал находится в наличии на нашем новом складе по адресу Московская область, п. Нахабино, ул. Институтская, д. 1. Информацию о стоимости и дополнительные консультации получите у наших сотрудников. **КМ**

АЛМАЗНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

КАЧЕСТВО,
НАДЕЖНОСТЬ,
УНИКАЛЬНОСТЬ



ОБРАБАТЫВАЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- твёрдый сплав;
- графит, в том числе электротехнический;
- углепластик, материалы углепластикового передела (УПП);
- углерод-углеродный композиционный материал;
- углерод-керамический композиционный материал;
- высокопрочные композиционные полимерные материалы (боропластик, стеклопластик, кевлар, органопластик);
- стекло, базальт, фарфор, феррит, кремний;
- естественный и искусственный камень;
- керамика, дерево и многие другие различные материалы



АО «ВОЕННО-ПРОМЫШЛЕННАЯ
КОРПОРАЦИЯ
«НПО МАШИНОСТРОЕНИЯ»



АО «КОРПОРАЦИЯ
«ТАКТИЧЕСКОЕ РАКЕТНОЕ
ВООРУЖЕНИЕ»

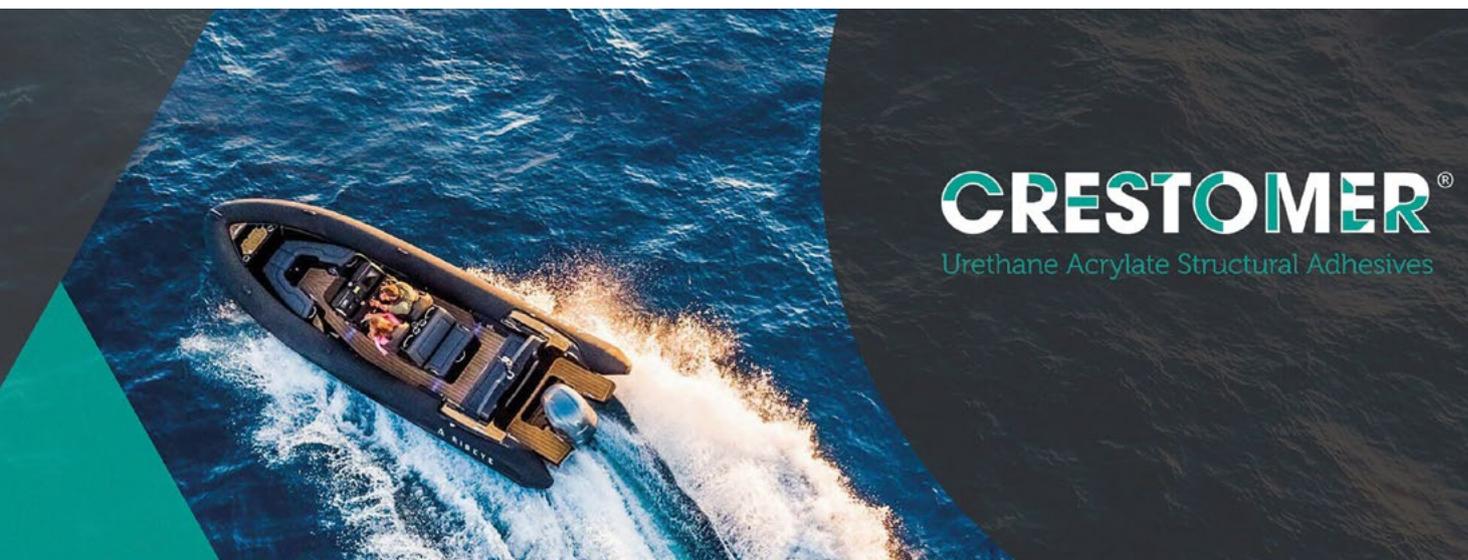


АО «УРАЛЬСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ»

Пермь, ул. Новозвягинская, 57
E - mail : uniikm@yandex.ru
тел.: +7 (342) 230-98-93



www.uniikm.ru



CRESTOMER[®]
Urethane Acrylate Structural Adhesives

Использование адгезивов Crestomer в судостроении

igc-market.ru

Компания «ХимСнаб Композит» выступает за полезный контент, который можно применить на практике. Данная статья — прямое руководство по склеиванию перегородок в судах при помощи линейки адгезивов Crestomer от Scott Bader.

Мы собрали в статье «сухие» факты, а всю воду оставили судостроителям, чтобы их кораблям было по чему ходить.

Адгезивы мирового производителя композитных

и клеевых материалов для рынка судостроительства Scott Bader отлично подходят для создания прочных и герметичных конструкционных швов и соединения тех частей конструкций, которые обычно скрепляют методом сверления отверстий. Данный метод, к слову, вызывает ряд проблем с обеспечением герметичности корпуса судна и требует больших трудовых и финансовых затрат.

Структурные адгезивы Crestomer используются ведущими производителями судов во всем мире. Их уникальный состав идеально подходит для склеивания продольных балок, поскольку обладает высокой степенью эластичности, чтобы подстроиться под зазоры между корпусом и балками лодки из стеклопластика. Crestomer 1186PA обеспечивает отличное склеивание при зазорах от 1-25 мм и более, а также имеет значительное превосходство над полиэфирными клеевыми пастами и ламинированием стеклопластика по адгезии. Он ударопрочен и устойчив к распространению трещин.

Крепление перегородок с помощью Crestomer 1186PA обеспечивает следующие преимущества по сравнению с обычными многослойными соединениями:

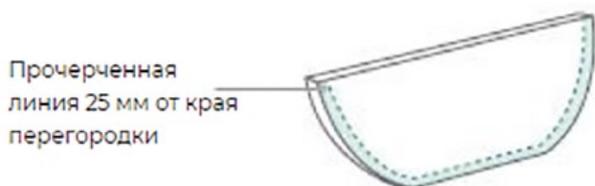
- Улучшение структурных характеристик;
- Экономия рабочего процесса на 60%;
- Улучшение внутренней эстетики выглядывающих стыков;
- Снижение массы изделия;
- Улучшение условий труда — чистота и простота использования;
- Улучшение производительности;
- Значительное снижение выброса стирола.



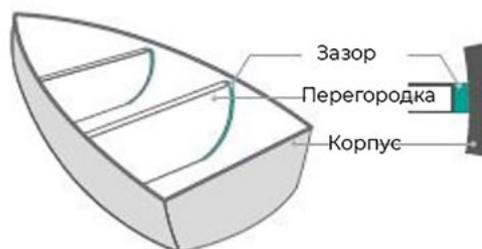


Руководство по склеиванию перегородок Т-образными соединениями

1. Убедитесь, что поверхности подготовлены:
 - б. Если после ламинации прошло менее 72-х часов, то поверхность должна быть очищена ото всех примесей;
 - с. Если прошло более 72-х часов, то можно использовать жертвенную ткань на склеиваемом участке;
 - *Если в ламинации используется полиэфирная смола на основе DCPD, которая подвергается воздействию УФ лучей, то рекомендуется следующая подготовка к склейке поверхности:
 - і. протрите поверхность растворителем (изопропиловым спиртом или ацетоном) и оставьте на 10 минут;
 - іі. очистите поверхность от пыли;
2. Прочертите линию по обе стороны перегородки на расстоянии 25 мм с помощью перманентного маркера.



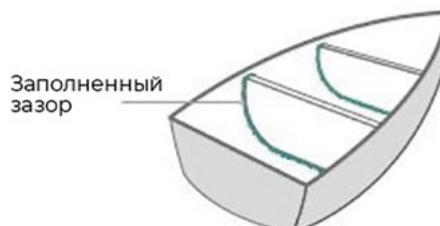
3. Установите конструкцию перегородки к корпусу так, чтобы зазоры были равными.
4. Измерьте расстояние между перегородкой и корпусом.



5. Выберите подходящий инструмент для галтели, который должен быть равным размеру зазора плюс 15 мм. То есть для зазора 10 мм потребуется галтель 25 мм.
 - а. Инструмент для галтели должен быть изготовлен из жесткого материала, идеально подходит ламинат;
 - б. Вырежьте ламинат шириной в два раза больше необходимой и сделайте полукруг с одного конца;
 - с. Лучше изготовить 2–3 галтели разного радиуса.

6. Перед началом использования адгезива Crestomer внимательно ознакомьтесь с техническими характеристиками и строго следуйте рекомендациям производителя.

Добавьте 2 % Катализатора Бутанокс М и тщательно перемешайте адгезив Crestomer, чтобы катализатор был полностью диспергирован. При использовании специального аппарата для смешивания заправьте правильно пистолет.



Материалы

- Нанесите материал в шов. Размер наносимого слоя зависит от размера зазора между перегородкой и корпусом судна. Убедитесь, что Crestomer заполняет зазоры.
- Держите инструмент (галтель) под углом 90° к стыку и удалите излишки материала, который можно использовать повторно.



- Убедитесь, что Crestomer соприкасается с линией, как указано в шаге 2.
 - Если галтель короче линии, то потребуются галтели большего размера;
 - Если линию не видно, то можно использовать галтель меньшего размера;
 - Рабочее время материала на этапах 6-9 составляет 50 минут при 25°С с использованием 2% Катализатора М средней реакции.



Хороший результат
Конструктивно
Расход материала до желаемой линии



Вернитесь к 5 шагу
Неконструктивно
Недостаточно материала до прочерченной линии



Следите за тем чтобы не тратить материал впустую
Конструктивно, но затратно
Материал выходит за желаемую линию

- Несущую конструкцию для перегородок можно убрать через 2 часа после полного отверждения Crestomer. Но рекомендуется не допускать чрезмерных нагрузок на перегородки еще в течение 12 часов. **КМ**

Информацию об адгезивах и других продуктах мирового производителя Scott Bader вы можете получить на выставке Композит-Экспо в Москве.



Будем рады видеть вас на нашем стенде!

КОМПОЗИТ-ЭКСПО

Образцы изделий, вкусный кофе и подарки от нашей компании уже ждут вас.

ЦВК Экспоцентр | Павильон 1 | Номер стенда: 1G02



ООО «Беспок Карбон»

разработка и изготовление изделий из полимерных композиционных материалов



Основная наша специализация — изготовление сложных и ответственных изделий из композитных материалов, отвечающих высоким эстетическим требованиям и требованиям по точности и повторяемости

В штате нашей компании работают сотрудники с большим опытом производства деталей для авиации и космоса.

Мы предлагаем полный цикл работ по созданию изделия от дизайн-проекта до изготовления опытных партий и серийного производства:

- Инжиниринг и реверс-инжиниринг, включая 3D сканирование, создание 3D моделей, выбор и отработку конструкторских и технологических решений, разработку конструкторской и технологической документации, изготовление прототипов и опытных партий.
- Проектирование и изготовление комплекта технологической оснастки для изготовления изделий из стекло и углепластика на станках с ЧПУ (мастер-модели, формообразующая и вспомогательная технологическая оснастка)
- Изготовление изделий из ПКМ с применением технологии вакуумной инфузии, термовакуумного и термокомпрессионного формования препрега.
- Окраска изделий, с применением высококачественных лакокрасочных покрытий и современного окрасочного оборудования
- Обучение и организация производства изделий из полимерных композиционных материалов на площадке заказчика. Помощь в запуске производства под ключ.

Будем рады сотрудничеству!
+7 (980) 511-23-53 · sda@bespokecarbon.ru

Автор: **Андрей Коновалов**
торговый представитель компании Kisling AG
в России и Восточной Европе

Соавтор: доктор **Михаэль Кархер**
руководитель отдела управления рынком
и прикладных технологий

marketing@kisling.com
www.kisling.com

Конструкционный клей компании Kisling

со слабым запахом для применения в железнодорожной отрасли с визуальным контролем отверждения

Безопасность пассажиров на железнодорожном транспорте имеет важнейшее значение в европейских странах. Используемые материалы должны быть тщательно проверены и классифицированы на предмет их огнестойкости. Это требование распространяется также на любые клеи и герметики, так как при их использовании в случае пожара могут образовываться токсичные газы и дым. Вторая часть стандарта DIN EN 45545 определяет требования к огнестойкости материалов и компонентов, чтобы максимально обезопасить пассажиров железнодорожного транспорта во время чрезвычайных ситуаций. Производители получают рекомендации, в которых описывается какие клеи подходят для конкретного применения, включая требования к противопожарной защите. Компания Kisling разрабатывает и производит клеи, соответствующие вышеуказанному стандарту. После разработки наши клеи проходят всесторонние испытания в специальной пожарной лаборатории, а затем отправляются клиентам для дальнейшего апробирования.

Продукция компании

Компания Kisling предлагает пять конструкционных клеев в своей продуктовой линейке, сертифицированных в соответствии с DIN EN45545-2. Три из них основаны на эпоксидной смоле (7430, 7440 и 7490), а два из них — на акрилате (1675 и 1680). Эти два клея более подробно представлены ниже.

Клеи 1675 и 1680 широко применяются на производстве, в том числе производстве железнодорожного

транспорта, в основном для склеивания композитов, а также металлических деталей.

1675 — двухкомпонентный метакрилатный клей со слабым запахом предназначен для структурного склеивания термопластиков, металлических и композитных узлов в течение нескольких минут. Быстрое получение прочности клеевого соединения обеспечивает короткое время производственного цикла. Отвержденный клей предлагает сбалансированный профиль свойств с высокой жесткостью в сочетании с высокой ударной вязкостью.

1680 — двухкомпонентный метакрилатный клей без запаха, имеющий продолжительное рабочее время (8–12 минут) по сравнению с 1675, что позволяет склеивать более крупные детали. Время фиксации около 16–18 минут. Отвержденный клей обладает сбалансированным набором свойств.

Уникальной ключевой особенностью этих клеев является то, что они меняют цвет от светло-голубого до темно-зеленого во время отверждения, что указывает на достижение степени отверждения 70%. Эта уникальная особенность высоко ценится многими компаниями и работниками, поскольку она используется как своего рода визуальный «встроенный» контроль качества в процессе производства.

В таблице 1 представлены основные характеристики клеев 1675 и 1680.

История успеха

В этом разделе описывается история успеха, когда компания Kisling помогла заказчику из железнодо-



Таблица 1

	1675	1680
Цвет клея после застывания	Темно-зеленый	Темно-зеленый
Время жизни при 23 °С	2–4 мин	8–12 мин
Время схватывания [$\sim 1 \text{ Н/мм}^2$]	~ 4 мин	~ 17 мин
Функциональная прочность [$\sim 10 \text{ Н/мм}^2$]	~ 5 мин	~ 20 мин
Вязкость смешанных компонентов	$\sim 100\,000 \text{ мПа}\cdot\text{с}$	$\sim 100\,000 \text{ мПа}\cdot\text{с}$
мин. зазор	75 мкм	200–300 мкм
макс. зазор	10 мм	10 мм
Модуль упругости	$\sim 780 \text{ МПа}$	$\sim 550 \text{ МПа}$
Удлинение при разрыве	$\sim 85\%$	$\sim 65\%$

рожной отрасли преодолеть проблему сборочного производства за счет сокращения этапов обработки и общего времени цикла.

Клей 1675 был применен для приклеивания металлических головок или металлических скоб к деталям из армированного стекловолокном пластика (GFRP) на основе ненасыщенной полиэфирной смолы (Рис. 1).

Заказчик компании Kisling использовал для приклеивания деталей к стеклопластику двухкомпонентный полиуретановый клей. Выбор в основном определялся низкой стоимостью полиуретанового клея. Но с другой стороны процесс был довольно сложным. Он состоял из множества этапов: шлифования деталей из стеклопластика и металлической детали, очистки их ацетоном, нанесения грунтовки на

обе поверхности, выдержки грунтовки в течение 30 секунд, нанесения полиуретанового клея, фиксации в кронштейне на 45 минут, пока не будет достигнута требуемая прочность. Глядя на эти многочисленные этапы процесса, становилось ясно, что в процессе работы периодически могла проявляться ошибка рабочего, приводящая к браку детали. Таким образом, основной задачей и желанием нашего заказчика было упростить этапы процесса, снизить вероятность ошибок обработки, сократить общее время цикла и сохранить, по крайней мере, тот же уровень затрат на производство деталей. Исходя из поставленных задач и требований, компания Kisling рекомендовала свой двухкомпонентный метакрилатный клей 1675 со слабым запахом. Основными причинами выбора этого клея были:



Рисунок 1. Металлические головки и скобы, приклеенные на стеклопластик

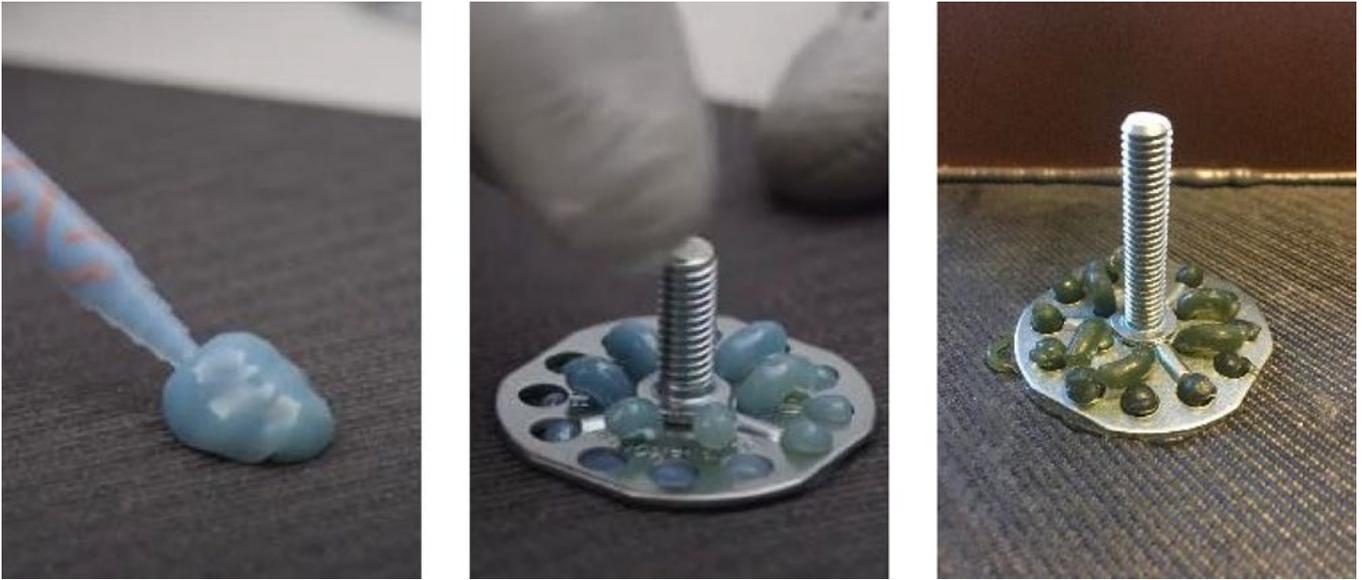


Рисунок 2. Изменение цвета клея 1675 во время отверждения

- слабый запах, удовлетворяющий работника в ограниченных рабочих условиях;
- прочность клеевого соединения, достигаемая приблизительно в течение 5 минут;
- хорошее удлинение при разрыве, компенсирующее различный коэффициент теплового расширения двух разных материалов;
- изменение цвета с голубого на темно-зеленый во время отверждения, указывающее на достижение степени отверждения 70% (Рис. 2).

В Таблице 2 показано сравнение отдельных этапов работы с двухкомпонентным полиуретановым клеем и клеем 1675. Если посмотреть только на этапы с 3 по 6, то ясно видно, что основные этапы работы сокращаются на 50%, с четырех до двух этапов. Кроме того, длительность производственного процесса также значительно сокращается. Даже если нанесение праймера выполняется сразу на нескольких головках или скобах, то в любом случае это дополнительные

этапы обработки, на которые уходит время. Несколько минут, которые необходимы клею 1675 для достижения функциональной прочности, также ведут к снижению производственных затрат, поскольку последующие этапы обработки могут быть выполнены вскоре после этого без необходимости хранить детали отдельно в другом месте и ждать, пока не будет достигнута прочность, необходимая для дальнейшей работы.

О группе компаний Kisling

Компания Kisling была основана в 1862 году, а в 1980 году была приобретена компанией Würth. Сегодня Kisling — один из ведущих мировых производителей высококачественных клеев и герметиков практически для всех направлений промышленности. В наш ассортимент входят высокопрочные конструкционные клеи на основе метакрилата и эпоксиды, анаэробные клеи, секундные клеи, гибридные полимерные клеи, герметики, а также силиконы. **КМ**

Таблица 2. Этапы обработки материалов для двухкомпонентного полиуретана и 1675

№	Производственный шаг	Двухкомпонентный полиуретан	1675
1	Шлифовка поверхностей	Требуется предварительная обработка поверхности для использования обоих клеев	
2	Очистка ацетоном		
3	Нанесение грунтовки на обе поверхности	5 сек	—
4	Выдержка грунтовки	30 сек	—
5	Нанесение клея на стеклопластик	8 сек	8 сек
6	Позиционирование металлической головки или скобы	5 сек	5 сек
7	Время, необходимое для достижения функциональной прочности	45 мин	5 мин



ООО «ПЛМ Инжиниринг» (ГК «ПЛМ Урал»)

Официальный дистрибьютор ESI Group и QForm в России и СНГ
Программные решения для моделирования технологических процессов производства

Услуги

- **Моделирование изделий из композитов**
PAM-COMPOSITES
- **Моделирование литейных процессов**
ProCAST
- **Моделирование листовой штамповки**
PAM-STAMP
- **Моделирование объемной штамповки**
QForm
- **Моделирование процессов сварки и термообработки**
SYSWELD
- **Моделирование лезвийной обработки**
Visual Machining
- **Моделирование аддитивных технологий**
Additive Manufacturing
- **Виртуальная реальность**
IC.IDO

Наши возможности

- Виртуальное производство
- Поставка и внедрение инженерных решений
- Инженерные расчеты
- Поставка, внедрение и техническая поддержка
- Обучение и повышение квалификации

Ключевые отрасли применения

- Оборонная промышленность
- Metallургия
- Авиационная промышленность
- Транспортное машиностроение
- Судостроение
- Тяжелое машиностроение
- Энергетика
- Товары массового потребления
- Автомобилестроение
- Гражданское строительство

ГК «ПЛМ Урал»

620131, Россия, г. Екатеринбург

ул. Metallургов 16Б

тел: 8 800 500 1993

почта: info@plm-ural.ru

www.esi-russia.ru | www.plm-ural.ru

Применение моделирования

при разработке технологий изготовления конструкции из полимерных композиционных материалов

Шибает Антон Олегович

Инженер технической поддержки
ООО «ПЛМ Инжиниринг»
(входит в ГК «ПЛМ Урал»)
www.plm-ural.ru
www.esi-russia.ru

В настоящее время полимерные композиционные материалы являются неотъемлемой частью многих отраслей промышленности, так как имеют ряд преимуществ перед традиционными материалами. К таким в первую очередь относятся: низкий вес, высокие удельные характеристики, возможность создания цельных крупногабаритных конструкций сложной формы и высокая химическая стойкость. Однако изготовление подобных конструкций сопряжено с рядом трудностей. На стадии проектирования изделия необходим обоснованный выбор того или иного армирующего материала, укладки, связующего, оснастки, пресса и так далее. Кроме того, существует риск возникновения брака на различных этапах изготовления.

Для более подробного анализа и предотвращения образования различного вида дефектов многие компании используют компьютерное моделирование процесса изготовления изделия из композиционного материала. Одним из лидеров в разработке подобных программных комплексов является французская компания ESI Group с решением PAM-COMPOSITES. Данный инструмент позволяет выявлять и устранять многие проблемы еще до производства реального изделия.

Моделируемые технологии

Линейка PAM-COMPOSITES обладает достаточно широким набором решений, при помощи которых пользователь имеет возможность анализировать технологию производства композитного изделия. К таким технологиям относятся:

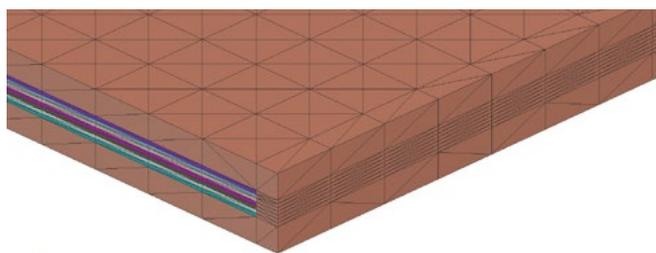


Рисунок 1. Модель композита в оснастке

- Вакуумная инфузия,
- Light RTM, Heavy RTM, C-RTM процессы,
- Автоклавное формование,
- Печное отверждение,
- Термоформовка,
- SMC формование,
- Ткачество и намотка.

Данная программная линейка представляет из себя единую среду для постановки, расчета и анализа задач, связанных с производством изделий из композитов. Для расчета технологии требуется наличие твердотельной CAD модели изделия любого из основных форматов (prt, iges, step, parasolid и так далее), набор свойств, зависящий от типа моделируемой технологии, и граничные условия.

Сходимость результатов расчета с экспериментом напрямую зависит от точности начальных данных. Поэтому особое внимание следует уделить точному определению входных характеристик материалов. В зависимости от сложности выбранного процесса (RTM-пропитки, вакуумной инфузии или автоклавного формования), расчета полимеризации изделия и так далее, увеличивается и количество входных данных (свойств материалов).

Методология моделирования изделий в PAM-COMPOSITES

При проведении моделирования рекомендуется придерживаться следующего плана:

- **Идентификация.** Определение свойств материалов: теплофизических, физико-механических характеристик и так далее.
- **Верификация.** Подтверждение соответствия определенных ранее свойств материалов и отладка расчетной модели в ESI PAM-COMPOSITES. Обычно проводится на элементарном или конструктивном образце. Сравнение численных и стендовых результатов.
- **Проведение и анализ расчетов.**

При проведении исследования конструкции рас-



Рисунок 2. Линейка основных решений по композитам от ESI Group

При формовании определяем:

- ✓ Складки
- ✓ Толщину изделия и отдельных слоев
- ✓ Утолщения
- ✓ Перегибы, гофры
- ✓ Деформации (сдвиговых и в волокнах)
- ✓ Напряжения

При полимеризации связующего определяем:

- ✓ Степень и скорость отверждения
- ✓ Изменение температуры
- ✓ Внутренние напряжения во время полимеризации
- ✓ Остаточные напряжения при выемке из формы
- ✓ Коробления после извлечения из формы

При пропитке определяем:

- ✓ Сухие зоны
- ✓ Время ввода смолы
- ✓ Изменение температуры
- ✓ Давление в форме
- ✓ Расход связующего
- ✓ Изменение вязкости смолы
- ✓ Изменение степени отверждения во время пропитки

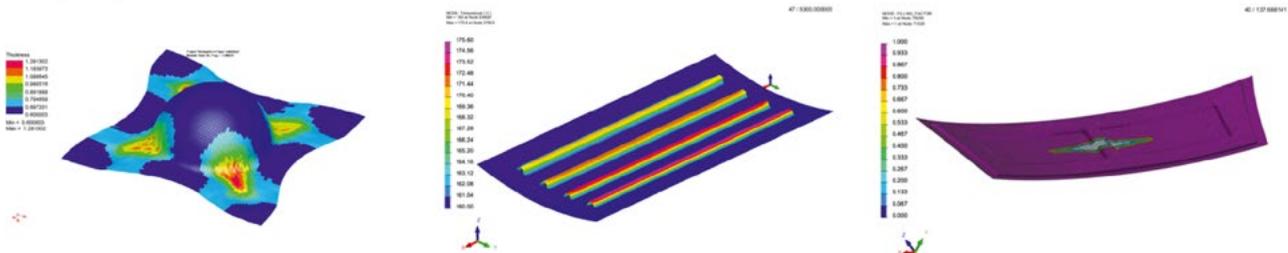


Рисунок 3. Результаты моделирования

четным методом рекомендовано придерживаться следующей схемы: моделирование начинается с расчета элементарного образца, затем проводится расчет элемента, компонента и затем — расчет полного изделия.

Таким образом, применение численного моделирования помогает достичь высокого качества изделия и улучшить понимание процесса производства. Такой подход к созданию композитных деталей расширяет возможности проектирования, удешевляя процесс изготовления конструкций новыми технологиями и помогая изготавливать конкурентно способные изделия из композитов. **КМ**

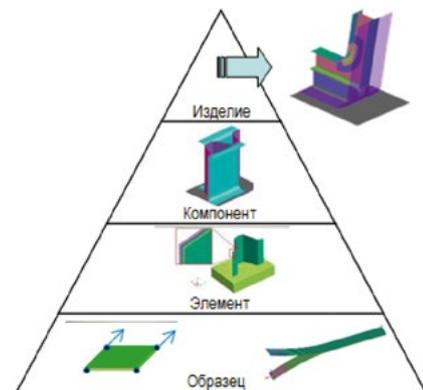
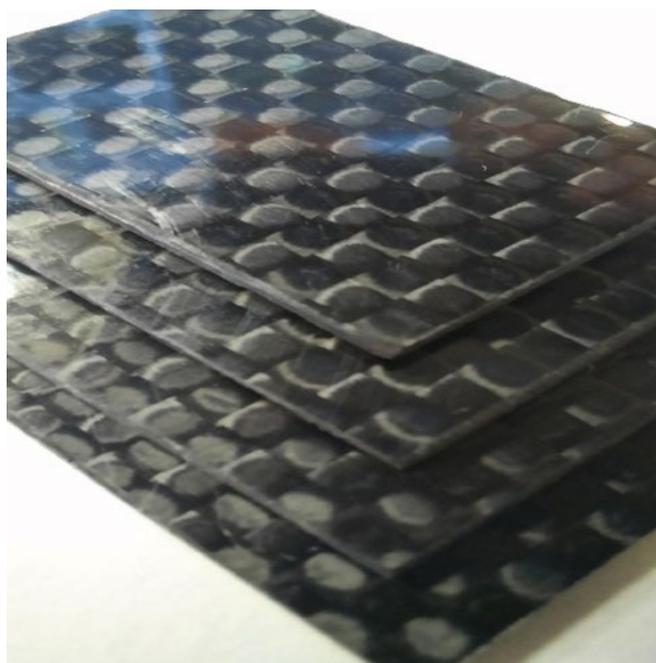


Рисунок 4. Методология проведения исследования конструкции на основе расчетных методов

Инновационные технологии изготовления графеновых композитов



Аэрокосмическая промышленность считается одним из самых инновационных и прогрессивных технологических секторов во всем мире. Все мировые производители заинтересованы в разработке новых технологий производства графеновых композитных деталей.

Особенно масштабные научно-исследователь-

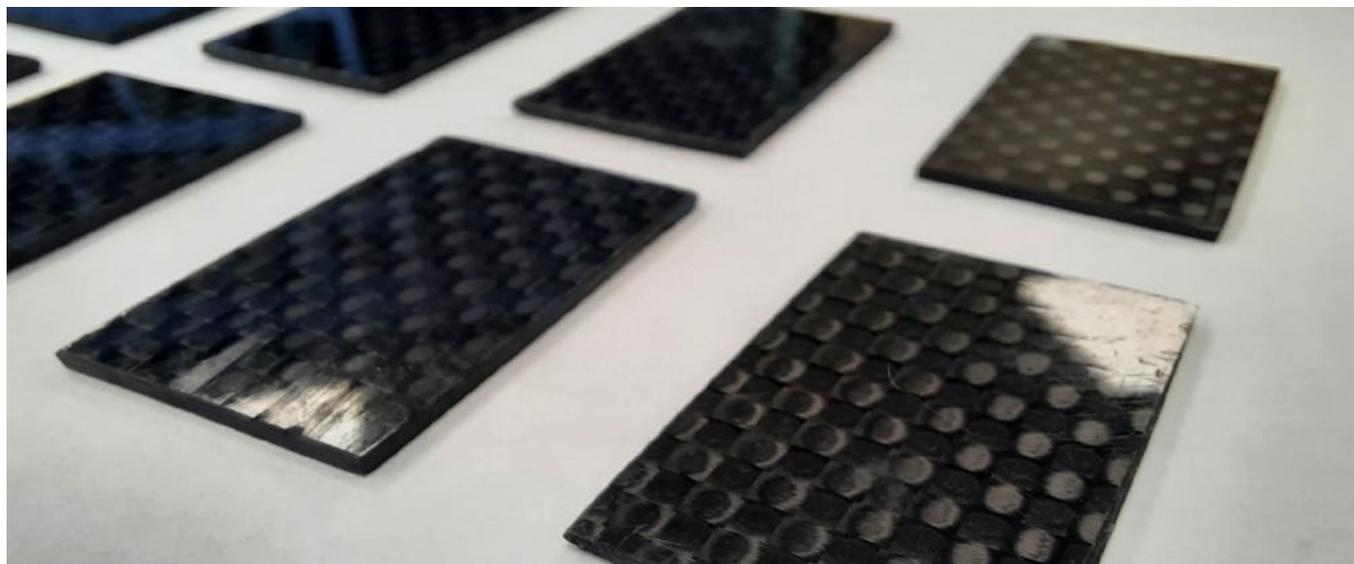
ские работы финансируются в Китае, США, Европе и Южной Корее.

Показательным примером практического интереса к графеновым композитам является компания GKN Aerospace.

GKN Aerospace — одна из ведущих мировых поставщиков продукции для аэрокосмической отрасли — поставляет продукцию для 90% мировых производителей самолетов и двигателей (производитель аэродинамических элементов для Lockheed Martin F-35), присоединилась к Graphene Engineering Innovation Centre (GEIC) при Манчестерском университете в качестве партнера первого уровня. Сотрудничество будет включать исследование нескольких областей применения графена, включая использование графена в инновационных покрытиях для аэрокосмических приложений и разработку новых композитных материалов.

Из-за высокой стоимости графена (не путать с молотым графитом) потреблять его способны только некоторые отрасли. В первую очередь те, где вклад графена в себестоимость экономически оправдан из-за высокой стоимости конечного продукта, например, детали для аэрокосмической индустрии из композиционных материалов. И, разумеется, перспективны все миниатюрные устройства, где расход графена мал.

Графен используют в качестве структурно-регулирующего агента для настройки ориентации и



графитизации полимеров. Графен сначала вводят в раствор ПАН/диметилсульфоксид (ПАН/ДМСО) для точной настройки свойств прядильного раствора ПАН. Углеродные волокна на основе ПАН/графена показали увеличение прочности на 225% и увеличение модуля на 184% по сравнению с углеродными волокнами из ПАН без графена.

Использование высокопрочного и высококомодульного углеродного волокна (ПАН/графен) при производстве композитов с целью достижения высоких показателей по прочности и весу обусловлено использованием специального оборудования (QMRM матрицы и так далее).

В основе этой системы лежит встроенная технология нагрева оснастки. Элементы нагрева которой расположены близко к поверхности формы, где используют определенную энергию для нагрева, что обеспечивает быстрый и точный контроль температуры и другие параметры. Уровня нагрева достигают за счет управления и регулирования потребляемой мощности.

Существует несколько мест нагрева, которые управляются и контролируются индивидуально. Это позволяет каждой зоне работать при заданных температурах на протяжении всего цикла отверждения. Что очень важно, поскольку каждая зона детали требует разного подводимого тепла в зависимости от ее размера и объема. Эта инновационная система нагрева является неотъемлемой частью оснастки и обеспечивает тесный контакт с деталью для уменьшения требуемой мощности и продолжительности цикла.

Специальное оборудование (QMRM матрицы и так далее) должно обеспечивать определенные условия, необходимые для полимеризации композитов, с возможностью контроля и влияния на процесс молекулярного резонанса при полимеризации, с учетом специфики используемого углеродного волокна и специального связующего с последующим безавтоклавным формованием.

Применение графеновых композитов в конструкции обеспечило возможность производства крыла большего удлинения с повышенной жесткостью, что в свою очередь повысило аэродинамическое качество и эффективность при эксплуатации (борьба с упругой дивергенцией крыла).

Применение инновационных технологий для полимеризации позволяет получать графеновые композиты с такими параметрами, которые недостижимы при использовании традиционных методов и технологий. **КМ**

На выставке «Композит-Экспо 2022» компания «Карбон студио» представляет образцы графеновых композитов, изготовленных по вышеуказанной технологии. Графеновый композит превосходит карбоновый композит по жесткости в три раза (при сопоставимом весе и прочности).

Даты проведения: 29–31 марта 2022

Место проведения: Россия, Москва,

ЦВК Экспоцентр, павильон 1, стенд №1F08

carbonStudio

По версии журнала Композитный мир

www.carbonstudio.ru

Лучший интернет магазин

полимерных композиционных материалов

Оборудование для полимеризации
композиционных

www.apgroup-tech.ru

Техническая информация

www.tech.carbonstudio.ru



Узнавайте о наших акциях первыми
vk.com/carbonstudio.original

Магазин в AliExpress
бесплатная доставка по России



Андрей Косенков
мастерфорум.компози.рф

Изготовление легкой матрицы для автотюнинга



Создание улучшенного или не стандартного обвеса для автомобилей, мотоциклов и других видов транспорта, это отдельная ветвь композитного производства, где требуется творческий подход и уникальные условия рабочего процесса.

В частности, сейчас я хочу рассказать о том, как можно делать матрицы для изделий автотюнинга. И как на этом экономить.

Специфика отрасли определяет как правило низкую нагрузку на матрицу для автотюнинга. Обвесов на авто очень много разных, тюнинг-ателье желательно иметь как можно больше их разновидностей. Значит, должно быть много разных матриц. Но на каждой из этих матриц относительно не часто формуют изделия, и они относительно не большой толщины (3–5 мм). Поэтому нагрузка и износ отдельной матрицы невелики.

Исходя из этих предпосылок, можем несколько видоизменить общие требования к матрицам.

Например, совсем не обязательно применять для их изготовления матричный гелькоут. Подойдет обычный гелькоут для изделий, или даже самый дешевый ортофталевый грунтовочный гель. Его называют грунтовочным, потому что тюнинговые изделия из стеклопластика как правило окрашиваются автоэмалью, а этот гелькоут в данном случае

выступает подложкой. И матрица из него будет периодически радовать нас изделиями долгие годы. Конечно, матричный гель более эластичен и лучше сопротивляется образованию усталостных трещин, агрессивному воздействию стирола, поддерживает глянец однажды отполированной поверхности. Но для наших условий эксплуатации вполне хватит физико-механических качеств геля грунтовочного, а глянец нам в принципе не нужен, т.к. изделия перед установкой на автомобиль непременно будут матоваться и окрашиваться автоэмалью в нужный цвет. Единственно, желательно подкрасить гель для матрицы в какой-нибудь цвет пигментом для полиэфиров, чтобы при напылении геля изделия (такого же серого грунтовочного), его можно было различать на поверхности матрицы. Например, мы в данном случае подкрасили гель ядовито-зеленым пигментом.

Скинкоут для тюнинговой матрицы вообще ни к чему. Этот слой нужен для постоянно нагревающихся и остывающих матриц, когда в один день на них производится 3-4 формовки или заливки. Следовательно, дорогую винилэфирку выкидываем из списка затрат.

Да и сама смола основного слоя «быстрая матрица» нам не нужна. Ни повышенная толщина ламината с ней, ни ее прочность ни к чему для легких матриц. Формуем тело матрицы обычной конструкционной ортофталевой смолой (желательно — с низкой усадкой). Если изделия будут толщиной 3-5 мм, то матрица





может быть не толще 5–7 мм. Для этого достаточно уложить 1 слой стекломата плотностью 300 гр/м² и 7 слоев стекломата 450 гр/м². При этом на 1 м² матрицы мы нанесем 3,5 кг стекла. Однако, для изготовления большого количества тюнинг-матриц, формовка всех этих многочисленных слоев мата вручную — это слишком расточительная особенность производства. Мы решили заменить эту рутину — одним слоем 300-го стекломата и ровингом, накидываемым из чоппера. Обычно первый слой 300-го стекломата укладывается с особой тщательностью на обычной ортофталевой конструкционке. После его отверждения, зачистка колючек и накидывание не толстого слоя ламината из стеклоровинга с той же конструкционной смолой (обычно 0,7–1 кг на м²). После прикатывания, мокрый по мокрому, накидываем всю оставшуюся норму ламината, доведя общий расход до 3,5 кг/м². Расход стекла контролируем при помощи весов, на которых стоят бобины с выбираемой чоппером нитью. Такой подход намного сокращает время и силы на укладку слоев стекломата.

В общем даже смола с высокой усадкой никак не испортит нам матрицу сама по себе. Ну, будет усадка не 6 мм на погонном метре (низкоусадочная), а 8, или 9, это не существенно. Обычно поправка на усадку закладывается в 3D модели.

Самую большую проблему для нас составляет фиксация жесткого каркаса на поверхности нашей тонкой экономной матрицы. Дело в том, что ламинат из обычной дешевой смолы гораздо более склонен к прода-



вливаю ребер жесткости на лицевой поверхности, чем специализированная смола «быстрая матрица».

Для того, чтобы никаких продавливаний не происходило, даже при толщине матрицы не 7, а 5 мм, применяем специальный прием: каркас выставляется на сминаемые опоры. В качестве таковых берем кубики пенополиуретана плотностью 30-40 кг/м³. Между силовым каркасом и матрицей образуется просвет 1,5–2 см. Затем методом мокрого угольника приформовываем каркас к матрице. Приформовываем без просветов, по всему периметру, и только в один слой тонкого 300 стекломата. Получается, что, когда происходит усадка отвердевающего ламината угольника, и каркас притягивает к матрице, его в нее не вдавливают, просто сминаются кубики полиуретана. Получившийся слой ламината угольника толщиной всего 0,5 мм не может сделать на матрице толщиной 5 мм сколько-нибудь заметного искривления лицевой поверхности. И вместе с тем, приформовка по всему периметру оказывается очень надежной. Приклеенный таким образом каркас отлично защищает матрицу от деформации и служит удобной подставкой при работе с ней.

Обычно в первый день изготовления матрицы, наносим гелькоут, первый слой 300-го стекломата, и всю толщину из чоппера. На второй день клеим каркас. На третий день расформовка, шлифовка, разделение. Через три дня матрица готова к работе.

Если каркас, как и модель тюнинговой запчасти, делать в 3D, можно получить четкий быстрый раскрой фанеры на ЧПУ. Собираем каркас перед вклейкой — на термоклей. При вклейке мокрого угольника, за одно покрываем смолой и всю фанеру. Это продлевает срок качественного хранения матриц в любых условиях, в том числе и под открытым небом.

Готовые изделия получаются качественно и быстро. **КМ**



Зиновьев Р. С.

Мережко Ю. А.

ООО «Урал-Полимер»

Хищенко Ю. М.

ЮУрГУ

Ещё раз о монолитности конструкций из полимерных композиционных материалов

Изменяемость свойств композиционных материалов при длительном воздействии эксплуатационных нагрузок – факт известный, а потому представление о том, как долго материал сохранит характеристики прочности и жесткости, достигнутые в изготовленном изделии, для конструктора крайне важно.

В готовой конструкции прочность, жёсткость и долговечность композиционного материала определяется технологической предысторией его создания, а их изменение в процессе нагружения оказывается следствием протекания процессов повреждения, особенно при наличии длительной циклической составляющей в нагрузке [1].

В силу физико-механических особенностей и условий работы в армированном пластике чаще всего в первую очередь исчерпываются линейно-упругие свойства связующего. Поэтому в минимеханике процессов разрушения полимерного композиционного материала (ПКМ) для связующего устанавливается критерий начальной линейности, по которому можно определить пределы нагрузок, обеспечивающих линейную упругую деформацию упругого пластика. Важность его подтверждается экспериментально: комбинация нагрузок, вызывающая только линейную упругую деформацию связующего в армированном пластике, при циклическом нагружении обеспечивает не менее 10^7 циклов до разрушения [2]. Напомним, что по нормам лётной годности гражданских вертолётов установлено базовое число циклов нагружений для конструкций из стали, равное $2 \cdot 10^7$, а из алюминиевых и магниевых сплавов — $5 \cdot 10^7$ циклов.

Существует и критерий монолитности, поскольку монолитность материала — первейшая функция связующего. Ныне уповают на то, что разрушение связующего может и не вызвать разрушения армированного пластика в целом, но важно, что при

этом уменьшается его несущая способность из-за неравномерности нагружения волокон и герметичность. Работа армированного пластика, потерявшего монолитность, в условиях циклического нагружения обеспечивает долговечность уже не более 105 циклов. Очевидна потеря, существенная для конструкций летательных аппаратов.

Принято потерю монолитности рассматривать с двух позиций: с позиции разрушения связующего между волокнами или слоями и с позиции разрушения контактного слоя «волокно – связующее». Наш опыт касается разрушения связующего.

Этот опыт свидетельствует о том, что достижение требуемой механической надёжности конструкций ответственного назначения из композитов связано с преодолением дефектов, без которых не обходится поиск бездефектных технологий изготовления таких, часто крупногабаритных изделий. При этом в зависимости от вида, характера и места расположения, величины и степени концентрации дефектов их влияние на качество изделия из ПКМ может быть различным [3].

Первой актуальной проблемой для конструкций типа оболочек является обеспечение заданной геометрической формы и точности стыковочных поверхностей при изготовлении и в процессе хранения изделия. В процессе изготовления таких конструкций методом намотки в структуре материала возникают технологические напряжения (структурные, усадочные, температурные), величина которых зависит от природы связующего, толщины изделия, степени анизотропии упругих и теплофизических характеристик отдельных слоёв материала, температуры отверждения [4]. Превышение технологических напряжений прочности материала в радиальном (трансверсальном) направлении инициирует зарождение и

рост межслоевых расслоений, качественно влияющих на свойства материала в дефектных зонах. При этом резко снижается несущая способность оболочки [5].

Опыт изготовления и эксплуатации тонкостенных подкрепленных оболочек диаметром 500 мм из углепластика и стыковочными шпангоутами из углестеклопластика показал, что первоначальная некруглость шпангоута (сразу после снятия с оправки) достигает 1,5 мм. В процессе хранения оболочек отмечено увеличение этого отклонения до 2,15 мм. Это приводит к сложности в стыковке отсеков, особенно если стык должен быть ещё и герметичным. Такое нарушение одного из основных параметров, определяющих качество изделия, является следствием напряженного состояния материала шпангоута.

Подобный дефект для отсеков из ПКМ делает понятие номинального размера весьма условным: истинный размер детали из ПКМ может непрерывно меняться в зависимости от условий и сроков хранения. Это обстоятельство можно учесть точностными расчётами при проектировании изделия, а можно пойти по пути поиска методов и средств размерной компенсации. Именно разработка комплекса технологических приёмов по снижению остаточных напряжений в изделии и исключению негативных последствий этого явления является актуальной задачей для технологов.

Второй проблемой остаётся повышение прочности ПКМ в трансверсальном направлении. Необходимо добиться, чтобы технологические напряжения не превысили прочность полимерной матрицы, целостность её сохранилась, хотя избавиться от остаточных напряжений в готовом изделии нельзя. С целью торможения развития дефектов и повышения общей стойкости материала против коробления и распространения трещин при действии технологических и эксплуатационных нагрузок нами использовались компенсационные способы снижения напряжений и деформаций.

Различают объёмную компенсацию микро- и макроструктурных напряжений в материале и компенсацию локальных напряжений, обусловленных особенностями конструктивного исполнения системы «изделие – технологическая оснастка» и последовательностью этапов процесса изготовления.

С точки зрения простоты технической реализации, для снижения технологических температурных микроструктурных напряжений целесообразно использовать релаксационные свойства ПКМ при охлаждении конструкции от температуры стеклования T_c до конечной температуры T_k . Варьируя температурные условия охлаждения по ступенчато-релаксационному режиму (рис. 1), оказалось возможным добиться снижения этих напряжений [4].

Перепад между соседними ступенями температуры назначается из условия, чтобы возрастающие на каждом шаге снижения температуры микроструктурные напряжения не превышали прочность матрицы в данном состоянии. Временной интервал выдержки на каждой ступеньке определяется из условия максимальной релаксации температурных деформаций

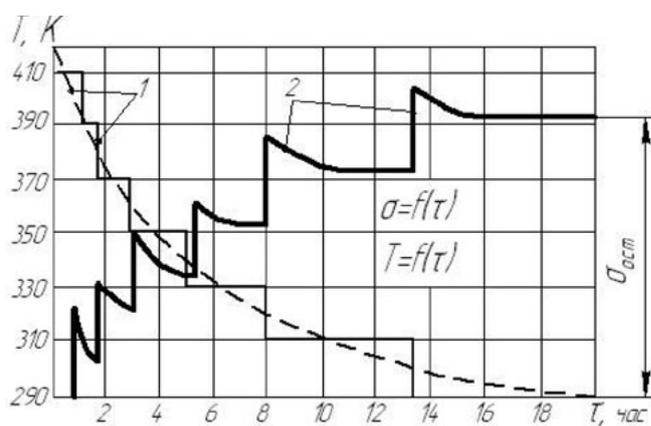


Рис. 1. Ступенчато-релаксационный режим охлаждения изделий из ПКМ: 1 — ступенчатое снижение температуры (пунктирная кривая — аппроксимация температурной зависимости); 2 — изменение микроструктурных температурно-технологических напряжений

полимерной матрицы, достигающей при повышенных температурах величины 35%. Опыт конструкторско-технологической отработки намоточных конструкций из ПКМ показал, что для композиционных материалов на эпоксидных связующих шаг снижения температуры должен находиться в пределах 10–20° К, выдержка на каждой ступеньке – в интервале 1,5–3,5 часов. На каждом шаге более высокая скорость охлаждения должна быть при повышенных температурах, а низкая — при температурах, близких к нормальным.

Применение релаксационного способа охлаждения достаточно эффективно и при изготовлении тонкостенных оболочек из материала с резко выраженной анизотропией упругих и теплофизических характеристик в слоях по толщине оболочки. Причем режим релаксационного охлаждения сравнительно легко поддается автоматическому регулированию.

Следует отметить, что релаксационный режим охлаждения лишь отодвигает порог трещинообразования в ПКМ с увеличением толщины стенки и скорости охлаждения, но не устраняет его полностью. Поэтому данный способ охлаждения целесообразно использовать как дополнительное средство торможения развития дефектов наряду с применением других способов.

Одним из наиболее успешных путей снижения температурно-технологических напряжений (ТТН) является пластификация полимерной матрицы [7, 8], осуществляемая введением в состав связующего пластификаторов (каучук, дибутилфталат). При этом повышается деформируемость ПКМ при трансверсальном растяжении и межслоевом сдвиге, в связи с чем пластификация целесообразна при изготовлении оболочек с высокими требованиями к монолитности структуры и герметичности. Некоторое снижение жесткости и прочности ПКМ в направлении основного армирования следует отнести к недостаткам этого способа, ограничивающим его применение при изготовлении силовых высоконагруженных конструкций.

Для снижения усадки полимерной матрицы и сближения КЛТР армированных и неармированных слоёв

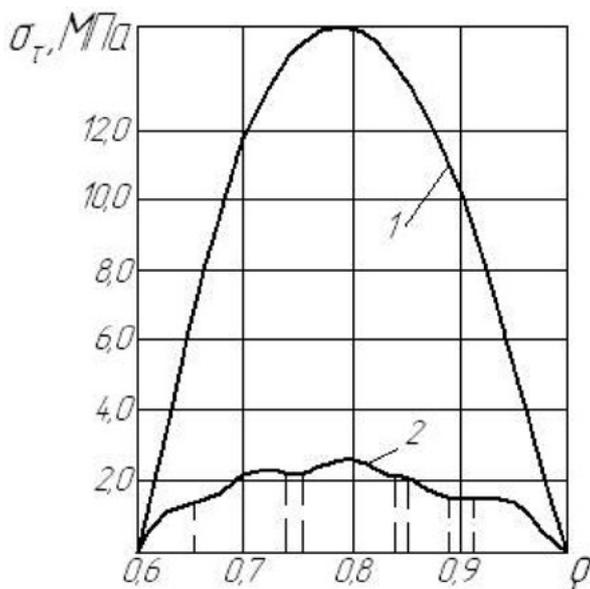


Рис. 2. Пример эффективности действия вспенивающегося компенсатора. Зависимость 1 получена расчетным путем. Изготовить оболочку с указанными параметрами без расслоений оказалось невозможно, однако при введении вспенивающих компенсаторов монолитность оболочки была обеспечена. В ней остаточные радиальные ТТН уменьшились примерно в 7 раз.

целесообразно использовать наполнение связующего полыми микросферами [9]. Введение в полимерную матрицу 35–40% объёмных стекломикросфер снижает уровень ТТН на 20–30%. Это благоприятно сказывается на повышении монолитности ПКМ, хотя наблюдается снижение жесткостных и прочностных характеристик материала в направлении основного армирования и в трансверсальном направлении. По этой причине наполнение матриц микросферами применимо для изготовления ненагруженных конструкций или в качестве вспомогательного способа снижения ТТН, например, в конструкциях с механическим сшиванием слоёв ПКМ.

Монолитность и герметичность изделий из ПКМ — третья проблема. Регулярное введение по толщине стенки конструкции эластичных (армированных и неармированных) прослоек обеспечивает разбиение толщины на зоны отверждения материала, в которых условия полимеризации оказываются близкими к тем, что характерны для тонкостенной оболочки. Помимо этого, эластичные прослойки существенно повышают эксплуатационную монолитность при воздействии динамических и вибрационных нагрузок, а также герметичность оболочек. В качестве эластичных прослоек возможны резиновые смеси или слои наполнителя, пропитанного высокоэластичным связующим, например, той же химической природы, что и для формирования несущих слоёв, но с повышенным содержанием пластификатора. Основным требованием к эластичным прослойкам является химико-технологическая совместимость со связующим основных слоёв.

Универсальным средством обеспечения монолитности при изготовлении намоточных конструкций практически с любой толщиной стенки оказалось

использование в качестве прослоек вспенивающих (расширяющихся) компенсаторов. С ними гарантированно выполняется условие обеспечения монолитности структуры слоистого материала.

Эффективность работы вспенивающих компенсаторов на этапе отверждения связующего обеспечивается тем, что деформации в материале, возникающие вследствие химической усадки связующего, компенсируются внутренним давлением в прослойке и её соответствующим расширением.

Суммарно, эффекты компенсации деформаций химической усадки, создания полей сжимающих деформаций в ПКМ за счёт давления вспенивания и повышения деформационных свойств компенсирующих прослоек приводят к значительному снижению остаточных ТТН и, как следствие, к надёжному обеспечению технологической и эксплуатационной монолитности оболочек [4]. Способ достаточно системно исследован, его реализация не усложняет традиционной схемы намотки и не требует сложного оборудования.

На рис. 2 приведены значения остаточных температурно-технологических напряжений в стеклопластиковой оболочке на эпоксидном связующем УП-238 с $R_{вн} = 75$ мм и толщиной 50 мм без компенсаторов (кривая 1) и с компенсаторами из ПСБ-С (кривая 2).

Из рис. 2 видно, что, проектируя изделие с компенсаторами, то есть, выбирая на основе расчётов соответствующий пенополимер и определяя координаты его размещения по толщине в виде прослоек [4], можно обеспечить монолитность конструкции практически при любой толщине стенки.

При использовании компенсационного способа следует контролировать влияние компенсирующих прослоек на прочностные характеристики ПКМ. Результаты испытаний образцов стеклопластика ЭФ-ТС-П методом трёхточечного изгиба (табл. 1) показывают, что введение компенсирующей прослойки в структуру ПКМ незначительно (до 6,2%) снижает его прочность при межслоевом сдвиге. Зато введение в структуру стеклопластика прослойки полистирола ПСВ-С повышает стабильность характеристик ПКМ, в два раза снижая коэффициент вариации. Повышение стабильности значений сдвиговой прочности стеклопластика с компенсирующими прослойками объясняется тем, что полистирол, являясь индифферентным разбавителем эпоксидных смол, формирует морфологически однородную структуру компенсирующей прослойки и тем самым обеспечивает равномерное распределение давления вспенивания в процессе отверждения.

Таким образом, вспенивающиеся компенсаторы являются наиболее эффективным средством обеспечения монолитности при изготовлении толстостенных намоточных конструкций. Ограничений по толщине стенок наматываемых оболочек в нашей практике не было. Введение этого типа компенсаторов легко поддается регулированию и автоматизации.

Анализ напряженно-деформированного состояния материала тонкостенной обечайки с учетом влияния технологической оснастки (оправки) показал, что одной из причин возникновения недопустимых

Таблица 1. Сравнительные показатели межслоевой прочности стеклопластика при сдвиге

Материал	Количество образцов	Прочность при сдвиге, МПа	Коэффициент вариации, %	Снижение прочности, %
ЭФ-ТС-П	40	24,5	5,94	—
ЭФ-ТС-П с компенсатором «Тилен-А»	35	23,4	6,17	4,5
ЭФ-ТС-П с компенсатором ПСВ-С	38	23,0	2,95	6,2

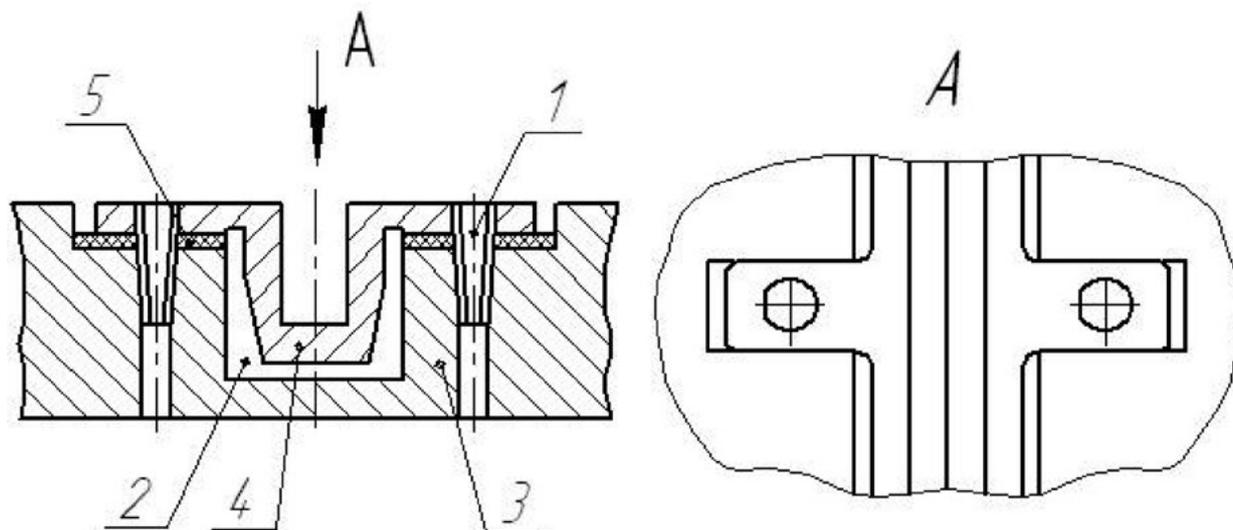


Рис. 3. Фиксация формообразующих элементов оправки с помощью выплавляемых штырей:

- 1 — фиксирующий штырь из термопластичного материала; 2 — кольцевой паз; 3 — обечайка оправки; 4 — формообразующий элемент; 5 — антифрикционная прокладка

макродефектов в виде межслоевых расслоений являются локальные ТТН, природа возникновения которых связана с различием температурных деформаций элементов системы «изделие — оправка». Обусловленные различием КЛТР их материалов, эти различия в деформациях достигают значительной величины, особенно при изготовлении крупногабаритных углепластиковых оболочек.

Задача компенсации таких напряжений — очередная по счёту проблема — стала особенно актуальной в связи со стремлением повысить теплостойкость проектируемой конструкции из ПКМ за счёт использования связующих с более высокой температурой отверждения.

Наиболее простым решением такой задачи оказалось применение технологических оправок, материал которых имел коэффициент линейного термического расширения, одинаковый с материалом изготавливаемого изделия. Например, в техническом решении по а. с. 1100112 оправка для изготовления деталей из ПКМ методом намотки была снабжена дополнительной обечайкой из композиционного материала с тем же КЛТР, что и изготавливаемая деталь.

Опыт отработки технологии изготовления конических углепластиковых оболочек показал, что использование оправки из углепластика является

надёжным средством обеспечения монолитности структуры материала обечайки. При этом, однако, приходится преодолевать сложности демонтажа отверждённого изделия с оправки, из-за отсутствия зазора между ними. К недостаткам таких оправок следует отнести их высокую стоимость, особенно для изготовления крупногабаритных конструкций. Использование таких оправок весьма проблематично для изготовления оболочек, подкреплённых внутри перекрестным силовым набором.

При изготовлении оболочек, подкреплённых шпангоутами, основным требованием к оправке становится требование минимального воздействия формообразующих элементов оправки на уже отверждённое изделие. Это требование должно реализовываться на этапе охлаждения, поэтому идеальная оправка должна: обеспечить фиксацию геометрических параметров расположения шпангоутов на всех этапах формирования и отверждения изделия, не нагружать его на этапе охлаждения и «освобождать» изделие от своего присутствия после охлаждения, не повреждая внутреннее оребрение. Примером такого решения может служить металлическая оправка (рис. 3), в которой формообразующие подкрепляющих шпангоутов элементы размещены в кольцевых пазах оправки и зафиксированы в исходном положении штырями из

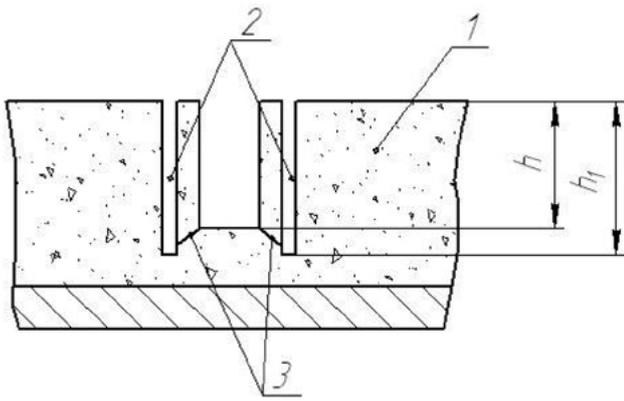


Рис. 4. Предохранительные перемычки в гипсовом слое оправки: 1 — гипсовый подслоя; 2 — кольцевые компенсирующие прорези; 3 — предохранительные перемычки

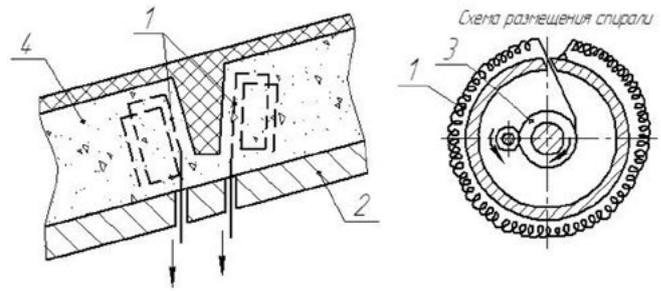


Рис. 5. Вариант принудительной расфиксации подкрепляющего шпангоута: 1 — спираль из проволоки; 2 — обечайка оправки; 3 — привод; 4 — гипсовый подслоя

термопластичного материала, расплавляющегося при максимальной температуре полимеризации.

Возможна пара интересных решений проблемы расфиксации формообразующих элементов оправки с кольцевыми рёбрами подкреплённой оболочки. Для этого удобно использовать металлгипсовые оправки.

В первом используется разница в КЛТР гипса и материала наматываемых шпангоутов (рис. 4). С двух сторон формообразующего паза в оправке прорезают две узких щели глубиной $h_1 = (1,1 - 1,2) \cdot h$, в результате чего образуются перемычки с расчётной схемой короткой консольной балки под действием поперечного давления, возникающего при намотке шпангоута и усадке гипса на стадии охлаждения. При короткой длине балки нельзя пренебрегать напряжениями поперечного сдвига, поэтому ширина перемычки такова, чтобы исключить разрушение гипса при намотке шпангоута из-за превышения его сдвиговой прочности. На стадии охлаждения гипс разрушается сколом по корневому сечению, освобождая шпангоут.

Без особых расчётов можно организовать принудительную расфиксацию разрушением гипса формо-

образующего шпангоут паза нагрузочными элементами (рис. 5). Нагрузочный элемент представляет собой спираль (лучше прямоугольного профиля), навитую из стальной проволоки. Один конец проволоки прочно закреплён на металлической обечайке оправки, другой пропущен в отверстие обечайки и соединён с приводом силового возбудителя. Размещение элементов в оправке относительно формообразующего паза понятно из рисунка.

При температуре стеклования задействуют привод и вытягивают проволоку из гипсового подслоя оправки; за счёт разрушения гипса в зоне, примыкающей к шпангоуту, кольцевое ребро освобождается от взаимодействия с оправкой.

Свои особенности в эту проблему привносит намотка конических оболочек с торцевыми шпангоутами. Здесь более важной оказывается задача амортизации напряжений, возникающих в оболочке, из-за различия температурных деформаций изделия и оправки. Решением является применение упругих кольцеобразных элементов из эластомерного материала (резина, полиуретан) с модулем упругости не более 4–5 МПа (рис. 6), причём на упругий элемент возлагается дополнительная функция — совместно с гипсовым подслоем оправки образовать формообразующую поверхность для намотки шпангоутов.

Недостатком таких колец является одноразовость их использования, обусловленная старением эластомерных материалов в процессе отверждения оболочки из ПКМ. Кроме того, низкая контактная жёсткость колец не обеспечивает необходимого качества формуемых элементов оболочки, что недопустимо при изготовлении изделий повышенной точности.

До некоторой степени указанные недостатки лишена конструкция оправки, приведенная на рис. 7. Здесь основным элементом является компенсирующее кольцо, подпружиненное на торцевом диске оправки. С помощью вертикальной плоскости этого кольца формируется торцевая поверхность стыковочного шпангоута с поперечным сечением трапецевидной формы. Поэтому на этапе намотки компенсирующие кольца должны быть застопорены. Перед полимеризацией оболочки кольца надо расфиксировать,

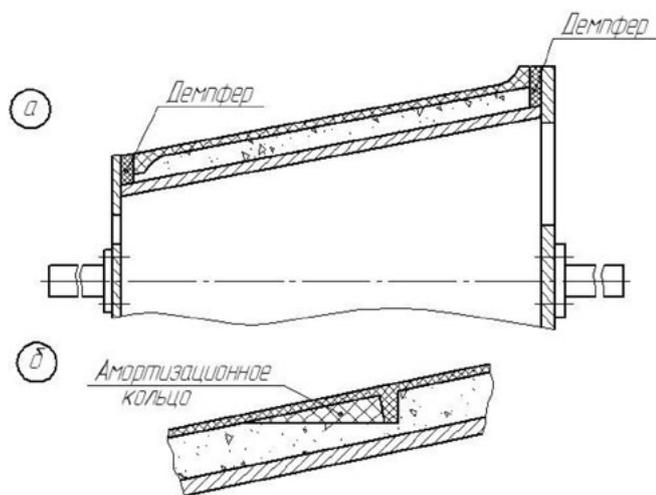


Рис. 6. Схема установки упругих элементов: а — установка резиновых демпферов на торцах оправки; б — установка амортизаторов с образованием пазов для подкрепляющих шпангоутов

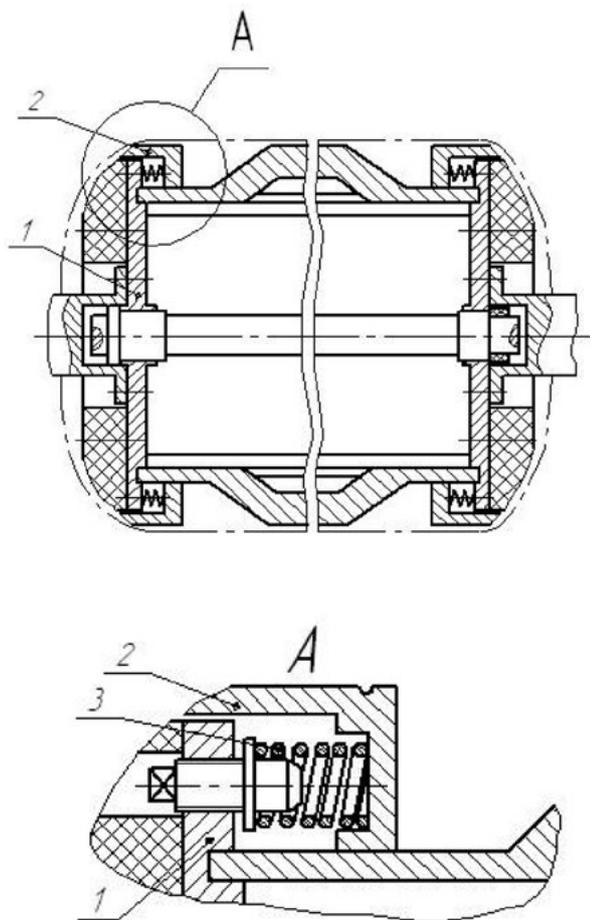


Рис. 7. Металлическая оправка с торцевыми компенсирующими элементами:
1 — торцевой диск;
2 — компенсирующее кольцо; 3 — пружина

чтобы в дальнейшем они выполнили свою функцию. На этапе охлаждения оболочки с оправкой осевые температурные деформации металлической оправки превышают аналогичные деформации оболочки из ПКМ, сжимающие оболочку усилия амортизируются пружинами, предохраняя её от чрезмерного сжатия.

Выводы

Этим, конечно, не исчерпываются конструктивные и технологические возможности обеспечения монолитности подкреплённых оболочек из ПКМ, но всё описанное здесь — из реальной практики.

В зависимости от конкретных условий возможно бесконечное сочетание компенсационных способов снижения микро- и макроструктурных ТТН в конструкциях из композитов.

В каждом случае выбор способа или комбинации методов обеспечения монолитности, удовлетворяющих комплексу конструктивных, производственных, экономических и экологических требований, всегда является самостоятельным этапом проектирования технологического процесса на основе не только справочных данных, но и с учётом практического опыта других.

Авторы обращают внимание на необходимость даль-

нейшего развития исследований (фундаментальных и прикладных) в области технологической механики конструкций из композиционных материалов.

В чём-то нам могут возразить. Например, сейчас в механике разрушения композиционных конструкций вопросы монолитности не считаются первостепенными, т. к. полная монолитность обеспечивает малое сопротивление продвижению трещины. Неполная монолитность с одной стороны затупляет вершину трещины, а с другой — нарушает прямолинейность траектории распространения трещины, уменьшая живучесть материала [2]. Но всегда необходимо сохранять проблему накопления информации о повреждениях в таких конструкциях, чтобы иметь возможность прогноза для ответа на ключевой вопрос: «Как долго будет служить конструкция?». Следует сохранять в памяти катастрофу Ту-154 в Иркутске, когда самолёт рухнул на жилой дом, потеряв крыло из-за разрушения лонжерона, ослабленного бесконтрольно развившейся трещиной, превысившей критическую длину. **КМ**

Литература

1. Рейфснайдер К. Повреждение конструкций из композитов в процессе эксплуатации / Прикладная механика композитов: Сб. статей 1986-1988 г.г. Пер. с англ. — М.: Мир, 1989. — 358 с.
2. Ханин М. В., Зайцев Г. П. Изнашивание и разрушение полимерных композиционных материалов. — М.: Химия, 1990. — 256 с.
3. Болотин В. В. Влияние технологических факторов на механическую надёжность конструкций из композитов // Механика полимеров, 1972, №3. — с. 529-540.
4. Томашевский В. Т., Смыслов В. И., Шалыгин В. Н., Яковлев В. С. Теория и методы обеспечения бездефектной макроструктуры армированных полимеров при переработке в конструкции специальной техники. — М.: ЦНИИ информации, 1984. — 316 с.
5. Тарнопольский Ю. М. Проблемы механики намотки толстостенных конструкций из композитов // Механика композитных материалов, 1992, №5. — с. 618-626.
6. Работнов Ю. Н., Екельчик В. С. Об одном способе предотвращения трещин при термообработке толстостенных оболочек из стеклопластика // Механика полимеров, 1975, №6. — с. 1095-1098.
7. Томашевский В. Т. и др. Технологические методы обеспечения монолитности оболочек из стеклопластика. — Л.: ЦНИИ «Румб», 1976. — 130 с.
8. Бабаевский П. Г., Кулик С. Г. Трещиностойкость отверждённых полимерных композиций. — М.: Химия, 1991. — 336 с.
9. Томашевский В. Т. и др. Прогнозирование технологических дефектов и способы их предотвращения в намоточных армированных полимерах: Тезисы докладов I Всесоюзной конференции по композиционным полимерным материалам и их применению в народном хозяйстве, т. III. — Ташкент: Изд. ТПИ, 1980. — с. 40.

Студенческая команда Московского политехнического университета «Manta Ray» готова приступить к созданию своей первой углепластиковой лодки

Команда Московского Политехнического университета «Manta Ray»
mrsolarteam.ru

До этого в своей мастерской команда политеха изготавливала лодочные корпуса исключительно из фанеры, о них подробнее мы писали в предыдущем выпуске журнала Композитный мир (4 (97) 2021).

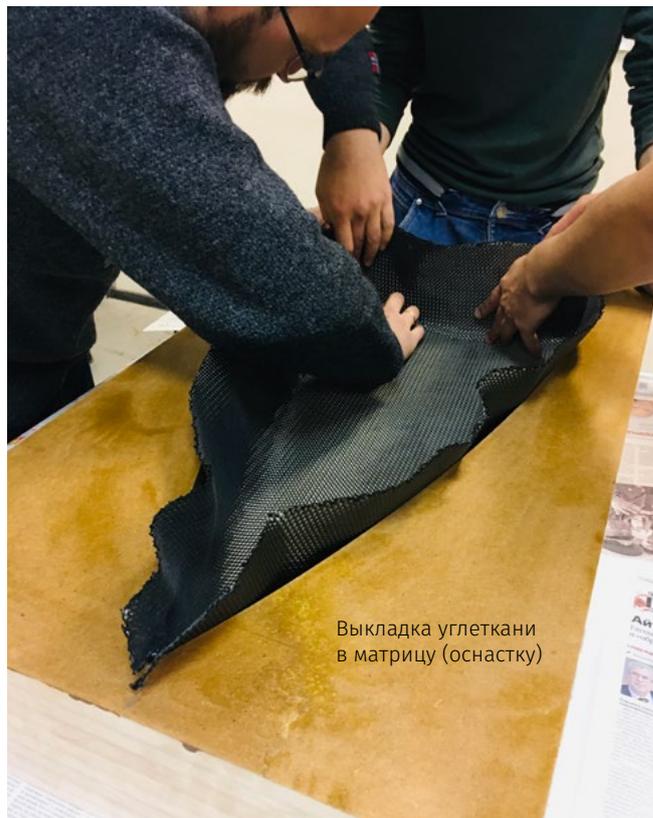
Работа над идеей создания углепластиковой лодки продолжается уже не первый год. Для победы в соревнованиях солнечных лодок (например, российские соревнования «Солнечная регата») очень важен суммарный вес оборудования, пилота и самого корпуса. Борьба ведётся за каждый грамм. Используя технологию вакуумной инфузии с применением углеткани, можно добиться значительно меньшего веса в сравнении с фанерным корпусом такого же размера, а также обеспечить более плавные обводы. Это положительно скажется на гидродинамике и позволит уменьшить энергозатраты за счёт меньшего сопротивления корпуса.

Сейчас команда оттачивает теоретические знания и практические навыки в работе с данной технологией. В качестве объекта для работы был выбран макет лодки «Valentina Queen» 2018 года постройки.

Материал оснастки — давно зарекомендовавший себя МДФ. В заготовке из склеенных листов МДФ вытачивается полость, точно повторяющая контуры макета, затем обрабатывается смолой и шлифуется до гладкости. Чтобы готовую деталь можно было извлечь из молда, его необходимо дополнительно обработать разделительными составами. Таких используется два: полупостоянный разделительный состав Loctite Frekote 770-NC и твёрдый воск Hi-Low Mold Release. Сначала наносится жидкий состав в 3–5 слоёв с промежутком в 10–15 мин, затем в 3 слоя наносится воск. После полной подготовки в оснастку выкладывают несколько слоёв углеткани, а затем вспомогательные материалы, которые после формовки будут удалены. Это, пожалуй, самая важная часть создания углепластиковых деталей. От качества вспомогательных материалов будет зависеть скорость и качество пропитки, а также герметичность заготовки.

В своей работе команда использует вспомогательные материалы фирмы ООО «Композит-Изделия».

Так, за хорошую разделяющую способность отвечает жертвенная ткань Р-ТЕКС Р85ПА плотностью 85 г/м², которая укладывается поверх углеткани. Этот полиэфирный материал не даёт материалу над углетканью приклеиться к ней в процессе полимеризации, а после полного застывания отлично удаляется. Следом за жертвенным слоем идёт распределительная сетка. Грамотная выкладка распределительной сетки на заготовку — целая наука. У «Композит-Изделия» можно найти много вариантов под любой процесс и связующее. Выбор команды пал на сетку ПРО-СЕТ-100-160.



Выкладка углеткани в матрицу (оснастку)



Процесс пропитки заготовки смолой

В процессе создания макета использовалась смола предельной для процесса вакуумной инфузии вязкости (550 мПа·с). Несмотря на это, выбранная сетка отлично справилась со своей задачей и связующее распределилось по всей поверхности. Стоит отметить, что с задачей подведения связующего и откачки воздуха так же отлично справились проводящие (ТП 8×10) и спиральные (ТС 8×10) трубки и коннекторы. Трубки выдержали многократные перегибы в одних и тех же местах при отсутствии специального зажима.

Залог успеха вакуумной инфузии — обеспечение вакуума на протяжении всего времени полимеризации. При условии качественного молда за это отвечают два компонента: вакуумная плёнка и герметизирующий жгут. Герможгут КОНТУР-150 надёжно фиксирует вакуумную плёнку относительно молда и герметизирует стыковые зазоры. А вакуумная плёнка ВАКПЛЕН-120 выдерживает глубокий вакуум и в случае с опытом команды работает даже после растяжения.

По итогу командой были получены три качественно пропитанных макета с гладкой поверхностью. На данный момент в мастерской идёт процесс создания полномасштабного отрезка будущего корпуса лодки. Это необходимо для определения наиболее целесообразной выкладки проводящих трубок, качества пропитки при имеющемся оборудовании и конечных прочностных показателей готового изделия. К постройке полноценной лодки команда планирует приступить к сентябрю. **КМ**



Готовый макет лодки «Valentina Queen»

Норвежские пассажирские катамараны из композиционных материалов

Францев М. Э., к.т.н.
+7 903) 717-31-25
gepard629@yandex.ru



Фото: сайт компании www.braa.no



Рис. 1. Подготовка к изготовлению корпуса катамарана методом вакуумной инфузии

Первые десятилетия наступившего века можно охарактеризовать как время тотального доминирования скоростных катамаранов в области морских пассажирских перевозок перед скоростными судами других типов [1, 2]. Долгое время скоростные катамараны строились из легких сплавов. Некоторое время назад в России Средне-Невским судостроительным заводом был построен скоростной катамаран «Грифон» из композиционных материалов на основе углеродного волокна. По ряду причин этот катамаран достаточно долго искал свою эксплуатационную нишу [3]. В этой связи представляется интересным зарубежный опыт постройки скоростных пассажирских катамаранов из композиционных материалов на основе углеродного волокна. Признанной «законодательницей мод» в этой области является Норвегия. На территории этой страны строятся транспортные и экскурсионные версии судов этого типа.

Судостроительная компания Brødrene Aa расположена на территории самой северной соседки нашей страны — Норвегии. Название принадлежит братьям Олаву Аа (1920-2006) и Бертелю Аа (1919-2009), которые основали компанию в 1947 году. Компания за время существования построила большое количество судов различных типов. Подобно большинству семейных



Рис. 2. Формирование надстройки скоростного катамарана из трехслойных панелей из композитов

судостроительных предприятий, компания Brødrene Aa в 1940-х и 1950-х годах изготавливала различные лодки из красного дерева. Постепенно компания перешла к постройке более крупных судов, в частности паромов для работы во фьордах.

В 1970-х годах, подобно большинству европейских катерных верфей, компания Brødrene Aa перешла к работе с композиционными материалами на основе стекловолокна. В середине 1970-х годов компания построила первое судно из стеклопластика, одобренное Классификационным обществом DNV. В 1980-х годах компания занялась строительством различных скоростных судов, а в начале 1990-х годов компания занималась постройкой мегаяхт.

Однако в дальнейшем коммерческие интересы компании ушли из судостроения в область изготовления корпусов вагонов из композиционных материалов, а также различных подводных защитных покрытий.

В начале 2000-х годов нового века, используя имеющиеся компетенции в области производства композитов, компания Brødrene Aa снова занялась судостроением, совершив технологический прорыв. Она вернулась на рынок скоростных паромов, выпустив первое в мире пассажирское судно из композиционных материалов на основе углеродного волокна. К настоящему времени компанией построено более шестидесяти скоростных катамаранов различных типов в соответствии с кодексом IMO HSC 2000, которые классифицированы DNVGL, CRS и CCS.

В настоящее время компания Brødrene Aa располагает несколькими производственными площадками. Основу производственного сектора компании составляет верфь в городе Хиен на западном побережье Норвегии, где работают 170 квалифицированных рабочих. Верфь Хиене весьма современна и хорошо подходит для производства изделий из композиционных материалов. Общая площадь внутренних помещений верфи составляет порядка 5000 квадратных метров, в которых поддерживаются заданные параметры по влажности и температуре. Эллинги имеют длину 150 м и 85 м, при ширине 20 м. Высота производственных пролетов 8-12 м. Имеются подъемные краны грузоподъемностью 20 и 16 тонн, а также два крана грузоподъемностью по 8 тонн. Верфь способна выполнять полный цикл постройки судов.



Рис. 3. Отделка надстройки скоростного катамарана из композитов

Второй производственной площадкой является верфь в Эйке-фьорде, предназначенная для послепродажного сервиса построенных компанией судов. Она удобно расположена на берегу моря. Здесь имеется в общей сложности 3000 квадратных метров современных помещений, в которых поддерживаются заданные параметры по влажности и температуре. Длина эллинга составляет 120 м, а ширина — 20 м при высоте 12 м. Грузоподъемность судоподъемных сооружений составляет 250 тонн. Верфь располагает высококвалифицированным и опытным персоналом. Верфь имеет необходимые компетенции для обслуживания, ремонта и переоборудования судов.

Компания Brødrene Aa занимается постройкой различных катамаранов с использованием технологии вакуумной инфузии. Она применяется как для изготовления наружной обшивки корпусов, так и для изготовления отдельных элементов корпуса и надстройки.

Кроме наружной обшивки, остальные судовые корпусные конструкции, включая элементы надстроек, изготавливаются из композиционных материалов на основе углеродного волокна и винилэфирного связующего. Они имеют трехслойную структуру с легким средним слоем. В качестве материала легкого среднего слоя применяются пенопласты Divinycell. Сэндвич-панели производятся на основе пенопластов Divinycell от H60 до H200 толщиной 30-60 мм с использованием вакуумной инфузии. Компания Diab — производитель пенопластов Divinycell работает с компанией Brødrene Aa с 1974 года. Для трехслойных

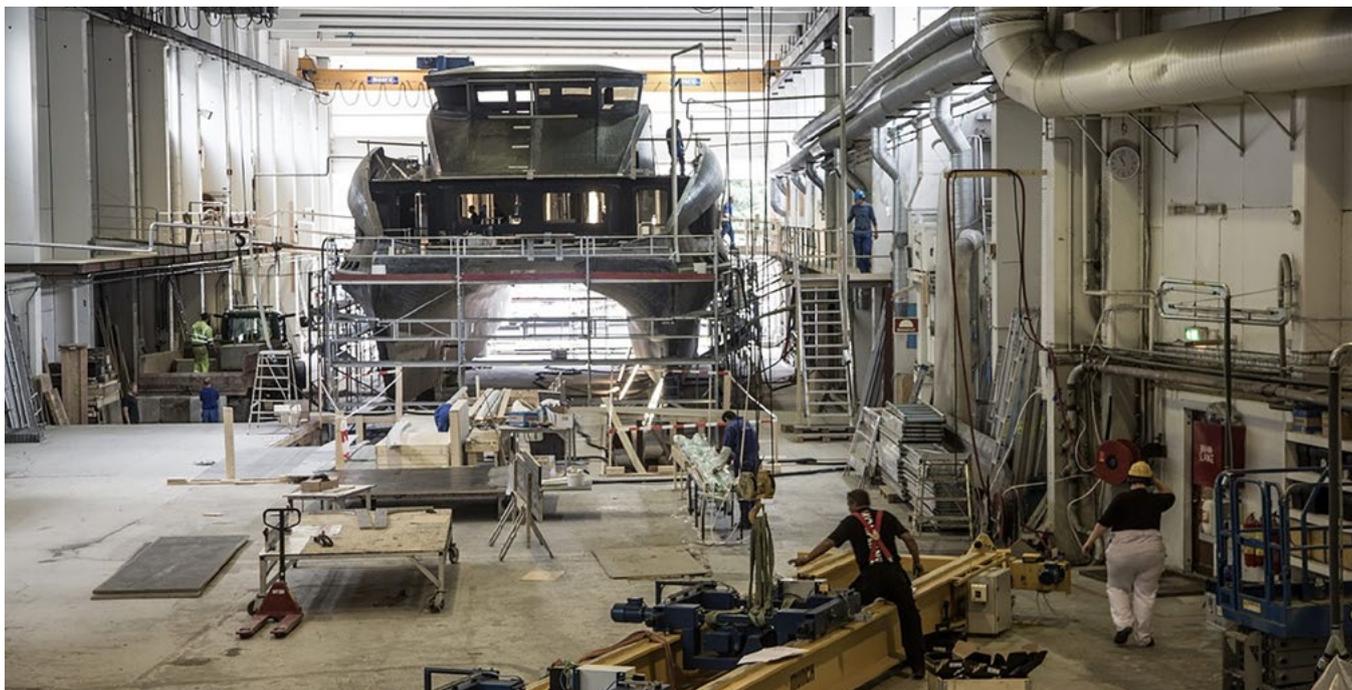


Рис. 4. Скоростной катамаран из композитов подготовлен к спуску

элементов компаний Diab разработаны специальные армированные волокном панели Divinycell.

Основную часть продукции компания Brødrene Aa составляют скоростные пассажирские катамараны различных размеров, которых, по утверждению производителя, с 2001 года выпущено уже более шестидесяти судов. Опять же, по утверждению производителя, судовые корпусные конструкции этих катамаранов примерно на 30–40% легче, чем, если бы они были изготовлены из морского алюминия.

Здесь можно, наверное, утверждать, что такое существенное облегчение конструкций достигнуто не столько из-за применения углепластиков, сколько за счет замены однослойных конструкций трехслойными конструкциями с легким средним слоем из пенопласта Divinycell, имеющими эквивалентную прочность на изгиб.

Линейка скоростных катамаранов, выпускаемых компанией Brødrene Aa, состоит из одно- и двухпа-

лубных судов, имеющих длину в диапазоне от 21 до 40 метров, пяти различных проектов. Все катамараны относятся к одному и тому же архитектурно-конструктивному типу, в котором пассажирские и служебные помещения располагаются в надстройке, а судовая энергетическая установка в корпусах.

Катамараны имеют пассажировместимость от 50 человек на 21-метровом судне до 400 человек на 40-метровом судне. Суда построены в соответствии с кодексом IMO HSC 2000 и классифицированы DNVGL, CRS и CCS.

Все проекты катамаранов имеют конструктивные и технологические построечные решения по корпусу и надстройке, описанные в первой части статьи.

В качестве главных двигателей на катамаранах применяются двигатели MTU различной мощности, а также некоторые другие двигатели, а в качестве движителей используются водометы KaMeWa. Судовая энергетическая установка включает, как правило, от двух до четырех двигателей и такое же количество водометов. Благодаря такому устройству судовой энергетической установки катамараны имеют скорости в диапазоне от 37 до 42 узлов.

Скоростные пассажирские катамараны строятся как для норвежских судоходных компаний, так и на экспорт, в частности в Китай и Гонконг.

В 2018 году на базе корпуса скоростного катамарана построен новый катамаран под названием Rygerdronningen, чтобы возить туристов на экскурсии по знаменитому Люсе-фьорду в норвежском Рогаланде, где имеются повышенные требования к экологичности судов.

Катамаран Rygerdronningen развивает максимальную скорость 19,9 узла, имеет длину 37 метров, ширину 10 метров и вмещает 297 пассажиров.

А в 2020 году на базе корпуса скоростного катамарана построен новый «зеленый» катамаран



Рис. 5. Проект скоростного катамарана из композитов. Архитектурно-компоновочные решения



Рис. 6. Скоростной катамаран из композитов на воде

под названием Rygerelektra, являющийся чистым электроходом. Он имеет длину 42 метра и пассажироместность 297 человек. Катамаран Rygerelektra используется паромным оператором Rødne Fjord Cruise в качестве экскурсионного судна в прибрежном городе Ставангер на юге Норвегии.

Катамаран Rygerelektra имеет огромную аккумуляторную батарею емкостью 2 МВт*час и два гребных электродвигателя по 375 кВт каждый. Во время испытаний это судно достигло максимальной скорости 23 узла, но при обычной эксплуатации скорость будет ограничена 19,9 узлами.

Радиус действия катамарана сильно зависит от крейсерской скорости. Например, при скорости 18 узлов он должен преодолевать 40 морских миль, а при скорости 17 узлов он должен преодолевать 50 морских миль. При расчете диапазона всегда учитывается 30-процентный буфер заряда батареи. Теоретически при его использовании катамаран Rygerelektra может пройти намного дальше.

В 2015 году компания Chu Kong Shipping Enterprises приобрела 40% акций Vgødrene Aa. Одной из целей партнерства было создание совместного предприятия по производству композиционных материалов в Китае, а также организация совместного предприятия по достройке скоростных катамаранов на верфи в Нанша. Хотя создание совместного предприятия еще не завершено, компания Vgødrene Aa уже оборудовала на этой верфи три судна.

Наряду со скоростными пассажирскими катамаранами, компания Vgødrene Aa в 2015-2020 годах построила три специализированных катамарана для круизов по фьордам Seasight. Эти туристические суда премиум-класса спроектированы таким образом, чтобы подарить пассажирам уникальные впечатления от осмотра достопримечательностей.

Своеобразный дизайн этих круизных судов вдох-

новлен знаменитой зигзагообразной горной тропой Тролльстиген. Он позволяет пассажирам, которые предпочитают смотреть на окружающие берега изнутри, свободу прогуливаться по его двум палубам и наслаждаться пейзажем через панорамные окна.

Кроме того, катамаран имеет специально зауженные и заостренные корпуса, чтобы свести к минимуму волнообразование и минимизировать влияние отходящих волн на берега фьорда.

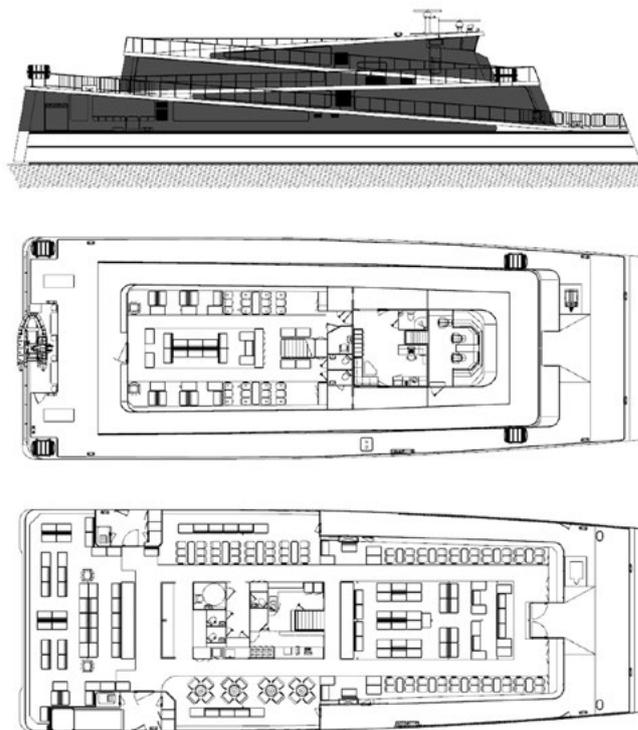


Рис. 7. Экскурсионный катамаран из композитов. Общее расположение



Рис. 8. Экскурсионный катамаран из композитов на воде

Катамараны получили названия Vision of the Fjords, Future of the Fjords, Legacy of the Fjords. Первое судно серии Vision of the Fjords построено на класс +1A1 HSLC R5 Passenger по классификации DNV. Оно имеет гибридный электропривод, включающий два главных двигателя MAN мощностью 749 кВт и два гребных электродвигателя Oswald мощностью 150 кВт, работающих от литий-ионных батарей ZEM.

Катамаран Vision of the Fjords имеет следующие главные размерения и проектные характеристики:

- Водоизмещение — 770 т,
- Длина габаритная — 42,4 м,
- Ширина габаритная — 15,2 м,
- Высота борта — 3,95 м,
- Осадка — 2,0 м,
- Пассажировместимость — 450 человек,
- Максимальная скорость — 19 узлов.

Катамаран Vision of the Fjords получил награду «Судно года» на выставке SMM в Гамбурге в сентябре 2016 года.

Второе и третье суда серии Future of the Fjords, Legacy of the Fjords имеют класс GL по классификации DNV. Оба катамарана являются чистыми электроходами. Их главная энергетическая установка включает два гребных электродвигателя мощностью 450 кВт каждый, работающие от аккумуляторных батарей общей емкостью 1800 кВт·час.

Зарядка аккумуляторных батарей производится от плавучего энергоблока, который имеет аккумуляторную батарею емкостью 2,4 мВт·час, постоянно подключенную к береговой сети. Утверждается, что пополнение бортовых аккумуляторных батарей катамарана будет занимать не более 20 минут.

Катамараны Future of the Fjords, Legacy of the Fjords имеют несколько иное общее расположение. Среди их бортовых помещений есть три выделенных конференц-зала, каждый из которых оборудован собственными проекторами, экранами и аудиосистемами. Это позволяет судам также служить местом для проведения корпоративных и развлекательных мероприятий.

Катамараны Future of the Fjords, Legacy of the Fjords имеют следующие главные размерения и проектные характеристики:

- Водоизмещение — 770 т,
- Длина габаритная — 42,5 м,

- Ширина габаритная — 15,5 м,
- Высота борта — 3,95 м,
- Осадка — 2,0 м,
- Пассажировместимость — 400 человек,
- Максимальная скорость — 16 узлов,
- Дальность плавания на одной зарядке — 30 морских миль.

Катамаран Future of the Fjords выиграл престижную награду «Судно года 2018» на торговой выставке SMM в Гамбурге.

После комплексной программы испытаний катамаран Future of the Fjords выполняет рейсы вдоль 36-километрового маршрута фьордов, соединяющего деревни Флом и Гудванген на юго-западе Норвегии. Примерно половину этого маршрута составляет Нэрёй-фьорд — объект Всемирного наследия ЮНЕСКО.

Катамаран Legacy of the Fjords выполняет круизные рейсы по Осло-фьорду.

Все три катамарана имеют конструктивные и технологические построечные решения по корпусу и надстройке, описанные в первой части статьи.

В настоящей статье рассмотрены технологические и архитектурно-конструктивные решения, а также основные проектные характеристики скоростных и экскурсионных катамаранов из композиционных материалов на основе углеродного волокна, построенных в Норвегии. **КМ**

Литература

1. Францев М.Э. Малоразмерные скоростные катамараны модульной конструкции с элементами из композиционных материалов – новые транспортные средства для возрождения судоходства на малых реках России. Сборник трудов научного конгресса 12-го Международного научно-промышленного форума «Великие реки - 2010», Нижний Новгород, том 2, 2010, стр. 220-223.
2. Францев М.Э. Проектные особенности скоростного катамарана модульной конструкции с элементами из композитов для рек Сибири и Дальнего Востока. Транспортные системы, № 1, 2017, стр. 39-48.
3. Францев М.Э. Анализ эксплуатационных характеристик катамарана проекта 23290 «Грифон» и СПК проекта 342Э «Метеор», Композитный Мир, № 6, 2017, стр. 76-80.

ДЮРОПЛАСТИК™

Дюропластик — единственный российский стеклопластик, соответствующий стандартам GPO3, UPGM 203 и UPGC 203. Производится в Санкт-Петербурге по запатентованной технологии ТУ 22.21.42-010-96763961-2018

Заменит по свойствам зарубежные материалы: Durostone®, Durapol®, Delmat® и Haysaite®

Превосходит по характеристикам стеклопластики: СТЭФ, СТЭБ, Лавсановый гетинакс, Фибра, АЦЭИД

Дешевле импортных и многих российских аналогов



Характеристики

- Высокая дугостойкость и трекингостойкость
- Диапазон рабочих температур от -65 до 155°C
- Устойчив к воздействию слабых щелочей и кислот, масел, растворителей
- Высокие электроизоляционные свойства
- Не содержит опасных веществ — галогенов или формальдегидов
- Обладает низким влагопоглощением
- Не склонен к обледенению
- Устойчив к плесени и грибкам, не гниет, не подвержен коррозии
- Не требует покраски защитными лаками и эмалями

Сферы применения

- Применяется для электроизоляции
- Как конструкционный и отделочный материал
- В электроаппаратуре

Форм-фактор поставки

- Листы: 1000×1000 , 1220×2440 и 1500×2500 мм, толщина листов от 3мм до 50мм, стандартные цвета: белый, красный, возможны индивидуальный размер и окраска
- Формованные изделия: максимальные габариты $5000 \times 2500 \times 1500$ мм, толщина стенки от 3 до 50 мм
- Комплектующие изготовленные механообработкой: Неограниченные возможности по изготовлению деталей



Тел: +7 (812) 327 90 27
E-mail: izolit@rosizolit.ru
rosizolit.ru/duroplastic.ru





СОБСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО ПОЛИЭФИРНЫХ СМОЛ

для
НАМОТКИ

для ИНЖЕКЦИИ:
ИНФУЗИЯ, RTM,
LRTM,
FLEX MOLDING



для РУЧНОГО
ФОРМОВАНИЯ
И НАПЫЛЕНИЯ

для ЛИТЬЯ:
ИСКУССТВЕННЫЙ
КАМЕНЬ

ТРУДНОГОРЮЧИЕ

- Ортофталевые
- Изофталевые
- Полиэфиракрилатные
- Эпоксивинилэфирные



Полимер

Серия Полиэфирных Смол



Полимергель

Серия Гелькоутов



Поливоск

Серия
Разделительных Восков



Полипигмент

Серия Пигментных Паст



Полиактив

Серия Ускорителей



Полиадгезив

Серия Склеивающих
Составов



Полигранул

Серия Гранул
для Искусственного Камня

ДИСТРИБЬЮЦИЯ

- Magnum Venus Products (MVP)
- Chomarat
- Lantor BV
- Jiangsu Changhai Composite Materials Holding Co.
- Chem-Trend
- Mirka Ltd
- ES Manufacturing

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ

И ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА / ОБУЧЕНИЕ

Изготовление полимерной оснастки и организация производств изделий из стеклопластика "под ключ".
Обучение техпроцессам изготовления изделий из стеклопластика и искусственного камня.

603074. г. Н.Новгород, ул. Нефтегазовская 1А
тел. 8 (831) 243-10-00
E-mail: polymerprom@polymerprom-nn.ru

 [instagram.com/polymerprom](https://www.instagram.com/polymerprom)
 vk.com/polymerpromnn